

**REVISTA IBEROAMERICANA  
DE CIENCIA, TECNOLOGÍA Y  
SOCIEDAD**



**Dirección**

Mario Albornoz (Centro Redes, Argentina)  
José Antonio López Cerezo (OEI)  
Miguel Ángel Quintanilla (Universidad de Salamanca, España)

**Coordinación Editorial**

Juan Carlos Toscano (OEI)

**Consejo Editorial**

Sandra Brisolla (Unicamp, Brasil), Fernando Broncano (Universidad Carlos III, España), Rosalba Casas (UNAM, México), Ana María Cuevas (Universidad de Salamanca, España), Javier Echeverría (CSIC, España), Hernán Jaramillo (Universidad del Rosario, Colombia), Tatiana Lascaris Comneno (UNA, Costa Rica), Diego Lawler (Centro REDES, Argentina), José Luis Luján (Universidad de las Islas Baleares, España), Bruno Maltrás (Universidad de Salamanca, España), Jacques Marcovitch (Universidade de São Paulo, Brasil), Emilio Muñoz (CSIC, España), Jorge Núñez Jover (Universidad de La Habana, Cuba), León Olivé (UNAM, México), Eulalia Pérez Sedeño (CSIC, España), Carmelo Polino (Centro REDES, Argentina), Fernando Porta (Centro REDES, Argentina), María de Lurdes Rodrigues (ISCTE, Portugal), Francisco Sagasti (Agenda Perú), José Manuel Sánchez Ron (Universidad Autónoma de Madrid, España), Judith Sutz (Universidad de la República, Uruguay), Jesús Vega (Universidad Autónoma de Madrid, España), José Luis Villaveces (Universidad de los Andes, Colombia), Carlos Vogt (Unicamp, Brasil)

**Secretario Editorial**

Manuel Crespo

**Diseño y diagramación**

Jorge Abot y Florencia Abot Glenz

**Impresión**

Artes Gráficas Integradas S.A

2

**CTS - Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad**  
**Edición cuatrimestral****Secretaría Editorial - Centro REDES**

Mansilla 2698, 2° piso  
(C1425BPD) Buenos Aires, Argentina  
Tel. / Fax: (54 11) 4963 7878 / 8811  
Correo electrónico: secretaria@revistacts.net

ISSN 1668-0030

**Número 21, Volumen 7**

**Buenos Aires, Agosto de 2012**

La Revista CTS es una publicación académica del campo de los estudios sociales de la ciencia y la tecnología. Publica trabajos originales e inéditos que abordan las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad, desde una perspectiva plural e interdisciplinaria y una mirada iberoamericana. La Revista CTS está abierta a diversos enfoques relevantes para este campo: política y gestión del conocimiento, sociología de la ciencia y la tecnología, filosofía de la ciencia y la tecnología, economía de la innovación y el cambio tecnológico, aspectos éticos de la investigación en ciencia y tecnología, sociedad del conocimiento, cultura científica y percepción pública de la ciencia, educación superior, entre otros. El objetivo de la Revista CTS es promover la reflexión sobre la articulación entre ciencia, tecnología y sociedad, así como ampliar los debates en este campo hacia académicos, expertos, funcionario y público interesado. La Revista CTS se publica con periodicidad cuatrimestral.

**La Revista CTS está incluida en:**

Dialnet  
EBSCO  
International Bibliography of the Social Sciences (IBSS)  
Latindex  
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe (REDALYC)  
SciELO

La Revista CTS forma parte de la colección del Núcleo Básico de Revistas Científicas Argentinas.



**REVISTA IBEROAMERICANA  
DE CIENCIA, TECNOLOGÍA Y  
SOCIEDAD**

**Índice**

**Editorial** 5

**Artículos** 9

**Nuevas tecnologías: ¿para quiénes? El caso de la nanotecnología** 11  
Guillermo Boido y Celia T. Baldatti 3

**Grupos de pesquisa em biotecnologia moderna no Brasil:  
uma revisão sobre os fundamentos da política de CTI** 23  
Carlos Bianchi

**Gestão do Conhecimento Científico e Tendências Científicas em  
Biotecnologia na Venezuela** 45  
Maria de Fátima Ebole de Santana, Rosalba Gómez Martínez,  
Nei Pereira Jr. e Adelaide Maria de Souza Antunes

**La investigación científica en Iberoamérica (1982-2011).  
Estudio basado en la bibliometría** 63  
Eladio Montoya Melgar

**Dossier:**  
**Desarrollo nuclear en México, Brasil, España y la Argentina** 81

**Presentación** 83  
Diego Hurtado y Ana Romero de Pablos

**Los orígenes de la física nuclear en México** 95  
Raúl Domínguez Martínez

<b>Átomos na política internacional</b> Ana Maria Ribeiro de Andrade	113
<b>Poder político y poder tecnológico: el desarrollo nuclear español (1950-1975)</b> Ana Romero de Pablos	141
<b>Cultura tecnológico-política sectorial en contexto semi-periférico: el desarrollo nuclear en la Argentina (1945-1994)</b> Diego Hurtado	163
<b>Reseñas</b>	193
<b>Cogitamus: seis cartas sobre las humanidades científicas</b> Bruno Latour <b>Reseña:</b> Juan Manuel Heredia	195

Una vez más, como cada cuatro meses, la *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad* (CTS) conecta a sus lectores con los más actuales materiales de estudio y debate en el espacio de articulación de la ciencia, la tecnología y la sociedad en Iberoamérica. En esta oportunidad, nuestro tradicional monográfico está enfocado en los desarrollos nucleares de un conjunto de países iberoamericanos: México, Brasil, España y la Argentina. Presentaremos sus contenidos más adelante.

La sección *Artículos* del número 21 está compuesta por cuatro trabajos de autores de distinta procedencia y fue pensada como una suerte de coda o epílogo analítico a los materiales publicados en el dossier del número anterior, titulado *Nanobiotecnología y sociedad*. Este monográfico presentaba, según decía nuestra editorial por entonces, “un cúmulo de análisis y perspectivas para mostrar las múltiples formas en que el desarrollo de las innovaciones nanobiotecnológicas puede, como se indica en la presentación del dossier, ‘cambiar las vidas de las personas en un futuro próximo’ (...) La posibilidad de alcanzar un mayor conocimiento y control de la materia a esa escala concentra un gigantesco potencial transformador, tanto en términos económicos (para quienes sepan explotar ese potencial) como de bienestar (para todos nosotros). Sin embargo, existen riesgos y dilemas éticos, políticos y sociales que es preciso dilucidar”.

5

En una línea semejante a lo propuesto en aquel dossier, el artículo de los investigadores Guillermo Boido y Celia T. Baldatti, “Nuevas tecnologías: ¿para quiénes? El caso de la nanotecnología”, reflexiona acerca de los alcances y las consecuencias del creciente protagonismo de aquellas actividades genéricamente conocidas como “tecnociencia”, que ayudan a consolidar un modelo de organización económica y social cuyos beneficios son aprovechados sólo por una porción minoritaria de la población y hacen peligrar la sustentabilidad del planeta. Afirman los autores en la introducción del artículo: “Si bien existe hoy un gran consenso entre los especialistas en que la nanotecnología será un factor crucial para solucionar los graves problemas originados por la exclusión social que afecta a gran parte del planeta, a este mundo de promesas debemos ponerlo en correspondencia con otro, que genéricamente se refiere a la posibilidad de que esta nueva tecnología sea destinada a fines menos altruistas”.

En segundo lugar, “Grupos de pesquisa em biotecnologia moderna no Brasil: uma revisão sobre os fundamentos da política de CTI”, texto firmado por Carlos Bianchi, analiza las capacidades de investigación en biotecnología moderna en Brasil. El autor considera que éste es un primer paso para construir un método preciso para identificar aquellos grupos de investigación que desarrollan actividades en las áreas de frontera de la biotecnología. La investigación de Bianchi tiene como objetivo ofrecer información precisa acerca de las capacidades de investigación en esta área, información que puede ser utilizada como una herramienta para revisar críticamente los fundamentos de las políticas actuales destinadas a apoyar las actividades biotecnológicas.

En el tercer trabajo -“Gestão do Conhecimento Científico e Tendências Científicas em Biotecnologia na Venezuela”, de María de Fátima Ebole de Santana, Rosalba Gómez Martínez, Nei Pereira Jr. e Adelaide Maria de Souza Antunes- se presenta un estudio sobre la gestión del conocimiento y el análisis de las tendencias de la biotecnología en Venezuela. Basándose en la observación de las publicaciones científicas para el periodo 1995-2010, la investigación proporciona una visión general del perfil de la ciencia allí realizada, así como su desarrollo regional y su relación con las cuestiones de los temas tratados por la biotecnología. Los resultados destacan el conocimiento científico desplegado por determinadas instituciones públicas, especialmente la Universidad Central de Venezuela y el Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas.

6 El cuarto artículo, “La investigación científica en Iberoamérica (1982-2011). Estudio basado en la bibliometría”, que lleva la firma de Eladio Montoya Melgar, tiene como propósito identificar la participación de los países iberoamericanos en la literatura científica internacional, su evolución, la colaboración con terceros países e instituciones y -con especial énfasis- el papel de España en el panorama científico iberoamericano. Los datos, nos dice Montoya Melgar, exhiben un marcado liderazgo de Brasil, que durante el período participó en el 45% de los trabajos publicados (a partir de 2007, su participación supera el 50%). La institución iberoamericana con mayor número de publicaciones es, a su vez, la Universidad de San Pablo. El país no iberoamericano que más aparece como co-firmante es Estados Unidos, presente en el 13% de las publicaciones, mientras que España mantiene el segundo puesto, seguida de Francia y el Reino Unido. Las instituciones de terceros países con mayor participación numérica en las publicaciones de países iberoamericanos son la Universidad de California y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas de España, en ese orden. Es importante resaltar, agrega el autor al final de su trabajo, el hecho de que algunas de las publicaciones con mayor número de citas y co-firmadas por autores iberoamericanos han sido lideradas por científicos españoles.

*Desarrollo nuclear en México, Brasil, España y la Argentina* es el título del actual dossier. Los cuatro artículos que lo integran -si no tenemos en cuenta su extensa y completa presentación- están orientados a pormenorizar el nacimiento y desarrollo de los programas nucleares en esos países, que en este caso son de dos tipos: de mediana escala, como ocurre en España -llegó a poner en marcha 11 centrales de potencia; de ellas hoy funcionan seis-, y de baja escala (Brasil, México y la Argentina). Estos tres últimos países suman cinco centrales de potencia, todas las que hoy están en funcionamiento en América Latina.

Según afirman los coordinadores del monográfico, el argentino Diego Hurtado y la española Ana Romero de Pablos, “no existen estudios que consideren a Iberoamérica como unidad de análisis, perspectiva que consideramos valiosa porque permite, por un lado, examinar la relevancia de las afinidades socio-culturales en las dinámicas de desarrollo tecnológico y, por el otro, perfilar con mayor nitidez algunos de los determinantes políticos y económicos propios de América Latina (...) Se trata de un dossier centrado ya no en la actualidad, sino en la historia de los desarrollos nucleares. Los trabajos incluidos asumen la importancia de los hechos pasados para explicar el presente, y también su contemporaneidad y actualidad. Las controversias tecnológicas ocupan grandes espacios en los medios y llama la atención -aun considerando las obvias diferencias del presente contexto global con el de las décadas de 1970 y 1980- el paralelismo existente entre los intereses y objetivos en disputa hoy y los de entonces, así como las discusiones, los focos de atención, los protagonistas o las formas de proceder. Como complemento de los debates sobre energía nuclear, la introducción de las energías renovables o el desarrollo de tecnología espacial son otros ejemplos elocuentes”.

Los siguientes son los títulos y autores de los artículos que componen el monográfico:

- “Los orígenes de la física nuclear en México”, por Raúl Domínguez Martínez
- “Átomos na política internacional”, por Ana Maria Ribeiro de Andrade
- “Poder político y poder tecnológico: el desarrollo nuclear español (1950-1975)”, por Ana Romero de Pablos
- “Cultura tecnológico-política sectorial en contexto semi-periférico: el desarrollo nuclear en la Argentina (1945-1994)”, por Diego Hurtado

7

Los que hacemos *CTS* deseamos que estos materiales sean de interés para nuestros lectores, tanto para aquellos que ya están familiarizados con los temas tratados habitualmente en la revista como para quien se acerca a ella por primera vez. Hasta la próxima oportunidad.

**Los directores**

ARTÍCULOS *C/S*



## Nuevas tecnologías: ¿para quiénes? El caso de la nanotecnología \*

### *New technologies: for whom? The case of nanotechnology*

Guillermo Boido \*\* y Celia T. Baldatti \*\*\*

Este trabajo propone algunas reflexiones en torno a los alcances y consecuencias del creciente protagonismo de las actividades que genéricamente conocemos como “tecnociencia”, y que contribuyen en gran medida a consolidar un modelo de organización económica y social que segrega de sus beneficios a amplios sectores de la población y pone en riesgo la sustentabilidad del planeta. Los puntos que nos interesa examinar son: a) la difusión y accesibilidad de las tecnologías por distintos sectores sociales; b) las bases de legitimación que sostiene las posiciones de aceptación acrítica de los avances científico-técnicos; y c) el papel que debería cumplir el mundo institucional de las prácticas científicas y técnicas para que éstas sean puestas al servicio de una sociedad auténticamente democrática. Analizamos el caso de los desarrollos actuales en el campo de la nanotecnología a propósito de estos diferentes aspectos. Si bien existe hoy un gran consenso entre los especialistas en que la nanotecnología será un factor crucial para solucionar los graves problemas originados por la exclusión social que afecta a gran parte del planeta, a este mundo de promesas debemos ponerlo en correspondencia con otro, que genéricamente se refiere a la posibilidad de que esta nueva tecnología sea destinada a fines menos altruistas.

**Palabras clave:** tecnociencia, accesibilidad de la tecnología, exclusión social, principio de precaución, nanotecnología

11

*The article presents some reflections about the implications and consequences of the growing relevance of the activities known generally as “technoscience”. Such activities contribute substantially to the solidification of a model of social and economic organization that segregates wide sectors of the population from its benefits, and at the same time endangers the sustainability of the planet. The items that we examine are: a) the diffusion and accessibility of these technologies among diverse social sectors; b) the bases for legitimacy alleged by those who favor the uncritical acceptance of the scientific and technical advances; and c) the role that scientific and technical institutions should play so that these practices serve a genuinely democratic society. This article analyzes the case of the present developments in the field of nanotechnology in the aforementioned aspects. Although there is at present an important consensus among specialists that nanotechnology will be a crucial factor for the solution of the serious problems originated by the social exclusion affecting a great part of the planet, this world of promises must be set beside another world, one that refers to the possibility that this new technology be dangerously employed towards less altruistic ends.*

**Key words:** technoscience, accessibility of technology, social exclusion, precautionary principle, nanotechnology

\* Una primera versión de este trabajo fue expuesto en el VII Encuentro de Filosofía e Historia de la Ciencia del Cono Sur, organizado por la Asociación de Filosofía e Historia de la Ciencia del Cono Sur (AFHIC) y realizado en Canela, RS, Brasil, entre el 3 y el 6 de mayo de 2010.

\*\* Profesor Titular de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires, Argentina. Asociación de Filosofía e Historia de la Ciencia del Cono Sur (AFHIC). Correo electrónico: gboido@retina.ar.

\*\*\* Profesora Adjunta de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires, Argentina. Asociación de Filosofía e Historia de la Ciencia del Cono Sur (AFHIC). Correo electrónico: c.baldatti@gmail.com.

## 1. El acceso a las nuevas tecnologías

Son conocidas las posturas ambivalentes referidas a los beneficios derivados de las aplicaciones tecnocientíficas: las hay optimistas y entusiastas acerca de la potencialidad de las nuevas tecnologías, mediadas especialmente a través de las tecnologías informáticas y de comunicación, que ven en estas últimas el instrumento de emancipación de la pobreza y sus efectos. Otras señalan diferentes grados de preocupación por la activa participación de las nuevas tecnologías en la aceleración de cambios negativos en un amplio margen de dominios (inequidad social, destrucción de identidades, brecha digital ascendente y mayor control de la ciudadanía, entre otros). Nuestro interés se centra en un hecho poco analizado y, en cierta medida, naturalizado: el del acceso universal a gran parte de los beneficios indiscutibles generados por muchas innovaciones científicas y tecnológicas, en la medida en que la historia reciente parece señalar que su alcance estaría restringido a una fracción minoritaria de la humanidad, mientras que algunos efectos no deseados castigan a amplias mayorías y nada parece indicar que en el futuro haya cambios en esa tendencia. Y esto implicaría una discusión acerca de la contribución de la ciencia y la tecnología actuales al bienestar general.

Nos preguntamos qué sucede con la mayoría de los países que están fuera de la incorporación de las innovaciones de la tecnociencia, y que, por ejemplo, en el caso de la producción agrícola, sus pequeños productores pierden competitividad y se arruinan económicamente al no poder adquirir los costosos insumos de los nuevos paquetes tecnológicos que incrementan la productividad de los cultivos. Comprobamos además que los nuevos materiales, los medicamentos, los tratamientos médicos y las tecnologías digitales, entre otros, están cada vez en menor medida al alcance de los sectores sociales más desfavorecidos dentro de los países industrializados y, mucho menos, a esos mismos sectores al interior de los subdesarrollados.

Citemos algunos ejemplos. En septiembre de 2000 fue aprobada por 189 países y firmada por 147 jefes de Estado la llamada Declaración del Milenio, promovida por las Naciones Unidas, cuyos objetivos, destinados al mejoramiento de las condiciones de vida de los sectores más desposeídos del planeta y a garantizar la calidad medioambiental, se intentarían alcanzar en 2015 (UNESCO, 2000).<sup>1</sup> Sin embargo, como lo señalaba cinco años después el Informe sobre Desarrollo Humano del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), más de 1000 millones de personas carecían en 2005 de acceso al agua potable y 2600 millones a servicios elementales de saneamiento. En estas condiciones, la pregunta acerca de la

1. Los Objetivos del Milenio son los siguientes: 1) erradicar la pobreza extrema y el hambre; 2) lograr la enseñanza primaria universal; 3) promover la igualdad entre los géneros y la autonomía de la mujer; 4) reducir la mortalidad infantil; 5) mejorar la salud materna; 6) combatir el VIH/SIDA, el paludismo y otras enfermedades; 7) garantizar el sustento del medio ambiente; 8) fomentar una asociación mundial para el desarrollo. En América latina, sólo Chile ha cumplido las metas para el Milenio. El documento fue firmado el 13 de septiembre de 2000.

accesibilidad parece adquirir cada vez más una mayor entidad (PNUD, 2005: 48).<sup>2</sup> Y sobre todo cuando, como es sabido, este conjunto de carencias se resolverían, por ejemplo, con alrededor de 7000 millones de dólares anuales a lo largo de un decenio (cifra menor de la que gastan sólo los europeos en perfumes o los estadounidenses en cosméticos y cirugías plásticas) y sin considerar los gastos de los complejos militares industriales. El Informe Anual 2008 de Naciones Unidas sobre los Objetivos del Milenio no era más alentador. Se señalaba allí que hacia fines de 2006 tenían conexión a Internet sólo 1200 millones de personas, poco más del 18% de la población mundial; y que, en cuanto a su utilización, en los países desarrollados empleaba Internet el 58% de la población, mientras que en los países en desarrollo lo hacía el 11% y sólo el 1% en los países subdesarrollados (Naciones Unidas, Informe 2008). Esta falta de equidad e irracionalidad en la distribución planetaria de los recursos genera un creciente abismo social mundial con graves consecuencias sobre el futuro mediato de nuestro hábitat.

Nos preguntamos, entonces: a) ¿todas las tecnologías han seguido históricamente las mismas trayectorias en términos de su accesibilidad a la mayor parte de los habitantes del globo?; b) ¿todas señalan tiempos similares en el proceso de apropiación colectiva de sus efectos?; c) los desarrollos recientes alcanzados en el campo de la salud y los traducidos en notables aumentos de la productividad en materia de alimentos, ¿se han reflejado acaso en un aumento significativo de su consumo en las poblaciones de excluidos?

Al parecer, no. El diario argentino La Nación del 16 del septiembre de 2009 reproduce algunos datos brindados en un comunicado por el Programa Alimentario Mundial de Naciones Unidas (PMA): “La ayuda mundial en alimentos está en su nivel más bajo en 20 años, a pesar de que la cantidad de personas en estado crítico está aumentando a su punto más alto en la historia. El número de personas con hambre superará este año [2009] los 1000 millones por primera vez en la historia”. Según la misma fuente, hasta esa fecha el PMA confirmó apenas US\$ 2600 millones de fondos para su presupuesto del 2009 de los US\$ 6700 millones que necesita para alimentar a 108 millones de personas en 74 países. Y agrega el comunicado: “Esto ocurre en un momento de gran vulnerabilidad para las personas con hambre. Millones han sido sacudidos por la caída financiera global, su habilidad para comprar alimentos está limitada por precios obstinadamente altos. Además, patrones de clima impredecibles están causando más hambre vinculado al clima”.<sup>3</sup>

13

2. Más adelante señala el informe: “Todavía 37 millones de niños del mundo no están inmunizados con la vacuna triple y los avances en la cobertura de las inmunizaciones se han detenido en gran parte del mundo en desarrollo, particularmente entre los pobres. Hoy, dicha cobertura es inferior al 50% para los niños que viven en hogares cuyos ingresos están bajo el umbral de pobreza internacional de un dólar al día. Tan sólo en África mueren tres niños cada dos minutos debido al paludismo. Muchas de estas muertes se deben a la falta de un simple mosquitero tratado con insecticida y menos de 2% de los niños que residen en zonas infectadas con paludismo duermen debajo de uno de estos implementos que los protegen de los insectos” (PNUD, 2005: 36).

3. Fuentes: EFE y Reuters. El artículo fue publicado con el título: “Advierten que este año la pobreza será la más alta de la historia”. Está disponible en: [www.lanacion.com.ar/nota.asp?nota\\_id=1175256](http://www.lanacion.com.ar/nota.asp?nota_id=1175256).

Muchos indicadores sociales muestran que, a pesar del crecimiento del comercio internacional y de la acelerada mejoría en las condiciones de vida de algunos países, la brecha entre los beneficiados y los que no lo han sido sigue en aumento. En el citado Informe del PNUD (2005) se insiste dramáticamente en la falta de cumplimiento de las metas propuestas por los países miembros de las Naciones Unidas en los Objetivos de desarrollo del Milenio. En particular, como señalamos anteriormente, ellas estaban dirigidas a que a fines del 2015 se viese reducida a la mitad la indigencia y a disminuir la cantidad de muertes infantiles y las enfermedades infecciosas para “liberar a nuestros semejantes de las condiciones abyectas y deshumanizadoras de la pobreza extrema” mediante la cooperación internacional dirigida a esos objetivos. Sin embargo, el mencionado Informe del PNUD planteaba que hasta ese momento no se habían cumplido tales objetivos y todo indicaba que, de no mediar cambios profundos en las políticas públicas de los países ricos, no se concretaría el compromiso asumido. Señalaba que, en lo que constituye un retroceso sin precedentes, 18 países que totalizan una población de 460 millones de personas habían bajado su puntuación en el Índice de Desarrollo Humano desde 1990 al 2003. Este mundo dividido ha sido caracterizado claramente por Nelson Mandela, citado en el mencionado informe: “La inmensa pobreza y la obscena desigualdad son flagelos tan espantosos de esta época -en la que nos jactamos de impresionantes avances en ciencia y tecnología, industrias y acumulación de riquezas- que deben clasificarse como males sociales tan graves como la esclavitud y el apartheid” (PNUD, 2005: 4).

14

Ilustrando la importancia fundamental de la desigualdad en la distribución de la riqueza, señala el informe que “el ingreso total de los 500 individuos más ricos del mundo es superior al ingreso de los 416 millones más pobres”. Más allá de estos extremos, los 2500 millones de personas que viven con menos de dos dólares al día -y que representan el 40% de la población mundial- obtienen sólo el 5% del ingreso mundial. El 10% más rico, casi todos ellos habitantes de los países de ingresos altos, consigue el 54%” (PNUD, 2005, pp. 4-5). Sin embargo no parece ser una misión imposible disminuir esta brecha de inequidad planetaria, ya que de acuerdo a una base de datos sobre el ingreso global que se menciona en el Informe, se concluye que “el monto necesario para llevar a mil millones de personas a superar el umbral de pobreza extrema de un dólar al día es de US\$ 300.000 millones, cifra que representa el 1,6% del ingreso del 10% más rico de la población mundial” (PNUD, 2005: 43).

Ante estos señalamientos, las propuestas que históricamente atribuyen a diferentes tecnologías “salvadoras” la capacidad de eliminar los problemas más acuciantes de la humanidad deberían debatirse con menos ingenuidad, adoptando una actitud de prudente atención hacia los reales alcances que pueden esperarse de sus aplicaciones. Sin negar la importancia de los espectaculares avances logrados por la tecnociencia en la multiplicación de la productividad de los cultivos, queremos señalar la promesa incumplida de la llamada “revolución verde”, originada a mediados del siglo pasado y profusamente promocionada como el instrumento que habría de derrotar el hambre en el mundo. Si bien incrementó la productividad de los cultivos, no sólo no acabó con el hambre sino que ésta fue en aumento junto con la degradación de los suelos. El hambre, como sabemos, no se debe a la escasez de alimentos, sino a la falta del dinero necesario para adquirirlos.

El término “exclusión social” indica una posición que señala la relación del sujeto con el resto de la sociedad, definida no por lo que el sujeto es (identidad) sino por lo que no tiene. Así, la situación de exclusión denota todo aquello de lo que está excluido, fundamentalmente su libre acceso a los bienes del mercado, soslayando que la condición inicial para ejercer esa libertad es disponer de los ingresos necesarios. En este sentido, el deslizamiento operado en el uso cada vez más frecuente del concepto de “consumidor” que, con mayor o menor sutileza, ha reemplazado al tradicional de “ciudadano”, cuestiona esta ficción de democracia que propone una falsa igualdad en la “libertad” de todos los “consumidores”. Sin embargo, se insiste sistemáticamente en las mismas argumentaciones cuando, por ejemplo, un grupo de trabajo de las Naciones Unidas encargado de anticipar el futuro en ciencia y tecnología, sostiene en uno de sus informes que “la nanotecnología vendrá a solucionar los problemas de pobreza en el mundo”.<sup>4</sup> Nuevamente, se postulan soluciones técnicas para resolver los problemas de la desigualdad, por ejemplo los referidos al hambre. A pesar de los crecientes avances en el aumento de la productividad agrícola, no cesa el encarecimiento de los alimentos, lo que agobia cada vez más a las poblaciones de excluidos, y, como afirma el economista argentino Claudio Katz, “lo que en realidad destruye la seguridad alimentaria de los países más relegados es el avance del agro-capitalismo y la especialización exportadora” (Katz, 2009).

## **2. Repensando el papel a cumplir por el mundo institucional de las prácticas científicas y tecnológicas**

15

Entendemos que son los fines los que dotan de sentido a la ciencia; ésta, además de sus fundamentos cognitivos, como toda actividad humana, está atravesada por una pluralidad de valores que orientan su praxis. Ni la ciencia ni la tecnología pueden reducirse a los criterios de una racionalidad instrumental, formal, matematizable, sino que su comprensión exige colocar la discusión en la racionalidad de los fines de la investigación científico-técnica como un camino a recorrer para lograr cambios. La libertad de investigar hoy está reducida a la elección de los medios para alcanzar fines, y estos vienen prefijados. Es una libertad magra, condicionada, que no permite la imprescindible redefinición de las prácticas científico-técnicas.

Dado que la tecnología no se limita a un control racional sobre la naturaleza sino que su accionar tiene un fuerte impacto en lo social, no puede reducirse su evaluación y control al único requisito de eficiencia. Lo que aparentemente son meras elecciones instrumentales (elección de técnicas), con el correr del tiempo se revelan como

4. También se mencionan hoy las promesas que ofrecerían los estudios de “geoingeniería”, acerca de los cuales ya hay llamados de atención por parte de organizaciones no gubernamentales. Esta novísima disciplina se refiere a la investigación y desarrollo de proyectos a gran escala para ajustar los sistemas planetarios al cambio climático. Incluye, por ejemplo, propuestas para bombear sulfatos en la estratosfera, bloquear la luz del sol o arrojar sales hacia las nubes para incrementar su reflectividad, así como transformar enormes áreas en la tierra o en el mar con el fin de secuestrar el exceso de gases del efecto invernadero. Estos proyectos no cuentan hasta ahora con las regulaciones y controles necesarios.

opciones hacia formas específicas de vida social y política, lo que obliga a un análisis axiológico y reflexivo. Ello ha sido planteado con mucha claridad por los investigadores reunidos en Budapest en 1999 en la Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el siglo XXI (con los auspicios de UNESCO) cuando afirman:

“La mayor parte de los beneficios derivados de la ciencia están desigualmente distribuidos a causa de las asimetrías estructurales existentes entre los países, las regiones y los grupos sociales, así como entre los sexos. Conforme el saber científico se ha transformado en un factor decisivo de la producción de riquezas, su distribución se ha vuelto más desigual. Lo que distingue a los pobres (sean personas o países) de los ricos no es sólo que poseen menos bienes, sino que la gran mayoría de ellos está excluida de la creación y de los beneficios del saber científico” (UNESCO, 1999).

Por otra parte, las cada vez más frecuentes experiencias negativas provocadas por algunos desarrollos de la tecnociencia llevaron en el pasado reciente a la búsqueda de regulaciones en la aplicación de determinadas tecnologías portadoras de situaciones de riesgo. Así, el “principio de precaución” designa el conjunto de medidas destinadas tanto a impedir amenazas precisas al medio ambiente como a prevenir su estado futuro, reduciendo y limitando los riesgos para el mismo, previniendo la futura situación medioambiental, y mejorar las condiciones de vida naturales, considerando ambos objetivos como mutuamente implicados.<sup>5</sup>

16

El principio obedece a la necesidad de reconfigurar las prácticas científicas y tecnológicas actuales, de tal modo que conlleven a una nueva relación responsable del hombre con la naturaleza. Esto no implica una evaluación negativa de la tecnociencia ni se trata de imponer restricciones a la investigación; hacemos nuestras las propuestas de científicos franceses que en 1988 expresaban en un manifiesto: “Creemos que la reflexión debe preceder al proyecto científico mas que suceder a la innovación. Creemos que esta reflexión es de índole filosófica antes que técnica y debe llevarse a cabo en un contexto interdisciplinario y de apertura a todos los ciudadanos” (Testart y Godin, 2001: 114).

En consecuencia, es imprescindible discutir los límites de estas prácticas y cuestionar los dogmas tecnocientíficos hábilmente manipulados para la legitimación de los intereses del mundo corporativo. En El reto de la racionalidad, el filósofo belga Jean Ladrière lo expresa con claridad:

“En suma, lo que se le pide a la ciencia y a la tecnología es que vayan hasta el fondo en su propia crítica, hasta que se pongan de

5. Sobre las controversias suscitadas por el principio de precaución véase: Lacey, H. (2006): “O princípio de precaução e a autonomia da ciencia”, *Scientiae Studia*, vol. 4, n° 3, pp. 373-392.

manifiesto y se comprendan verdaderamente los límites. No se trata de juzgarlas desde el exterior, sino de invitarlas a radicalizar el control que pretenden imponerse de sus propios procesos y a convertirse en jueces de sus propias creaciones” (Ladrière, 1978: 184).

### 3. El caso de la nanotecnología

En un artículo sugestivamente llamado “Hay muchísimo espacio en el fondo”, el físico Richard Feynman decía: “Los principios de la física, hasta donde puedo ver, no se contradicen con la posibilidad de manipular la materia átomo por átomo” (Feynman, 1960). La afirmación de Feynman se concretó efectivamente con la aparición y el desarrollo de la nanotecnología. El término remite a la investigación acerca de materiales, sistemas y procesos que existen o que acontecen a una escala llamativamente pequeña: unos pocos cientos de nanómetros (nm) o menos. Un nanómetro equivale a la milmillonésima parte de un metro, es decir  $10^{-9}$  m. Para citar ejemplos, el radio de un átomo de hidrógeno es igual a 10 nm, mientras que un cabello humano tiene unos 20.000 nm. de diámetro.<sup>6</sup> La investigación en nanotecnología, que ha experimentado un notable incremento a partir de 2006, recurre a disciplinas como la física, la química, la bioquímica, la biotecnología y la informática, pero también a los estudios biomédicos. Incluso, hasta las ciencias sociales y humanas han experimentado un aumento de proyectos de investigación, en ámbitos tales como la ética y la política (UNESCO, 2007).

Las llamadas “nanopartículas” forman parte en la actualidad de centenares de productos tales como alimentos, protectores solares, cosméticos, prendas de vestir, desinfectantes, agroquímicos, pinturas, envases, revestimientos, aparatos médicos, electrodomésticos, plásticos, vestimenta y aditivos para combustibles. Las estimaciones en términos económicos de las investigaciones nanotecnológicas son notoriamente elevadas. Un informe de 2009 del Strategic Approach to International Chemicals Management (SAICM) señala que las inversiones en el área de la nanoelectrónica alcanzará un valor de alrededor de 450.000 millones de dólares en 2015, mientras que en el caso de la fabricación de nanomateriales se ha calculado un valor análogo de 450.000 millones de dólares para 2010 (SAICM, 2009).

Tal como ha venido sucediendo en las últimas décadas a propósito de los usos de la energía nuclear o de la manipulación genética, existe hoy un gran consenso en que la nanotecnología nos llevará a una nueva revolución industrial en el siglo XXI y que ésta será un factor crucial para solucionar las graves problemas originados por la exclusión social que afecta a gran parte del planeta. Desgraciadamente, a este mundo de promesas deberíamos ponerlo en correspondencia con otro, que

6. Las definiciones de “nanotecnología” son múltiples. Véase el documento de la UNESCO “Ética y política de la nanotecnología”: [unesdoc.unesco.org/images/0014/001459/145951s.pdf](http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001459/145951s.pdf). Se trata de un notable intento de exponer los orígenes y principios de la nanotecnología en términos accesibles, y derivar de allí los problemas ético-sociales que suscita esta nueva tecnología.

genéricamente se refiere a la posibilidad de que esta nueva tecnología (y muchas otras) sea destinada a fines menos altruistas. La nanotecnología supone desafíos éticos y económicos y a la vez lleva a preguntarse acerca de los beneficios y perjuicios que pueden derivarse de sus aplicaciones, particularmente en lo que respecta a la salud de la población y al equilibrio medioambiental. Basta señalar, como ejemplo, el de las expectativas que la nanotecnología ha despertado en los ámbitos de desarrollo de nuevos armamentos. Por caso, la Oficina de Investigación Básica de la Secretaría de Defensa de los Estados Unidos ha señalado explícitamente que: “[...] dado el gran potencial para incrementar las capacidades de combate en la guerra, la nanotecnología sigue siendo una de las prioridades más altas en los programas de investigación del Departamento de Defensa” (Delgado Ramos, 2004).

Se desconoce el eventual impacto de los materiales nanotecnológicos sobre la salud, si bien no hay dudas de que las nanopartículas podrían producir efectos tóxicos (nanotoxicidad) sobre los seres vivos, incluyendo patologías tales como la aparición de lesiones sanguíneas e incluso cáncer. Se ha comprobado que ciertas nanopartículas pueden traspasar la placenta y afectar así a los embriones en gestación (IPEN, 2010).<sup>7</sup> La incertidumbre aumenta porque muchas empresas que fabrican nanomateriales no evalúan la posibilidad de que tales materiales provoquen efectos nocivos. Como señala el mencionado informe del SAICM:

18

“Antes de desarrollar o utilizar cualquier aplicación de la nanotecnología, se debería formular la pregunta de si tiene alguna utilidad social. Para responder a esta pregunta se debería conocer la posible contribución de las aplicaciones específicas de la nanotecnología, las tecnologías alternativas o las opciones no tecnológicas a la resolución de un problema particular socialmente relevante, como el cambio climático, la escasez de agua o el hambre. Se deben tomar en cuenta los riesgos para la salud y el medioambiente y las consecuencias para la sociedad y la economía, además de la existencia de las mencionadas soluciones alternativas” (SAICM, 2009).

Las evaluaciones de seguridad son primordiales para la protección del público ante la eventual presencia de riesgos derivados de la aplicación de nuevas tecnologías; pero, en el caso de la gran mayoría de los nanomateriales, ello no ocurre y muchos productos son comercializados sin haberse realizado los controles necesarios.

La UNESCO lanzó en 1998 el Programa de Ética del Conocimiento Científico y la Tecnología con el establecimiento de una Comisión Mundial de Ética del

7. El International Pops Elimination Network (IPEN, en castellano: Red Internacional de Eliminación de Contaminantes Orgánicos Persistentes) es una red global de más de 700 organizaciones no gubernamentales sin fines de lucro que trabajan en más de 80 países por un futuro libre de tóxicos. La reunión del IPEN que dio lugar al informe fue realizada en Kingston los días 8 y 9 de marzo de 2010.



Conocimiento Científico y la Tecnología (COMEST) para la reflexión ética sobre la ciencia, la tecnología y sus aplicaciones e invitó a reconocidos expertos en nanotecnología para analizar los eventuales riesgos de las aplicaciones nanotecnológicas. Se recomendaba allí la aplicación del principio de precaución (COMEST, 1998).<sup>8</sup> También otras instituciones, como la Royal Society, exhortaron a la aplicación del principio de precaución en materia de investigaciones vinculadas con esta novísima tecnología. El estudio realizado por esta prestigiosa sociedad científica analiza los posibles perjuicios provocados por los nanomateriales para la salud y el medio ambiente, destacando la dimensión ético-social de la investigación en dicha materia, la necesidad de una regulación adecuada, del diálogo entre las partes interesadas (productores y consumidores) y el importante papel que se atribuye a los gobiernos en la gestación de dicho diálogo (The Royal Society and the Royal Academy of Engineering, 2004). Una actitud similar adoptó en 2008 el Intergovernmental Forum for Chemical Safety (IFCS) a propósito de la necesidad de aplicar el principio de precaución en las investigaciones nanotecnológicas (IFCS, 2008).<sup>9</sup>

Como ya ha sucedido con desarrollos tecnológicos anteriores, lejos de combatir las raíces de la pobreza o la desnutrición, o bien reducir la contaminación ambiental, la nanotecnología acentuará la inequidad social, cultural y económica, y su desarrollo difícilmente contribuirá a alcanzar los ya citados Objetivos de Desarrollo del Milenio propuestos por las Naciones Unidas. Pese a esta sombría perspectiva, un grupo creciente de organizaciones alertan sobre los riesgos vinculados con las aplicaciones de la nanotecnología y ponen el énfasis en la necesidad de que se informe masivamente al público acerca de tales riesgos. Exhortan a gobiernos e industriales a que adopten el principio de precaución a la hora de autorizar la producción de nanomateriales y durante el proceso de fabricación y comercialización de los mismos. Insisten también en que las empresas comprometidas con la fabricación de nanoprodutos deben proporcionar la información necesaria a los gobiernos para que sea posible detectar la presencia de nanopartículas en los productos que se lanzan al mercado. En particular, destacan que el problema afecta a los trabajadores que manipulan nanomateriales, razón por la cual el mismo se convierte en un inquietante asunto de inseguridad ocupacional (IPEN, 2010). Así lo entiende el economista mexicano Gian Carlo Delgado Ramos cuando señala: “No se trata de ser más o menos radical, sino solamente de medir el desarrollo tecnológico desde la perspectiva de la vida, no únicamente humana y no sólo en beneficio de algunos” (Delgado Ramos, 2004).

8. La versión del principio de precaución empleada por la COMEST se expone en Lacey, H., Op. Cit., p. 374.

9. El Intergovernmental Forum for Chemical Safety (IFCS, en castellano: Foro Internacional de Seguridad Química) tiene por objetivo “promover la seguridad química, tanto a corto como a largo plazo, para las personas y el medio ambiente de la producción, almacenamiento, transporte, utilización y eliminación de productos químicos”. La mencionada resolución fue firmada por 71 gobiernos, 12 organizaciones internacionales y 39 organizaciones no gubernamentales.

## Bibliografía

CEZAR, F. G. y ABRANTES, P. C. (2003): "Princípio da precaução: considerações epistemológicas sobre o princípio e sua relação com o processo de análise de risco", *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, nº 20, pp. 225-262.

COMEST (World Commission on the Ethics of Science and Technology) (2005): *The precautionary principle*, París, UNESCO.

DELGADO RAMOS, G. C. (2004): "Promesas y peligros de la Nanotecnología", *Nómadas: revista crítica de ciencias sociales y jurídicas*, Universidad Complutense de Madrid. Disponible en: [www.ucm.es/info/nomadas/9/giandelgado.htm](http://www.ucm.es/info/nomadas/9/giandelgado.htm).

FEYNMAN, R. (1960): "There's plenty of room at the bottom", *Engineering and Science*, vol. 23, nº 5, febrero, pp. 22-36.

IFCS (Intergovernmental Forum for Chemical Safety) (2008): *Final Report. Sixth Session of the Intergovernmental Forum on Chemical Safety*, Dakar, Senegal. Disponible en: [www.who.int/ifcs/documents/forums/forum6/f6\\_finalreport\\_en.doc](http://www.who.int/ifcs/documents/forums/forum6/f6_finalreport_en.doc).

IPEN (*International Pops Elimination Network*) (2010): *Breves antecedentes sobre nanotecnología y nanomateriales*. Disponible en: [www.ipen.org/ipenweb/work/nano/ipennano\\_%2520kingston\\_background\\_spanish.pdf](http://www.ipen.org/ipenweb/work/nano/ipennano_%2520kingston_background_spanish.pdf).

20

KATZ, C. (2009): "Crisis global II: Las tendencias de la etapa", *La página de Claudio Katz*, 2 de diciembre. Disponible en: [lahaine.org/katz/index.php?p=183&c=1](http://lahaine.org/katz/index.php?p=183&c=1).

LADRIÈRE, J. (1978): *El reto de la racionalidad*, Salamanca, Sígueme/UNESCO.

NACIONES UNIDAS: *Informe Anual del año 2008 de Naciones Unidas sobre los Objetivos del Milenio*. Disponible en: [www.un.org/spanish/millenniumgoals/pdf/MDG\\_Report\\_2008\\_SPANISH.pdf](http://www.un.org/spanish/millenniumgoals/pdf/MDG_Report_2008_SPANISH.pdf).

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO (PNUD) (2005): *Informe sobre Desarrollo Humano 2005*. Disponible en [hdr.undp.org/en/media/HDR05\\_sp\\_complete.pdf](http://hdr.undp.org/en/media/HDR05_sp_complete.pdf).

STRATEGIC APPROACH TO INTERNATIONAL CHEMICALS MANAGEMENT (SAICM) (2009): *Información básica sobre las nuevas cuestiones normativas en relación con la nanotecnología y los nanomateriales manufacturados*, 25 de marzo. Disponible en: [www.saicm.org/documents/iccm/ICCM2/meeting%20documents/ICCM2%20INF34%20nano%20background%20S.pdf](http://www.saicm.org/documents/iccm/ICCM2/meeting%20documents/ICCM2%20INF34%20nano%20background%20S.pdf).

TESTART, J. & GODIN, C. (2001): *El racismo del gen*, Buenos Aires, Fondo de Cultura Económica.

THE ROYAL SOCIETY AND THE ROYAL ACADEMY OF ENGINEERING (2004): *Nanoscience and nanotechnologies*. Disponible en: [royalsociety.org/Nanoscience-and-nanotechnologies-opportunities-and-uncertainties/](http://royalsociety.org/Nanoscience-and-nanotechnologies-opportunities-and-uncertainties/).

UNESCO (1999): *Declaración sobre la ciencia y el uso del saber científico*, World Conference on Science, Budapest. Disponible en: [unesdoc.unesco.org/images/0011/001163/116341So.pdf](http://unesdoc.unesco.org/images/0011/001163/116341So.pdf).

UNESCO (2000): *Declaración del Milenio*. Disponible en: [www.un.org/spanish/milenio/ares552.pdf](http://www.un.org/spanish/milenio/ares552.pdf).

UNESCO (2007): *Ética y política de la nanotecnología*. Disponible en: [unesdoc.unesco.org/images/0014/001459/145951s.pdf](http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001459/145951s.pdf).

## **Grupos de pesquisa em biotecnologia moderna no Brasil: uma revisão sobre os fundamentos da política de CTI \***

### ***Research groups in modern biotechnology in Brazil: a review of the foundations of its STI policy***

**Carlos Bianchi \*\***

Este artigo oferece uma aproximação ao mapa das capacidades de pesquisa em biotecnologia moderna no Brasil, a partir da análise do Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq. Trata-se de um primeiro passo para identificar de maneira apurada os grupos de pesquisa que desenvolvem atividades nas áreas de fronteira da biotecnologia. O objetivo do artigo é oferecer informação precisa sobre as capacidades de pesquisa nessa área, o qual pode constituir-se em uma ferramenta para a revisão crítica das políticas de apoio à biotecnologia, atualmente em vigor. Este trabalho se fez mediante uma metodologia de pesquisa segundo palavras chave no banco de dados do CNPq. Os resultados identificam um número significativamente menor de grupos de pesquisa na área de biotecnologia moderna em relação ao que se identifica nos documentos de política. Porém, não é o objetivo do artigo encontrar erros em ditos documentos senão destacar a importância da construção confiável de indicadores como fundamento da política pública. Além disso, este trabalho analisa o “mapa cognitivo” das linhas de pesquisa em biotecnologia moderna no Brasil; e finalmente oferece uma discussão sobre as características específicas da aglomeração territorial das capacidades de pesquisa nesse país.

23

**Palavras-chave:** biotecnologia, grupos de pesquisa, política de CTI, Brasil

*Based on the analysis of the CNPq Research Group Directory, this article analyzes the research capabilities in modern biotechnology in Brazil. This is a first step to build an accurate method to identify the research groups that develop activities in the frontier areas of biotechnology. This paper aims at offering accurate information about the research capabilities in this area, which can be used as a tool for critically reviewing the foundations of the current policies devoted to support biotechnological activities. This work was done through a key word searching methodology in the CNPq database and sustains the fact that the number of research groups in modern biotechnology is significantly smaller than the number identified in the official policy documents. However, it is not the purpose of this article to find mistakes in those documents, but to provide arguments about the relevance of building reliable indicators as the basis of policy formulation. Moreover, this article characterizes the “cognitive map” of the research lines in modern biotechnology in Brazil. Finally, it discusses the specific features of the research capabilities pattern of territorial agglomeration.*

**Key words:** biotechnology, research groups, STI policy, Brazil

\* O trabalho de Luciano Alencar no levantamento de informação e desenho de gráficos foi fundamental para este trabalho. Agradece-se também a colaboração de Ariela Diniz e Cléo Vaz na correção do texto.

\*\* Pesquisador da RedeSist, Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Professor Assistente na Unidade Acadêmica da CSIC, Universidad de la República, Uruguai. Email: carlosbianchi@ie.ufrj.br - carlos@csic.edu.uy.

## Introdução

Na década de 1970, a irrupção de novas técnicas de biotecnologia no tratamento da saúde, na produção de alimentos e nos processos industriais foi percebida como uma oportunidade tecnológica capaz de impulsionar a criação de uma nova área de atividade econômica, contribuir para o rejuvenescimento de setores tradicionais, e oferecer novas soluções para diversas necessidades da população. Essa visão corresponde-se com a noção amplamente difundida, que diz que a difusão de um paradigma tecnológico se caracteriza por sua capacidade pervasiva, o que faz possível a aplicação de sua base técnica em diferentes atividades de produção e reprodução da vida.

A chamada “biotecnologia moderna” trouxe consigo expectativas sobre uma mudança radical nas possibilidades técnicas de produção. A brecha entre as expectativas e os resultados concretos tem sido longamente debatida e, como acontece com toda nova solução tecnológica em seu tempo histórico, apresentaram-se conflitos e riscos. A premissa deste trabalho diz que esse é um processo historicamente recorrente e que o aproveitamento das oportunidades tecnológicas para o desenvolvimento, assim como o controle dos riscos e a administração dos conflitos, vai depender das soluções políticas que cada sociedade crie para isso. Esta premissa se encontra amplamente difundida na literatura sobre ciência, tecnologia e sociedade: a irrupção de uma nova tecnologia não é um fenômeno puramente técnico, senão também econômico, social e político. Então, torna-se necessário analisar as ações públicas -políticas públicas- voltadas para obter benefícios dessa mudança.

24

Atualmente existe um amplo debate sobre o que se entende por biotecnologia moderna. Essa discussão tem diferentes aproximações desde as visões de pesquisadores da área de biotecnologia propriamente dita e as que provêm do campo dos estudos sociais da ciência, a tecnologia e a inovação. Entre estes últimos, em particular estão aqueles que procuram uma definição de biotecnologia moderna que seja apurada e que possa ser empregada para a construção de indicadores que servem para a definição de políticas. Um exemplo desse debate pode se acompanhar na discussão entre Miller (2007) e Arundel et al (2007) publicada no *Journal Trends in Biotechnology*. Esse debate se baseia na crítica de um cientista da área biotecnológica sobre o conteúdo de documentos internacionais voltados para a coleta de informação, definição de indicadores e instrumentos de política (OCDE, 2005). Trata-se em definitiva de um debate entre quem faz pesquisa em biotecnologia e quem tenta definir maneiras de entender seu impacto em diversos âmbitos da realidade.

No caso brasileiro, Fonseca (2009) tem colocado a relevância de distinguir as atividades que compõem a base de conhecimento da biotecnologia. Isso não quer dizer descartar uma ou outra, senão reconhecer as diferenças que existem na prática de geração de conhecimento e suas potencialidades para aplicações inovadoras em campos variados.

Por outro lado, hoje no Brasil a política pública pro-inovação, associada ao desenvolvimento produtivo e social, está sendo revigorada, como parte do que em termos gerais pode se denominar como uma nova proposta de desenvolvimento nacional. Nas políticas recentes voltadas para o estímulo à produção e à inovação (PITCE, 2002. PACTI, 2007. PNCTS, 2006 e PDP, 2008), a biotecnologia aparece como uma área chave para a transformação da capacidade produtiva e a satisfação das necessidades sociais.<sup>1</sup>

Nesse cenário resultaria possível justificar o estudo dos Grupos de Pesquisa em Biotecnologia no Brasil pela notória relevância dessa área para as diretrizes de política tecnológica, social e produtiva. O estudo justifica-se em parte por essa razão, no entanto, esse argumento emprega-se de maneira crítica a partir da pergunta sobre os fundamentos que dão razão às políticas.

Nesse sentido, cabe destacar que a relação entre ciência, tecnologia, inovação e desenvolvimento foi frequentemente associada com a emergência de novas tecnologias. As TICs e a biotecnologia têm sido as vedetes nesse processo de difusão de interpretações sobre o processo de mudança conhecido como “Sociedade e Economia da Informação ou do Conhecimento”. Nesse marco -como destacam Lastres et al. (2005:18)- a adoção de certas interpretações sobre a mudança econômica e social de maneira generalizada e sem levar em consideração as especificidades de cada caso nacional, pode conduzir a condutas imitativas que seguem uma moda (interpretação) sem a análise específica das características da mudança socioeconômica (modo). Se aceitarmos os problemas que implica esse tipo de difusão das idéias e como isso acontece no plano da política pública, um simples princípio de cautela sugere a revisão dos fundamentos das políticas públicas.

25

Um dos principais fundamentos das políticas voltadas para o desenvolvimento da biotecnologia, atualmente em vigor no Brasil, refere-se ao crescimento da base científica na área de biotecnologia e como isso se expressa em resultados (publicações) e em potencialidades, número de pesquisadores e grupos de pesquisa.

Este artigo visa oferecer uma aproximação crítica sobre as capacidades de geração de conhecimento na área de biotecnologia moderna no Brasil, a partir da identificação de Grupos de Pesquisa cadastrados no Diretório do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Fala-se de uma aproximação no sentido que o objetivo do artigo emprega a identificação de grupos de pesquisa como um mecanismo para discutir como esse indicador tem sido utilizado nas propostas de política pública e como uma análise apurada das informações que ele oferece pode dar espaço para a discussão dessas propostas à luz do desenvolvimento da biotecnologia moderna no Brasil.

1. PITCE: Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior. PACTI: Plano de Ação em Ciência, tecnologia e inovação 2007-2010. PNCTS: Política Nacional de Ciência Tecnologia e Inovação em Saúde PDP: Política de Desenvolvimento Produtivo.

Depois desta introdução, o artigo apresenta uma breve discussão sobre a importância do conceito de grupo de pesquisa como indicador de capacidades de geração de conhecimento.

Em seguida, na segunda seção se apresenta a metodologia empregada. Os objetivos antes colocados obrigam à discussão e fundamentação de duas decisões metodológicas. A primeira delas tem a ver com a definição dos critérios para a seleção das subáreas que compõem a chamada biotecnologia moderna. A segunda decisão está atrelada à definição de biotecnologia moderna, refere-se ao emprego do Diretório de Grupos do CNPq para a medição das capacidades de geração de conhecimento no Brasil. Existem também debates sobre a qualidade dos dados que esse diretório oferece. Porém, o mesmo é empregado em diversos trabalhos como referência para a análise acadêmica e para a formulação de política. Isso não justifica seu emprego, mas sim uma revisão crítica. No entanto, neste artigo se argumenta que além das limitações metodológicas que contém toda fonte de dados de auto-preenchimento, a informação que oferece o Diretório CNPq é de grande valor para a análise do potencial de geração de conhecimento assim como outros indicadores são necessários para conhecer os resultados obtidos pela pesquisa científica.

A terceira seção concentra-se na análise dos grupos de pesquisa identificados. A partir de uma descrição geral dos grupos, o trabalho enfoca na composição dos mesmos e na identificação das diferentes técnicas biotecnológicas que os diferentes grupos declaram aplicar. Ainda nesta seção, se apresenta uma análise da concentração geográfica e das vinculações com o setor produtivo dos grupos de pesquisa dedicados a biotecnologia moderna.

Finalmente, as conclusões voltam-se sobre o assunto do emprego do conceito de grupos como indicador para uma política baseada no conhecimento. Discute-se então como os indicadores sobre grupos de pesquisa são empregados na justificativa das políticas públicas em vigor. Destacando-se a necessidade de um uso mais apurado desses indicadores -em conjunto com outros- para a elaboração de políticas mais eficientes que reconheçam as diferenças entre os grupos e regiões.

## **1. Sobre a relevância do conceito de grupo de pesquisa**

O conceito de grupo em geral e de grupo de pesquisa em particular, é um conceito complexo e de difícil definição.<sup>2</sup> No entanto, como destacam Sutz et al.(2003), entender e analisar tal conceito tem grande relevância para a análise da prática científica. Desde finais do século XIX, a atividade de pesquisa passou de uma atividade basicamente individual, conduzida por atores isolados em seus laboratórios

2. Como destacam Sutz et al (2003) já na sociologia clássica, Max Weber, colocava em questão a dificuldade de definir de maneira clara e robusta, conceitos que são de uso corrente e que por essa mesma razão resultam difíceis de definir. Como assinalam esses autores, existem diversas abordagens que desde diferentes disciplinas das ciências sociais tentam definir o conceito de grupo. Embora esse seja um assunto de grande interesse para compreender a prática científica, não cabe aqui aprofundar nessa discussão.

de maneira mais ou menos formal, para uma atividade coletiva, organizada em diferentes formas. A forma tradicional de organização desses grupos é entorno a disciplinas, as quais constituem um eixo estruturante da atividade coletiva. Segundo esses autores os grupos oferecem assim três fontes de identidade para seus integrantes: *temática*, os integrantes dedicam-se a um mesmo assunto; *coletiva*, eles mantêm uma trajetória em comum que se reflete em sua produção e no reconhecimento de um líder do grupo e; *auto-identificação*, os integrantes se reconhecem como membros desse grupo. A partir dessas fontes de identificação o grupo de pesquisa oferece para seus membros um espaço de interação com certa divisão do trabalho, um âmbito de aprendizado, e não menos importante, em muitas ocasiões, um mecanismo para a obtenção dos fundos necessários para a pesquisa, através de fontes públicas ou privadas.

Trata-se então de uma unidade social não trivial que, devido às transformações que atravessaram as instituições de pesquisa ao longo do século vinte, constituiu-se no núcleo básico da prática científica.

No entanto, a relevância do grupo de pesquisa para a pesquisa científica não dá resposta às dificuldades para sua demarcação e medição. Talvez a crítica de Collins (1974) à noção de colega invisível de Khun seja o melhor exemplo desse problema. Todos os pesquisadores que estão envolvidos na prática de uma disciplina comum, dentro de um paradigma comum, poderiam ser identificados como membros de um coletivo. Porém, no sentido do objetivo e das regras de suas práticas cotidianas, não constituem um grupo.

27

Como poderia então se demarcar um grupo de pesquisa? Provavelmente uma opção seja a observação e registro das práticas, mas sem dúvida seria muito custosa e pouco eficiente. Os grupos são entidades dinâmicas que mudam com o tempo, assim como muda sua agenda de pesquisa e como variam também os limites disciplinares. A crescente importância da pesquisa multidisciplinar orientada por problemas é um dos fatores chave para entender essa mudança (Gibbons et al, 1997) que reflete também na alteração da constituição dos grupos.

Considerando esses aspectos, ainda que resenhados muito brevemente, o mecanismo de auto-identificação de grupos, da maneira como o aplica o CNPq para a construção do Diretório de Grupos de Pesquisa, parece uma metodologia passível de crítica, mas válida. Em primeiro lugar, porque o conceito de grupo não é claramente identificável sem a expressão explícita de pertença dos membros. Mas também, porque o método de identificação do CNPq contém mecanismos de prêmio, e de castigo para a não identificação. Trata-se sim de uma identificação voluntária, mas cuja participação supõe reconhecimento e possibilidades de participação de certos benefícios. Além disso, prevê a validação institucional por parte da autoridade da organização na qual o grupo está inserido. Por outra parte, cabe destacar que, apesar de ser um cadastro opcional do pesquisador, o número de grupos e pesquisadores cadastrados vem aumentando ao longo do tempo, podendo-se supor ter relativa representatividade da comunidade científica nacional (Rapini, 2007: 220). Nesse sentido, se considera que o cadastro de grupos do CNPq oferece uma fonte de informação muito valiosa.



Como em toda fonte cadastral, não construída em si mesma para oferecer indicadores, seu emprego adequado como indicador depende do pesquisador. Neste artigo procura-se analisar os grupos de pesquisa como um indicador de capacidades ou potencialidades para a geração de conhecimento. Trata-se de um indicador que não é utilizado com a mesma frequência que os de resultado, como publicações ou patentes, mas que resulta perfeitamente complementar com eles. Nesse mesmo sentido, entende-se que o grupo é a unidade básica para a geração de conhecimento no âmbito acadêmico atual e a descrição e análise das características dos grupos de pesquisa resulta fundamental para conhecer as capacidades com que conta o Brasil para a geração de conhecimento na área de biotecnologia moderna.

## 2. Metodologia

A fonte de informação básica utilizada para este artigo foi a “Base corrente” do Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq.<sup>3</sup> Essa base contém informações sobre os grupos de pesquisa em atividade no País, coletadas a partir do cadastro de todos os grupos registrados no último Censo realizado ao que se somam os novos grupos cadastrados através da atualização permanente da base de dados. O cadastro geral se realiza através de censos bianuais. O corpo principal dos dados atuais corresponde ao Censo 2008, e as informações dos grupos cadastrados se mantém atualizadas pelos próprios pesquisadores-líderes de Grupo. A informação abrange: número de pesquisadores, nível de formação dos mesmos, linhas de pesquisa em andamento, produção científica e vinculação com organizações do setor produtivo.

28

Como mostra a **Tabela 1**, no Censo 2008 se cadastraram 22.797 grupos de pesquisa no Brasil, com uma forte concentração na região Sudeste e Sul. No entanto, como mostra a série histórica (**Tabela 2**), a concentração nessas regiões vem decrescendo proporcionalmente na medida em que cresce o número de grupos registrados.

3. Base Corrente - Permite a busca de informações sobre os grupos de pesquisa, líderes, pesquisadores e estudantes presentes na base corrente (atual) do Diretório. Só podem ser recuperados nessa base os grupos que foram certificados pelas instituições participantes. Essa base é atualizada diariamente, refletindo as atualizações de dados e inclusões de novos grupos feitas pelos líderes, bem como o trabalho de certificação feito pelos dirigentes institucionais no site de Coleta de dados.

<http://re.flect.net/http://re.flect.net/http://www.cnpq.br/gpesq/apresentacao.htm>

**Tabela 1. Distribuição dos grupos de pesquisa segundo a região geográfica (2008)**

Região	Grupos	%	% acumulado
Sudeste	11.120	48,8	48,8
Sul	5.289	23,2	72
Nordeste	3.863	16,9	88,9
Centro-Oeste	1.455	6,4	95,3
Norte	1.070	4,7	100
Brasil	22.797	100	-

Fonte: [http://dgp.cnpq.br/censos/sumula\\_estat/index\\_grupo.htm](http://dgp.cnpq.br/censos/sumula_estat/index_grupo.htm)

A taxa de crescimento do número de Grupos entre 2002 e 2008 (perto de 100%) reflete claramente, além do crescimento da pesquisa no Brasil, a difusão do Diretório de Grupos como cadastro nacional das atividades de pesquisa.

29

**Tabela 2. Distribuição percentual dos grupos de pesquisa segundo a região**

Região	1993	1995	1997	2000	2002	2004	2006	2008
Sudeste	68,5	69,2	65,6	57,3	51,8	52,4	50,4	48,8
Sul	15,7	14,8	17,2	19,7	24	23,5	23,6	23,2
Nordeste	9,9	9,8	11,4	14,6	15	14,2	15,5	16,9
Centro-Oeste	4,2	4,2	4	5,4	5,3	5,9	6,1	6,4
Norte	1,7	2	1,8	3	3,9	4	4,4	4,7
Brasil	100	100	100	100	100	100	100	100
Total de grupos	--	--	--	--	11.760	19.470	21.024	22.027

Fonte: [http://dgp.cnpq.br/censos/series\\_historicas/index\\_basicas.htm](http://dgp.cnpq.br/censos/series_historicas/index_basicas.htm) - [http://dgp.cnpq.br/censos/sumula\\_estat/index\\_grupo.htm](http://dgp.cnpq.br/censos/sumula_estat/index_grupo.htm)

Para a identificação de Grupos dedicados a atividades de biotecnologia moderna se parte da seguinte definição:

Entende-se por biotecnologia um corpo de conhecimento e um amplo conjunto de procedimentos e tecnologias que operam de maneira integrada sobre os atributos das células ensinando que as moléculas, o DNA e as proteínas venham a trabalhar para a criação ou modificação de produtos ou processos, para usos específicos com diversas aplicações (Júdice e Vedovello, 2007. Cassiolato et al, 2009. Fonseca, 2009. Orsenigo, 1989).<sup>4</sup>

Segundo os autores mencionados, as principais áreas de pesquisa e desenvolvimento associadas às biotecnologias são:

- Engenharia Genética (biologia molecular).
- Genômica e proteômica: estudo da estrutura e função dos genes e proteínas através de seu papel no crescimento do organismo, saúde, resistência às doenças.
- Bioinformática: aplicação de software no processo de criação, coleção, estoque e uso eficiente das informações genéticas, recurso fundamental para a modelagem de processos biológicos complexos, o *screening* e para o desenvolvimento racional de novas drogas;
- Novos modos de síntese: DNA *recombinante*, RNA *messeger* e RNA *interference*. O primeiro permite uma nova combinação ou síntese de DNA, sendo que os outros dois operam como intermediários nesse processo.
- Química combinatória: técnica de síntese química para a produção de um grande número de compostos orgânicos mediante o ensablado de *building blokcs* químicos em qualquer combinação possível.
- Drogas terapêuticas fabricadas e métodos diferentes da síntese química.
- Técnicas de bioprocessamento e bioreatores, técnicas modernas e tradicionais de fermentação.
- Desenvolvimento de hibridomas, cultura de células/tecidos, engenharia de tecidos (incluindo estruturação de tecidos e engenharia biomédica), fusão celular, vacinas/estimulantes imunológicos, manipulação de embriões.

30

A partir dessa lista de atividades que compõem a biotecnologia se definiram uma série de palavras chaves que permitem identificar os grupos de pesquisa que desenvolvem biotecnologia moderna.

Uma primeira consulta simples na Base Corrente, empregando como palavra chave “biotecnologia”, encontram-se 686 Grupos de Pesquisa em atividade. A metodologia para identificar os Grupos que desenvolvem atividades de biotecnologia moderna, foi uma busca na Base Corrente mediante uma combinação de palavras chave feita entre os meses de setembro e outubro de 2010.

A combinação de palavras chave se fez com base na classificação de atividades de biotecnologia moderna empregada pela OCDE (2005) e adaptada por Fonseca (2009) para a língua portuguesa. Dessa maneira o procedimento de busca consistiu

4. As técnicas que compõem a biotecnologia abrangem um amplo escopo de procedimentos *modernos e tradicionais*, assim como também técnicas baseadas na química que são parte das ferramentas que emprega a biotecnologia. A definição dessas tecnologias tem sido objeto de um esforço sistemático por quase todos os autores que têm trabalhado sobre o assunto (Arundel, 2003; Fonseca, 2009; Pisanò, 2006; Gadelha, 1990).

em preencher o campo de consulta com a palavra biotecnologia, acrescida às palavras-chave: engenharia genética, biologia molecular, genômica e proteômica, bioinformática, DNA recombinante, RNA messenger, RNA interference, bioprocessamento, hibridomas, cultura de células, cultura de tecidos, química combinatória e química fina. Como será apresentado na seção seguinte, nem todas essas palavras foram encontradas no diretório, resultando na seleção de nove subáreas que representam as atividades de biotecnologia moderna.

Uma vez realizada a consulta segundo as palavras-chave foi feito um procedimento de triagem caso a caso que permitiu descartar alguns grupos, principalmente grupos de pesquisa em ciências sociais dedicados ao estudo de ciência, economia e sociedade, que tinham essas palavras entre suas linhas de pesquisa, mas que não se referia à pesquisa nessas áreas, senão sobre essas atividades e seus impactos. Esse segundo passo permitiu também fazer novas revisões e incorporar dois grupos que não apareceram na primeira seleção. Através dessa metodologia foram identificados 230 grupos de pesquisa que desenvolvem atividades em biotecnologia moderna na Base Corrente do Diretório de Grupos do CNPq. As características desses grupos serão descritas e analisadas nas seções seguintes.

Antes de passar à descrição e análise dos grupos identificados, cabe fazer uma precisão sobre a validade da metodologia empregada. Em primeiro lugar, a definição das áreas de atividade do grupo depende totalmente do preenchimento voluntário que faz o líder do grupo. Isso pode ser objeto de discussão na medida em que não existe controle sobre o fato que esse grupo efetivamente se desenvolva na atividade que declara. Sem dúvida essa é uma questão relevante. Mas essa questão é um aspecto chave não só para a análise do Diretório de Grupos de pesquisa do CNPq, senão para o uso de indicadores a partir de qualquer fonte cadastral. O exemplo mais claro pode ser o setor de atividade a que declara pertencer uma empresa quando se registra como entidade jurídica. Seguindo o mesmo raciocínio, a mesma dúvida que se coloca sobre a validade do que declara o líder do grupo de pesquisa é aplicável ao que declara um empresário sobre o montante de vendas em uma pesquisa industrial ou sobre o que declara sobre o número de pessoas dedicadas a atividades de P&D. A dúvida sobre a qualidade da informação não é um problema do declarante, senão do analista. Ele deve ter a capacidade de entender os limites da informação disponível e tentar construir mecanismos de controle sobre a validade dessa informação.

Em relação com esta pesquisa em particular, o segundo aspecto de discussão aponta a relevância das atividades de biotecnologia moderna dentro das atividades do grupo. O procedimento de busca considera as palavras-chave que aparecem em todas as linhas de pesquisa que desenvolve o grupo, não é possível então conhecer o grau de importância que essas atividades têm dentro das diversas linhas que o grupo desenvolve. Essa é uma limitação que não pode ser levantada através da consulta ao Diretório, requereria consultar diretamente os líderes de grupos, fato que está fora do alcance deste estudo.

Considerando essas limitações, os resultados obtidos nesta pesquisa não podem ser apresentados como um censo totalmente representativo dos grupos de pesquisa

que desenvolvem atividades de biotecnologia moderna no Brasil. Trata-se de uma aproximação a esse universo, construída segundo a metodologia antes apresentada, que permite descrever e analisar as capacidades de geração de conhecimento científico nessa área em particular.

Para a análise dos resultados foi construída uma base de dados que contém as variáveis de interesse para os 230 grupos de pesquisa envolvidos em biotecnologia moderna.

### 3. Características dos grupos de pesquisa em biotecnologia moderna no Brasil

Os resultados gerais obtidos permitem propor algumas questões para a discussão e análise. A primeira delas é a necessidade de tomar esta aproximação como um primeiro passo para uma identificação apurada dos Grupos de Pesquisa atuantes na área de biotecnologia no Brasil. Segundo esta metodologia, foram identificados, em primeira instância, 686 grupos que desenvolvem atividades de biotecnologia. Esse número corresponde-se com o 3,11% do total de grupos de pesquisa, o qual diverge muito do número de grupos de pesquisa que aparece na justificativa da Política de Desenvolvimento Produtivo de 2008 (PDP) (Governo Federal, 2008). No documento dessa política, baseado na Política de Desenvolvimento da Biotecnologia (Governo Federal, 2007) se diz que o Brasil conta com uma base científica relevante na área de biotecnologia devida à existência de mais de 1700 grupos de pesquisa na área. Em diferentes entrevistas realizadas com integrantes do Conselho Nacional de Biotecnologia e pesquisadores dessa área, os informantes destacaram que a origem do número de grupos que aparece na PDP provém do Portal da Inovação, mas essa é uma fonte muito menos restrita para o preenchimento de informação.<sup>5</sup> De qualquer maneira cabe destacar que resulta mais verossímil que os grupos de pesquisa dedicados a biotecnologia sejam em torno de 3,1% que do 7,7%. No segundo caso, considerando que o Diretório do CNPq abrange todas as áreas de conhecimento científico, tratar-se-ia de um desenvolvimento realmente excepcional da biotecnologia no Brasil.<sup>6</sup> Existe dificuldade em encontrar indicadores comparáveis em nível internacional sobre grupos de pesquisa, já que a maioria dos trabalhos está orientada sobre a indústria de biotecnologia, relevando pesquisa em empresas, e não sobre os grupos de pesquisa acadêmica.

32

5. O Portal de Inovação é um sistema web que procura a vinculação entre usuários e produtores de conhecimento como qualquer plataforma de contato. Embora seja uma ferramenta muito útil para a prática de inovação, o número de registros feitos ai, é claramente maior. <http://www.portalinovacao.mct.gov.br/>

6. Cabe destacar que estes resultados divergem com o número de grupos identificado por Freitas e Mendonça (2008). Esses autores, a partir da informação contida no Portal de Inovação do Governo Brasileiro, identificaram 2427 grupos que efetivamente se dedicam a atividades de biotecnologia no Brasil. Uma explicação possível para essa divergência pode ser que o Portal de Inovação se baseia em um "Diretório de Oportunidades" onde as empresas explicitam a demanda de pessoal. Nesse sentido não se trata da mesma definição de grupos que a empregada no Diretório de CNPq e neste trabalho.

### 3.a. Áreas e linhas de pesquisa nos grupos identificados

Uma vez identificados os grupos segundo as palavras-chave selecionadas, o número de grupos do diretório do CNPq que realizam pesquisas na área de biotecnologia moderna é 230. A grande maioria dos grupos identificados informa como Grande Área alguma das ciências biológicas ou agrárias. Como mostra a Tabela 3, mais de 84% dos grupos pertencem a essas grandes áreas.<sup>7</sup>

**Tabela 3. Grande Área predominante**

	<b>Grupos</b>	<b>%</b>
Ciências Agrárias	75	32,61
Ciências Biológicas	119	51,74
Ciências da Saúde	16	6,96
Ciências Exatas e da Terra	16	6,96
Eng. Biomédica e Eng. Química	4	1,74
Total	230	100

Fonte: Elaboração própria em base a Diretório de Grupos CNPq

Dentro das ciências agrárias aproximadamente 65% dos grupos pertence à área de agronomia e 18% a medicina veterinária. Dentro das ciências biológicas, quase um terço dos grupos identificados trabalha na área de genética, sendo as outras áreas de maior participação as de microbiologia e bioquímica. Nas outras grandes áreas a concentração é ainda maior, 10 (62,5%) dos 16 grupos de Ciências da Saúde pertencem à área de Farmácia e 13 (81,2%) dos grupos de Ciências da Terra pertencem à área de Química.

33

A grande concentração dos grupos segundo área e grande área não permite aprofundar a distribuição das linhas de pesquisa, já que a análise cruzada repete essa concentração. Só cabe destacar a relevância das áreas de pesquisa básica e agrária em comparação com a relativa baixa presença das ciências da saúde. No entanto, uma das perguntas que fica em aberto a partir da informação disponível é a “área de destino” da pesquisa dentro das áreas básicas. Em particular, conhecer que proporção de grupos da biologia e química realiza pesquisa potencialmente voltada para temas de saúde.

A análise da base de dados segundo subárea mostra que de 230 grupos, 176 (76,52%) estariam relacionados apenas a uma das subáreas ou linhas de pesquisa.

7. Neste artigo se considera como Grande Área as agrupações de áreas como aparecem na tabela 3, são consideradas áreas as definidas como área predominante no Diretório CNPq (Agronomia, Farmácia, etc.) e subáreas ou linhas de pesquisa aquelas associadas às palavras chave selecionadas.

Dentre os 54 grupos restantes, 42 se desempenham em duas das subáreas selecionadas e 12 em três ou mais. Na descrição das atividades dos grupos se consideraram até três. Cabe destacar que o critério de organização entre as subáreas não segue nenhuma lógica de hierarquização, senão a ordem como aparecem no questionário preenchido pelos grupos. Se por um lado o total de grupos realizando pesquisa em biotecnologia moderna parece ser uma boa aproximação, por outro a distinção entre os que atuam em apenas uma ou em duas das subáreas deve ser encarada com extrema cautela.<sup>8</sup> Em primeiro lugar é pouco razoável supor que se pesquisem assuntos relacionados com apenas uma das subáreas, uma vez que muitas destas estão intimamente relacionadas, como biologia molecular e bioinformática, por exemplo. As limitações desse tipo de distinção estão relacionadas à forma como se organizam as bases de dados do diretório. Apesar das dificuldades de se realizar tal análise, esta revela informações úteis para caracterizar o mapa de atividades que os grupos desenvolvem, o qual será analisado a partir das tabelas e figuras seguintes.

Como mostra a **Tabela 4**, considerando até três áreas por grupo, podem se identificar 296 grupos que participam nas subáreas selecionadas. A análise dos dados mostra que as subáreas de maior participação têm relação com as grandes áreas antes descritas. Tal informação é coerente com os resultados, sendo que a cultura de células e tecidos é uma das bases da pesquisa biotecnológica em ciências agrárias e a biologia molecular junto com a genômica são fundamentais na base cognitiva das ciências biológicas dedicadas a atividades de biotecnologia moderna.

34

**Tabela 4. Subáreas**

Subárea	Nº Grupos
Biologia molecular	106
Cultura de células e tecidos	82
Genômica/Proteômica	37
Bioinformática	29
Engenharia genética	18
Engenharia de tecidos	7
Química combinatória/química fina	6
Hibridomas, anticorpos monoclonais	6
DNA recombinante	5
Total	296

Fonte: Elaboração própria em base a Diretório de Grupos CNPq

8. No que diz respeito apenas aos grupos que constam no diretório do CNPq.

A **Figura 1** consiste em uma aproximação do mapa cognitivo dos grupos de pesquisa em biotecnologia moderna segundo subárea. As áreas em cinza representam o número de grupos que realizam somente uma das atividades selecionadas e as demais as combinações em uma tabela binária.

A informação disponível não permite aprofundar a análise sobre as técnicas que os diferentes grupos de pesquisa desenvolvem, além disso, não se sabe se existe interação ente eles. Cabe destacar que as subáreas de maior dispersão são: Genômica/Proteômica e Bioinformática, duas técnicas que são fundamentais para um amplo leque de pesquisa em biotecnologia moderna.

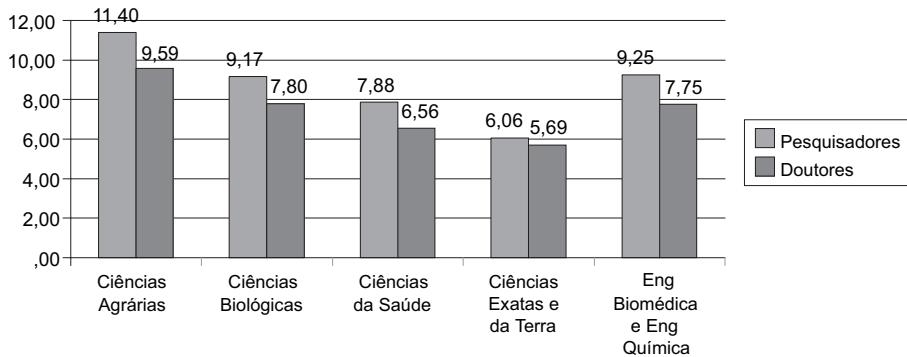
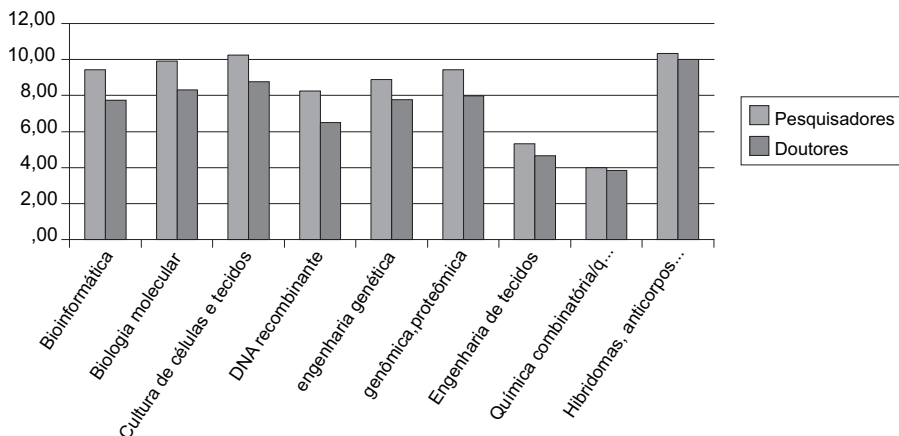
**Figura 1. Combinação de subáreas de pesquisa nos Grupos de Biotecnologia Moderna**

Subárea	Biologia molecular	Cult. células /tecidos	Genômica /Proteômica	Bioinformática	Eng. genética	Eng. tecidos	Química combinatória /fina	Hibridomas, ant. monoclonais	DNA recombinante
Biologia molecular	76	13	9	10	1	1	0	1	1
Cult. células /tecidos		56	7	3	2	4	1	1	2
Genômica /Proteômica			13	14	2	0	0	1	0
Bioinformática				7	1	0	0	0	1
Eng. genética					13	2	0	1	0
Eng. tecidos						2	0	0	0
Química combinatória /fina							5	0	0
Hibridomas, ant. monoclonais								3	0
DNA recombinante									1

Fonte: Elaboração própria em base a Diretório de Grupos CNPq

Nos 230 grupos identificados trabalham 2026 pesquisadores, dentre os quais 1874 possuem título de doutor. Como se pode perceber nos **Gráficos 1 e 2**, a distribuição média de pesquisadores e doutores não apresenta diferenças significativas segundo grande área ou subárea de pesquisa. Destacando-se as Ciências Agrárias e as engenharias como vem acontecendo também nos indicadores de resultado da produção científica no Brasil (Jornal da Ciência, 2010).



**Gráfico 1. Pesquisadores e Doutores segundo grande área (média)****Gráfico 2. Pesquisadores e Doutores segundo Sub-área (média)**

36

Esta seção apresenta o difícil desafio de se aproximar do mapa de conhecimento dos Grupos de Pesquisa cadastrados no Diretório do CNPq. Embora a informação seja ainda exploratória, os dados mostram que o Brasil conta com um número significativo de grupos e com mais de dois mil pesquisadores na área de biotecnologia moderna. Ainda que estes dados sejam muito menores que os apresentados em alguns documentos oficiais, eles não deixam de ser um claro indicador de uma significativa potencialidade para a pesquisa em biotecnologia moderna.

### 3.b. Concentração geográfica e vinculação com o setor produtivo

A indústria de biotecnologia apresenta economias de aglomeração em todo o mundo (Zeller, 2001. Cook, 2001. Cortright e Mayer, 2002. Gertler e Vinodrai, 2009.). O fenômeno de aglomeração da indústria está associado à proximidade com centros de pesquisa de excelência. Esses autores mostram para os casos de Alemanha, Reino Unido, EUA e Canadá como o surgimento de pólos de atividade econômica vinculados à biotecnologia teve sempre como denominador comum a presença de grupos de pesquisa de elite. Por exemplo, Cortright e Mayer (2002) apontam que nos EUA se identificam nove regiões onde se concentram as capacidades de pesquisa e produção em biotecnologia. Ditas regiões estão distribuídas ao longo das costas leste e oeste desse país.

No caso brasileiro, não se percebe uma concentração extrema nos grupos de biotecnologia moderna, como poderia se esperar de acordo com a forte concentração econômica e de capacidades científico-tecnológicas nas regiões Sul e Sudeste. Embora estas regiões em conjunto apresentem o maior número de grupos de pesquisa, a região Nordeste, especialmente nos estados de Bahia e Pernambuco, mostra um número significativo de grupos de pesquisa. Em particular, se comparado com o total de grupos cadastrados no Diretório (Tabela 2), dentre dos grupos dedicados a atividades de biotecnologia moderna os grupos radicados no Nordeste têm uma alta representação.

**Tabela 5. Capacidades de pesquisa segundo região**

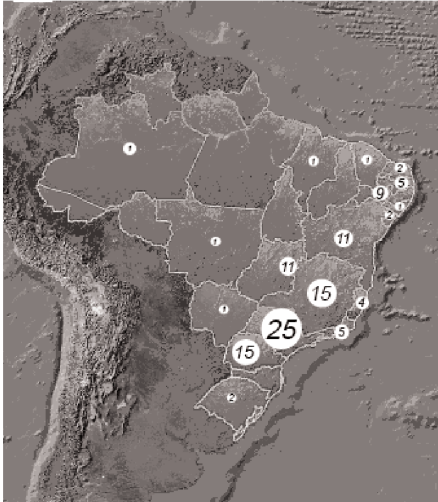
	Nº de grupos	Pesquisadores	Doutores
Sudeste	74	717	639
Sul	48	393	335
Nordeste	66	703	564
Centro-Oeste	25	229	199
Norte	17	164	137
Total	230	2206	1874

Fonte: Elaboração própria em base a Diretório de Grupos CNPq

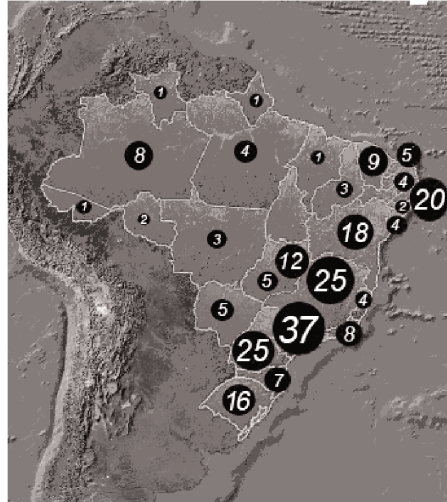
Por outro lado, a **Figura 2** mostra que existe sim uma forte concentração na região Sul-Sudeste entre as organizações que mantém vinculações com os grupos de pesquisa identificados (mapa da esquerda).

**Figura 2. Biotecnologia Moderna: Produção e uso de conhecimento**

Nº de Org. do Setor Produtivo vinculadas com Grupos de Pesquisa



ICT: número de grupos de pesquisa segundo UF



Fonte: Elaboração própria em base a: Diretório de Grupos de Pesquisa CNPq

38

No entanto, isso não quer dizer que os grupos localizados em outras regiões não mantenham vínculos com organizações do setor produtivo. O que mostra o mapa da esquerda é o número e localização das empresas com as quais os grupos identificados no mapa da direita dizem ter vinculações. No total apenas 23,5% dos grupos tem vínculo com o setor produtivo. Como pode se perceber na tabela 6, essa percentagem se mantém similar para as regiões Sudeste, Nordeste e Centro-Oeste.

**Tabela 6. Vinculação com o setor produtivo segundo região**

	Sudeste	Sul	Nordeste	Centro-Oeste	Norte	Total
<b>Não possui Vínculo</b>	74,32	83,33	71,21	72	94,12	76,52
<b>Possui Vínculo</b>	25,68	16,67	28,79	28	5,88	23,48
<b>Total</b>	100	100	100	100	100	100

Fonte: Elaboração própria em base a Diretório de Grupos CNPq

Esse dado permite propor a hipótese de que os grupos das regiões menos desenvolvidas, neste caso o Nordeste, mantém vínculos com organizações do setor produtivo nas regiões Sul e Sudeste. Tendo como consequência para esses locais a

não criação de economias de aglomeração que caracterizam a indústria da biotecnologia em nível internacional. Esse é um problema debatido na equipe de pesquisa da RedeSist.<sup>9</sup> Diversos pesquisadores destacam que o conhecimento gerado em empresas quanto em Instituições de Ciência e Tecnologia (ICTs) do Nordeste, produz mais interações com a região Sudeste, onde se concentra o desenvolvimento econômico, do que na própria região (RedeSist 2010a e 2010b). Esse dado deve ser considerado à luz de que existe pelo menos um programa explicitamente dirigido para a subvenção de empresas (Subvenção Econômica FINEP-MCT) que prevê o financiamento de uma percentagem fixa para as empresas das regiões menos desenvolvidas (Norte e Nordeste). No entanto, existindo oferta financeira e, de acordo com o que mostram os resultados deste estudo, também oferta de conhecimento na região, as empresas dessas regiões não conseguem preencher o número garantido de vagas de que têm a disposição (Bianchi, 2009). Esses resultados colocam em questão quais são os limites para as políticas baseadas em modelos de formação de oferta.

### **Conclusões: a geração de conhecimento como assunto de política.**

Em todos os documentos de política pública voltada para o desenvolvimento da biotecnologia aparecem referências à expressiva melhoria que mostram os indicadores de produção de conhecimento nessa área no Brasil (Governo Federal 2008, 2007. MCT, 2007)

Esse é um dado incontestável, as publicações sobre biotecnologia moderna tiveram um crescimento exponencial nas últimas décadas, passando de algumas dezenas por ano no começo da década de 1980, para mais de 2500 publicações em 2008 (Fonseca, 2009). Como também destaca Fonseca (2009), e é considerado nos documentos de política, o crescimento das publicações não teve relação com o número de patentes concedidas pelo Instituto Nacional da Propriedade Industrial com inventores nacionais na área de biotecnologia moderna.

Esses dados são sem dúvida de grande importância e ajudam a compreender a importância dos resultados da pesquisa científica e dos mecanismos de proteção jurídica e valorização econômica da mesma. Este trabalho, além de destacar a importância desses indicadores, procura demonstrar que o emprego de dados sobre grupos de pesquisa é um indicador necessário para complementar a análise. Porque se refere a um indicador de capacidades, de potencialidade de criação de conhecimento. Isso faz com que se trate de um indicador de maior complexidade que os outros. Ele deve ser lido como uma aproximação às capacidades do país ou região para a geração de conhecimento científico-tecnológico em uma área específica de conhecimento.

9. Rede de Pesquisa em Sistemas Inovativos e Produtivos Locais. Universidade Federal do Rio de Janeiro (<http://www.redesist.ie.ufrj.br/>)

No entanto, sobre o emprego desse indicador aparecem alguns pontos que merecem ser discutidos. Em primeiro lugar, de acordo com a metodologia empregada neste artigo, o número de grupos com os quais o Brasil conta trabalhando em biotecnologia moderna é significativamente menor do que mostram os documentos de política.

Isso já foi destacado anteriormente e foram destacadas também as limitações que apresenta a metodologia aqui empregada. Não se trata então de procurar erros nos documentos de política, senão de refletir sobre o emprego do número de grupos de pesquisa como indicador para a elaboração de política. Com todas as limitações que a metodologia empregada pode ter, trata-se de um esforço por identificar os grupos de pesquisa que atuam em linhas de trabalho próximas às consideradas como biotecnologia moderna. Isso tenta oferecer uma informação útil para a elaboração de políticas. Nesse sentido, cabe supor que o universo de 1700 grupos, como aparece nos documentos de política, abrange grupos que fazem desde tarefas de fermentação e conservação de alimentos, ou outras de biotecnologia tradicional, até grupos que aplicam técnicas de genômica e bioinformática para desenvolvimentos de biologia molecular. Nesse caso está se considerando um universo extremamente diverso que, ainda que todos os conhecimentos que ele abrange sejam parte da base técnica da biotecnologia, realizam atividades extremamente diferentes e têm requerimentos diferentes para o seu desenvolvimento.

O principal objetivo deste trabalho é destacar que para fazer uma política “baseada no conhecimento” é preciso um esforço cumulativo na construção de novos indicadores que ofereçam informação mais apurada possível. A partir daí é possível fazer uma política que atenda às diversidades existentes no país. Nesse sentido este trabalho oferece uma tentativa de aprofundar nos dados que o Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq oferece, como uma contribuição para revisar os fundamentos das políticas em vigor.

Da análise previa surgem pelo menos três aspectos que merecem ser debatidos.

Em primeiro lugar a necessidade de reconhecer que as políticas não apenas são formas de impulsionar processos senão também de gerar representações sobre a realidade e as possibilidades. Nesse sentido, o emprego de indicadores confiáveis na justificativa da política é parte fundamental para que a mesma possa orientar um processo de mudança que seja avaliado de maneira sistemática.

Por outro lado, a relevância de estudar as capacidades de geração de conhecimento em relação à demanda do setor produtivo. Em um país de dimensões continentais, a formação de aglomerações pode ser um resultado natural, como acontece em outras partes do mundo. Porém a formação de aglomerações estruturalmente desiguais pode ser resultado de uma falha da política.

Finalmente, considera-se que os grupos de pesquisa são um indicador de primeira importância já que refletem as atividades da unidade básica de pesquisa nas instituições de ciência e tecnologia modernas. A possibilidade de aprofundar o estudo do Diretório CNPq como uma fonte de informação para a construção de um mapa de

capacidades e recursos de pesquisa em biotecnologia, procurando conhecer a articulação de técnicas dentro e entre os grupos, aparece como o próximo passo para complementar a agenda de pesquisa que inicia-se com este artigo.

### Referências bibliográficas

ARUNDEL, A. (2003): "Biotechnology Indicators and Public Policy", *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, 2003/5, OECD Publishing.

ARUNDEL, A.; VAN BEUZEKOM, B. y GILLESPIE, I. (2007): "Defining biotechnology - carefully". *TRENDS in Biotechnology*, vol. 25, nº 8, pp. 331-332.

BIANCHI, C. (2009): "Área de Biotecnologia: Análise do Programa de Subvenção - MCT - FINEP", Nota Técnica No 2., Rio de Janeiro, Observatório de Políticas de Inovação e Produção no Brasil, RedeSist, Instituto de Economia, UFRJ.

BRASIL, GOVERNO FEDERAL (2007): "Política de Desenvolvimento da Biotecnologia".

BRASIL, GOVERNO FEDERAL (2008): "Política de Desenvolvimento Produtivo".

BRASIL, MINISTÉRIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA (MCT) (2007): "Plano de Ação 2007-2010 da Ciência, Tecnologia e Inovação para o Desenvolvimento".

41

BRASIL, MINISTÉRIO DE DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR (MDIC) (2003): "Diretrizes de Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior".

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. (MS) (2006): "Política Nacional de Ciência Tecnologia e Inovação em Saúde", Brasília, Ministério da Saúde.

CASSIOLATO, J.; ZUCOLOTO, G.; RAPINI, M. y ANTUNES, S. (2009): "The recent evolution of the Biotech local innovation system of Minas Gerais: university, local firms and transnational corporations", UNIDDEV Project Working paper.

COLLINS, H. (1974): "The TEA Set: Tacit Knowledge and Scientific Networks", *Science Studies*, vol. 4, pp. 65-86.

CORTRIGHT, J. y MAYER, H. (2002): *Signs of Life: The Growth of Biotechnology Centers in the U.S.*, The Brookings Institution Center on Urban and Metropolitan Policy.

COOKE, P. (2001): "Biotechnology Clusters in the U.K.: Lessons from Localisation in the Commercialisation of Science", *Small Business Economics*, vol. 17, pp. 43-59.

FONSECA, M. da G. (2009): “Documento Setorial: Biotecnologia”, Projeto Perspectivas do Investimento no Brasil. Sistema Produtivo: Baseados em ciência. BNDES, UFRJ y Unicamp.

GADELHA, C. (1990): “Biotecnologia em Saúde: um estudo da mudança tecnológica na indústria farmacêutica e das perspectivas de seu desenvolvimento no Brasil”, Master dissertation, IE - UNICAMP, Campinas.

GERTLER, M. y VINDORAI, T. (2009): “Life Sciences and Regional Innovation: One Path or Many?”, *European Planning Studies*, vol. 17, nº 2, pp 235-261.

GIBBONS, M.; LIMOGES, C.; NOWOTNY, H.; SCHWARTZMAN, S.; SCOTT, P. y TROW, M. (1997): *La nueva producción de conocimiento. La dinámica de la ciencia y la investigación en las sociedades contemporáneas*, Barcelona, Ediciones Pomares-Corredor S.A.

JORNAL DA CIÊNCIA (2010): “Ciência rural turbina publicação no país”, 28 de Julho de 2010. Disponible em: <http://www.jornaldaciencia.org.br/Detail.jsp?id=72446>.

JUDICE, V. y VEDOVELLO, C. (2007): “Biotechnology innovation system in Brazil: an exploratory study”, Research Paper 13/07, BRICS, REDESIST, IE, UFRJ.

LASTRES, H.; CASSIOLATO, J. y ARROIO, A. (2005): “Sistemas de inovação e desenvolvimento: mitos e realidades da economia do conhecimento”, em H. M. M., Lastres; J. E. Cassiolato y A. Arroio (orgs.): *Conhecimento, sistemas de inovação e desenvolvimento*, Rio de Janeiro, Editora da UFRJ e Contraponto.

MENDONÇA, M. A. y FREITAS, R. (2008): “Biotecnologia: perfil dos grupos de pesquisa no Brasil”, Apresentado em: XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, Rio Branco.

MILLER, H. (2007): “Biotech’s defining moments”, *Trends Biotechnology*, vol. 25, pp. 56-59.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD) (2005): “A framework for biotechnology statistics”, OECD.

ORSENIGO, L. (1989): *The emergence of biotechnology*, Londres, Pinter Publishers.

PISANO, G. (2006): *Science Business. The promise, the reality and the future of biotech*, Boston, Harvard University Press.

RAPINI, M. (2007): “Interação Universidade-Empresa no Brasil: Evidências do Diretório dos Grupos de Pesquisa do CNPq”, *Estudos Econômicos*, vol. 37, nº 1, pp. 211-233.

REDESIST (2010a): “Análise das políticas de APLs no Brasil”, Seminário de pesquisa 18 a 21 de maio, Rio de Janeiro.

REDESIST (2010b): “Elementos para o desenvolvimento de uma tipologia de APLs - GTP-APL/MDIC”, Seminário Rio de Janeiro, 4 a 6 de Agosto de 2010.

SUTZ, J.; BIANCO, M.; BIANCHI, C.; BIELLI, A.; BUTI, A.; GUERRA, G.; HEIN, P.; IBARRA, R.; MUJICA, A.; ROCCA, P. y ZAMALVIDE, M. (2003): *Grupos de investigación en la Universidad de la República*, Montevideo, CSIC.

ZELLER, C. (2001): “Clustering Biotech: A Recipe for Success? Spatial Patterns of Growth of Biotechnology in Munich, Rhineland and Hamburg”, *Small Business Economics*, vol. 17, pp. 123-141.



## Gestão do conhecimento científico e tendências científicas em biotecnologia na Venezuela

### *Management of scientific knowledge and scientific trends: biotechnology in Venezuela*

Maria de Fátima Ebole de Santana, Rosalba Gómez Martínez, Nei Pereira Jr. e Adelaide Maria de Souza Antunes \*

Este artigo apresenta um estudo da gestão do conhecimento e análise de tendências científicas em biotecnologia na Venezuela, provendo uma visão do perfil de desenvolvimento regional científico e em relação aos temas que englobam as áreas abrangidas pela biotecnologia, ambos baseados na análise de publicações científicas do país no período de 1995 a 2010. A pesquisa foi realizada na base de dados *ISI Web of Science* utilizando 60 termos selecionados por especialistas em biotecnologia. Um conjunto de 803 registros foi organizado e indicadores científicos foram produzidos através da utilização de ferramentas de mineração de dados/textos e uma análise da gestão do conhecimento e tendências científicas foi realizada. Foi possível observar número maior de publicações nas áreas: Ecologia e Ciências da Vida, com maior frequência de termos em competência PCR, DNA e Biodiversidade. Os resultados apontam os Estados Unidos como principal país parceiro externo nas publicações científicas, seguido da Espanha e da França. Também foi possível verificar grande rede de cooperações com outros países latino-americanos como Brasil, Colômbia e Chile. Constatou-se que o conhecimento científico em biotecnologia na Venezuela é desenvolvido por instituições públicas: universidades e centros de pesquisas governamentais, destacando-se: Universidad Central de Venezuela e Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas.

**Palavras-chave:** biotecnologia, gestão do conhecimento, redes tecnológicas, Venezuela

45

*This paper presents a study on knowledge management and the analysis of scientific biotechnology trends in Venezuela. It provides an overview of the science profile as well as its regional development and its relation to issues of topics covered by biotechnology, based on the analysis of scientific publications for the period 1995-2010. The survey was accomplished through the database ISI Web of Science, using 60 terms selected by experts in biotechnology. A set of 803 registers has been organized. Scientific indicators were produced using data/text mining tools in order to perform an analysis of knowledge management and scientific trends. This made possible the finding of a greater number of scientific publications in areas such as Ecology and Health, showing a greater frequency in terms competence (such as DNA, PCR and Biodiversity). Results pointed out that the United States is the main foreign partner-country of scientific publications, followed by Spain and France. A cooperation network with other Latin American countries (Brazil, Colombia and Chile) was also verified. Results showed that scientific knowledge is being developed by certain public institutions such as universities and government research centers, especially the Universidad Central de Venezuela and the Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas.*

**Key words:** biotechnology, knowledge management, technological networks, Venezuela

\* *Maria de Fátima Ebole Santana:* Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos da Escola de Química/UFRJ. *Rosalba Gómez Martínez:* Licenciada em Biologia na Universidad Central de Venezuela, Ph.D. em Sistemática Vegetal pela Reading University. *Nei Pereira Jr.:* Professor Titular da Escola de Química da UFRJ; Engenheiro Químico (EQ/UFRJ, 1977); Mestre em Tecnologia de Processos Bioquímicos (EQ/UFRJ, 1982) e Doutor em Biotecnologia (The Victoria University of Manchester, UK, 1991). *Adelaide Maria de Souza Antunes:* Especialista Sênior do Instituto Nacional da Propriedade Industrial - INPI, Professora permanente do Mestrado Profissional em PI e Inovação do INPI, Professora permanente do Programa de Pós-Graduação de Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos da Escola de Química da UFRJ. Engenheira Química (EQ/UFRJ), Mestre em Engenharia Química (COPPE/UFRJ), Doutora em Engenharia Química (COPPE/UFRJ) e Pós-Doutorado pelo Instituto Francês de Petróleo - IFP, França.

## Introdução

Uma das características marcantes do mundo contemporâneo é a constante modificação do seu perfil, estando sujeito a transformações e mudanças contínuas que envolvem uma complexidade de dimensões até poucos anos atrás inimagináveis. A todo o momento, se delineiam horizontes diferentes e múltiplas perspectivas sobre os eventos e os acontecimentos surgem.

O progresso tecnológico tem sido a força motriz dominante na sociedade moderna conduzindo a uma ampla difusão dos produtos da atividade racional, científica, tecnológica e administrativa que, por sua vez, requerem novas formas de gestão (Antunes et al, 2008). Esse progresso tecnológico proclamou um novo paradigma baseado no desenvolvimento de um conjunto de tecnologias intensivas em conhecimento científico. Essas tecnologias correspondem a uma série de aplicações de descobertas científicas, cujo núcleo central consiste no desenvolvimento de uma capacidade cada vez maior de gestão da informação e do conhecimento, assim como, de suas aplicações direta no processo produtivo. Nesse cenário contemporâneo, os bens intangíveis como: o conhecimento (*know how*), o capital intelectual e as patentes tornam-se variáveis cada vez mais estratégicas e passam a ser mais valorados, de modo a ocupar o centro das formas contemporâneas de acumulação do capital.

46

O grande desafio do século XXI é o de aprimorar e adotar modelos de gestão capazes de favorecer a sinergia entre as atividades de ciência e tecnologia e o desenvolvimento econômico-social, além da promoção dessas atividades em rede (Canongia et al, 2004). Neste contexto, a biotecnologia é considerada uma das ferramentas tecnológicas mais importantes da atualidade. É tida como uma das tecnologias portadoras de futuro e suas aplicações têm contribuído para a estruturação de novos sistemas econômicos e sociais (Santana, 2008; Apud MCT, 2003). A biotecnologia representa um conjunto de tecnologias que “utilizam sistemas biológicos, organismos vivos ou seus derivados para a produção ou modificação de produtos e processos para uso específico” (Convenção da Biodiversidade, 1992). Tem contribuído para gerar novos serviços de alto impacto em diversos segmentos industriais, com implicações na área da saúde onde assistimos a uma verdadeira revolução no tratamento de doenças e no uso de novos medicamentos para humanos; na área agrícola com a reprodução de espécies vegetais e no desenvolvimento de alimentos funcionais, na indústria química e petroquímica com a recuperação e tratamento de resíduos e efluentes; na utilização sustentável da biodiversidade, na indústria têxtil com o desenvolvimento de corantes biodegradáveis e novos materiais, dentre outras áreas.

Avaliando o potencial de aplicação da biotecnologia moderna para os próximos 20 anos, algumas áreas, de acordo especialistas da área, apresentam um grande impacto no futuro, sendo estas: a proteômica (identificação espacial das estruturas das proteínas) e a genômica, a farmacogenômica, biomateriais, bioengenharia e

engenharia genética, alimentos geneticamente modificados e a biologia sintética (Krattiger, 2002).<sup>1,2</sup>

Diante destas perspectivas promissoras, o monitoramento e a exploração dos avanços científicos e das tendências nesta área do conhecimento tornam-se essenciais para a busca de oportunidades em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e também para as potenciais inovações e oportunidades de negócios, tanto em países desenvolvidos como para economias emergentes, como é o caso da Venezuela.

Países ricos em biodiversidade, como é o caso da Venezuela, Brasil, Colômbia e Peru, entre outros, têm tentado desenvolver ou mesmo fortalecer capacidades nacionais em ciência e tecnologia (através do melhoramento da infraestrutura científica representada por laboratórios, da maior participação em redes de especialistas, da formação de recursos humanos, do aumento das publicações nacionais ou internacionais) que permitam uma melhor otimização e aplicação dos recursos científicos e econômicos e que possam gerar produtos tecnológicos baseados em uma biotecnologia desenvolvida nacionalmente (Torres e Velho, 2009).

Nesta conjuntura, visando dar suporte aos *stakeholders* no processo de tomada de decisão de investimento, este artigo apresenta as tendências científicas para a biotecnologia na Venezuela, mapeadas através de um conjunto de variáveis tais como: a identificação dos atores envolvidos bem como das parcerias institucionais, a formação de redes e as principais revistas de publicação dos artigos, utilizando para tal a análise de publicações científicas de circulação internacional deste país para o período de 1995 a 2010.

47

## **1. Biotecnologia, O Mercado Global e os Programas Governamentais em Biotecnologia na Venezuela**

Há séculos o Homem utiliza a biotecnologia no seu cotidiano, sendo relatadas na literatura as primeiras ações por volta do ano 2000 a.C. quando os humanos aprenderam a arte de cruzar espécies de plantas e animais, assim como o desenvolvimento das técnicas de fermentação para produção do pão e do álcool. Desde então, a evolução do conhecimento foi contínua e a ciência passou a concentrar esforços para identificar e utilizar microorganismos que podiam ter aplicações úteis para a indústria como, por exemplo, a produção de vacinas e antibióticos. Porém, o grande marco foi a identificação do DNA como material genético em 1944 por Avry Macleod e MCCarty e, posteriormente, a elucidação da

1. A engenharia genética designa uma técnica que permite a intervenção no genoma de um organismo, construindo novos genomas por recombinação de segmentos genômicos de um mesmo (introdução de um DNA) ou de diferentes cromossomas.

2. A biologia sintética é uma tecnologia que permite obter um novo código genético usando DNA fabricado, a partir do qual é possível projetar e construir, ou re-programar, organismos vivos para que executem tarefas diferentes das que seriam naturais. Mais recentemente, o termo tem sido utilizado de uma forma diferente, assinalando uma nova área de pesquisa que combina biologia e a engenharia para projetar e construir novas funções e sistemas biológicos (Revista FAPESP, 2010).

estrutura helicoidal em 1953, por Jim Watson e Francis Crick, por meio da qual se passou a explicar a transmissão hereditária (Larousse, 1978).

Porém, foi a partir de 1970 com a “Era da biotecnologia moderna” que os avanços tecnológicos revolucionaram a indústria como um todo. A descoberta realizada por Stanley Cohen e Hebert Bayer possibilitou reprogramar microorganismos de modo a obter certas características desejáveis, como animais e plantas transgênicos, o que passou a ser de grande interesse para várias indústrias como a química, a farmacêutica, a agricultura ou alimentos, a de tratamento de efluentes, entre outras. Em síntese, pode-se considerar que a ruptura entre a biotecnologia tradicional e a nova biotecnologia está concentrada nas manipulações do material genético e na criação de novos organismos (Gassen, 2000; Apud Santana, 2006).

À medida que o progresso tecnológico avança baseado nas Ciências da Vida, as possibilidades comerciais de se obterem produtos com maior valor agregado ou com menor custo de produção se multiplicam, atraindo um número cada vez maior de empresas de vários setores. Pode-se considerar que os mercados globais biotecnológicos mais explorados são os das áreas agrícola/alimentícia e saúde/farmacêutica.

Do ponto de vista econômico, a biotecnologia é um dos maiores focos de atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação em todos os países industrializados (Baker, 2005) e vem se tornando cada vez mais área prioritária também em países em desenvolvimento, devido estes possuírem grande biodiversidade.

48

A indústria da Biotecnologia vem crescendo rapidamente nos últimos anos, tendo mais que dobrado seu faturamento mundial no último decênio, passando de US\$ 8 bilhões em 1993 para US\$ 20 bilhões em 1999 (Macarenhas, 2001; Apud Ernst & Young, 2000). As cifras desse mercado não são muito concordantes. De acordo com a Biotechnology Industry Organization (2007), o mercado mundial de biotecnologia movimentou recursos de cerca de US\$ 410 bilhões por ano (2005), sendo uma indústria de valores expressivos. Segundo Ernest & Young LLP (2010) somente os Estados Unidos movimentou recursos da indústria da biotecnologia da ordem de US\$ 3,7 bilhões em 2009.

Na Venezuela as políticas governamentais de apoio ao desenvolvimento e financiamento em biotecnologia se iniciam na década de 1980 com a promoção de vários Programas dedicados a temática sob a coordenação do Conselho Nacional de Ciência e Tecnologia (CONICIT). Existe no país uma estrutura governamental direcionada para o desenvolvimento da área que permeia vários ministérios como: o Ministério de Ciência e Tecnologia e Inovação (MCTI), o Ministério do Ambiente Agricultura e Terras, Alimentação, Indústria e Comércio; o Ministério da Produção e Comércio; o Ministério da Saúde e Desenvolvimento Social. Além também do governo atuar através dos seus organismos adscritos, os setores acadêmico e privado.

O financiamento da pesquisa biotecnológica é realizado através de diferentes organismos: federais, privados e internacionais. A Lei Orgânica de Ciência, Tecnologia e Inovação (Decreto No. 1.290 de 26.09.01) define alguns organismos

promotores em âmbito nacional, sendo o Fundo Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (FONACIT) seu principal ator em nível nacional.

Foi nos finais dos anos de 1990 e meados da década de 2000 que o FONACIT financiou um conjunto significativo de projetos na área de biotecnologia através de um convênio entre Banco Interamericano de Desenvolvimento BID e o FONACIT (BID-FONACIT), que permitiu direcionar importantes recursos para a pesquisa nesta área no país. Existiram dois grandes projetos: BID-FONACIT I e BID-FONACIT II (2005). Esses dois programas financiaram projetos liderados por institutos de pesquisas adscritos ao MCT, como o Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC), a Fundación Instituto de Estudios Avanzados (IDEA), o Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), entre outros.

Em sua segunda fase o BID-FONACIT II financiou 36 projetos em áreas de pesquisa que envolve a Biotecnologia, com os objetivos de fortalecer redes, P&D, formar recursos humanos, melhor infraestruturas aos centros de pesquisa e a transferência de tecnologia. São exemplos de áreas prioritárias apoiadas: melhoramento vegetal e animal, tecnologia de alimentos, imunologia e bioinformática, diagnóstico e prospecção sobre biotecnologia e detecção de organismos geneticamente modificados (Melendez et al, 2007).

Outro marco nessa trajetória foi o lançamento da Missão Ciência por parte do MCT em 2006, que orientou importantes investimentos para projetos colaborativos em áreas específicas priorizadas pelo ministério, sendo uma delas a biotecnologia.

49

## 2. Procedimentos de recuperação dos documentos

A pesquisa baseou-se na recuperação de publicações científicas coletadas da base de dados *ISI Web of Science: Science Citation Index Expanded -SCIE* (1945-2011), *Social Sciences Citation Index -SSCI* (1956-2011) e *Arts & Humanities Citation Index -A&HCI* (1975-2011). Trata-se de uma fonte de dados bibliográficos que é referência internacional para geração de indicadores de C&T e Inovação. Para alcançar o objetivo proposto em relação à mineração da produção científica em biotecnologia da Venezuela para o período de 15 anos (1995 a 2010), 60 termos distintos (**Tabela 1**), a partir de uma seleção por especialistas da área de biotecnologia buscados nas bases do CvLAC Venezuela (Plataforma Lattes), Plataforma Lattes CNPq/Brasil, pesquisadores entrevistados e, por seleção a partir de referências bibliográficas, foram utilizados para início das buscas na base de dados *ISI Web of Science*. Cabe ressaltar que a escolha dos especialistas foi realizada de modo a representar todo o universo abrangido pela biotecnologia. Para analisar as temáticas das publicações científicas de circulação internacional utilizou-se os campos de Títulos, Resumo e Palavra-chave.

O tratamento da informação a partir dos artigos recuperados foi realizado utilizando-se um software *Vantage Point(r)* como ferramenta de *text* e *data mining*, de modo a ampliar e enriquecer os resultados. Esta ferramenta de gestão da informação permite apresentar correlações de diferentes variáveis de interesse, bem como

visualizar mapas de colaborações entre instituições e países, identificar as principais revistas de publicação, identificar os *top termos* ou termos mais freqüentes e construir série histórica de uma determinada variável, entre outras possibilidades.

Macro-indicadores são gerados, usando as fontes de mineração de texto e de dados, provendo um panorama holístico da produção científica para Biotecnologia na Venezuela, abordando os principais aspectos:

- Número total de artigos publicados por ano (1995 a 2010) e a tendência de publicação relativa aos termos mais freqüentemente utilizados na biotecnologia;
- Principais áreas do conhecimento e número de artigos publicados relativo aos termos usados na biotecnologia;
- Principais periódicos em que as instituições publicam artigos com os termos mais freqüentes na biotecnologia;
- Número de artigos publicados por instituições e mapas de colaboração entre instituições e países permitindo identificar redes de parcerias.

**Tabela 1. Termos relacionados à biotecnologia utilizados para busca inicial na base de dados ISI Web of Science**

Antisense	Biomateriais	Engenharia de proteínas	OGM
Antígeno recombinante	Biopolímero	Engenharia genética	Proteína
Biodiversidade	Bioprocesso	Engenharia metabólica	Proteína recombinante
Biocatalisador	Bioprospecção	Engenharia molecular	Proteoma
Biocombustível	Biorreator	Expressão gênica	Proteômica
Bioeconomia	Biorremediação	Farmacogenômica	PCR
Bioengenharia	Biosensor	Fitorremediação	RNA
Bioética	Biossorção	Gene	Sequenciamento de DNA
Biofiltração	Biossurfactante	Genética	Sequenciamento de RNA
Bioindústria	Biosulfurização	Genoma	Transcriptoma
Bioinformática	Biotecnologia	Genômica	Transgênico
Biolixiviação	Células-tronco	Microbiota	Terapia celular
Biologia computacional	Clonagem	Modelagem biológica	Terapia gênica
Bioma	Células T	Nanobiotecnologia	Terapia molecular
Biomassa	DNA	Peptídeo	Vacina

Fonte: Elaboração própria

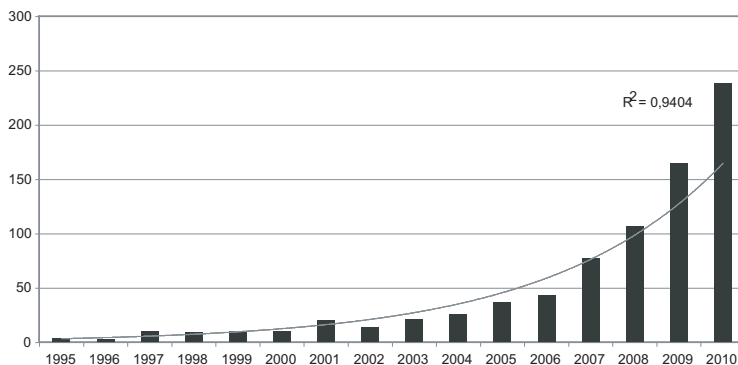
## 2.a. Resultados e discussões

### ***1. Panorama global do desenvolvimento científico em biotecnologia no país***

Com respeito à produção científica sobre a área de biotecnologia para o período compreendido entre 1995 e 2010, foi recuperado um total de 803 documentos contendo os termos selecionados pelos especialistas nos campos de título, resumo e palavras-chave, tendo como país de origem a Venezuela. Ao observar o número de artigos acumulados no período, nota-se uma tendência crescente de publicações, o que denota uma atividade científica intensiva nestes últimos 15 anos, notadamente

nos últimos 5 anos, apresentando uma tendência exponencial de crescimento, com aumento da produção maior que 5.900%, como pode ser visto no **Gráfico 1**.

**Gráfico 1. Evolução temporal do número de publicações científicas para biotecnologia na Venezuela (1995 a 2010)**

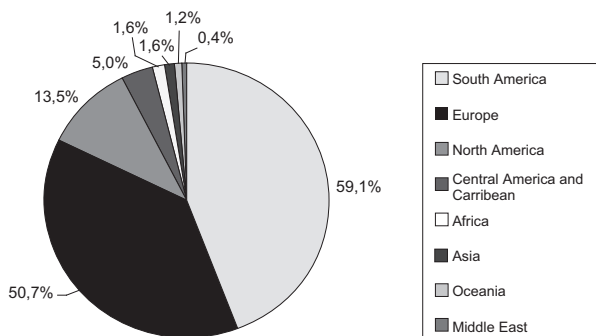


Fonte: Elaboração própria

Através de uma análise macro pode-se observar que estas publicações ocorrem em colaboração com autores de outros países. A América Latina se apresenta como a região de maior parceria em relação a publicações científicas na área da biotecnologia com a Venezuela (59,1%), incluindo a Venezuela neste grupo, seguida da Europa (50,7%) e posteriormente a América do Norte (13,5%). O **Gráfico 2**, a seguir, apresenta essa distribuição por região.

51

**Gráfico 2. Distribuição % das publicações científicas Venezuelana em biotecnologia com as demais regiões (1995-2010)**



Fonte: Elaboração própria

Com respeito aos termos mais frequentes utilizados para área da biotecnologia na Venezuela, percebe-se uma grande dispersão em relação aos mesmos, ou seja, aparecem como resultado mais de 2.000 termos diferentes (*key words*) descritos pelos autores nas publicações científicas como exemplos: *Leishmania*, *Chagas disease*, *Hypertension*, entre outros, que não foram utilizados como descritores iniciais na realização da busca na base de dados. Quanto à análise específica destes termos, observa-se que alguns termos como PCR e DNA, inicialmente utilizados nas buscas na base de publicações científicas *ISI Web of Science*, são frequentemente utilizados praticamente desde o início do período analisado, ou seja, desde 1998, estando estes associados às técnicas da biotecnologia moderna. Outros termos como “Proteômica” (3 artigos publicados em 2007, 2008 e 2009) e “Células-tronco” (1 artigo publicado em 2008) são menos frequentes, porém, estão relacionados às tecnologias mais avançadas portadoras de futuro dentro da biotecnologia moderna, sendo citados no Brasil pelo Comitê Nacional de Biotecnologia (2008) dentro das áreas de fronteira da biotecnologia. Segundo Krattiger (2002), algumas áreas da biotecnologia terão um grande impacto no futuro próximo no desenvolvimento de novas tecnologias e aplicações, sendo estas: a genômica, a transcriptômica, a proteômica, farmacogenômica, bioengenharia, biomateriais e a biologia sintética e, alguns termos relacionados às estas temáticas foram detectados nesse conjunto de dados. A **Tabela 2** apresenta os termos com mais de 3 citações relacionados à área da biotecnologia e referente ao ano onde este foi primeiramente utilizado e o último ano de citação, respectivamente.

52

Termos inicialmente utilizados na busca como PCR, DNA, Biotecnologia, Biodiversidade, Biomaterial, Vacina, entre outros, listados na **Tabela 1**, foram identificados dentro do conjunto de 2.000 termos encontrados. Alguns termos listados na **Tabela 1** encontram-se assinalados em negrito na **Tabela 2** a seguir, e representam 1,5 % do total de termos encontrados relacionados à área da biotecnologia.



**Tabela 2. Termos com mais de 3 citações utilizados pelos autores nos campos de título, resumo e palavra-chave nos artigos publicados na Venezuela e os anos de primeiro e última publicação**

N° de Artigos	Termo Mais Frequente	N° de Artigos	Termo Mais Frequente
	(Palavras-chave)		(Palavras-chave)
48	<b>PCR</b> (1998 – 2010)	6	Taxonomy (1998 – 2010)
38	<b>DNA</b> (1998 – 2010)	6	Malaria (1998 – 2009)
18	<b>Biodiversity</b> (2005 – 2010)	5	Biogeography (2007 – 2009)
17	Chronic liver diseases (2004 – 2010)	5	Dengue (2009 – 2010)
16	<b>Genetics</b> (2002 – 2010)	5	ELISA (2001 – 2009)
15	<i>Trypanosoma cruzi</i> I (2003 – 2010)	4	<b>Gene expression</b> (2004 – 2010)
14	Leishmania (1999 – 2010)	4	Hypertension (2004 – 2010)
12	Immune system (2000 – 2010)	4	<b>Molecular diagnosis</b> (2007 – 2010)
11	Chagas disease (1998 – 2010)	4	<b>Biomaterial</b> (1997 – 2009)
10	Ecology (1999 – 2010)	3	Cardiovascular disease (2008 – 2010)
10	Phylogeny (2002 – 2010)	3	Computational screening (1999 – 2009)
8	Genotype (2007 – 2010)	3	<b>Vaccine</b> (2002 – 2010)
7	<b>Recombinant protein</b> (2002 – 2010)	3	Antibacterial (2001 – 2009)
7	<b>T cells</b> (2003 – 2010)	3	Biofluids (2001 – 2008)
6	Bacteria (2007 – 2010)	3	Biomarkers (2007 – 2010)
6	Biodegradation (2000 – 2008)	3	<b>Biomass</b> (2009 – 2010)
6	Bovine (2004 – 2010)	3	<b>Biotechnology</b> (1997 – 2005)
6	Fish (2007 – 2009)	3	Growth factors (2001 – 2005)
6	Gastric pathologies (2001 – 2010)	3	<b>Proteomic</b> (2007 – 2009)

Fonte: Elaboração própria

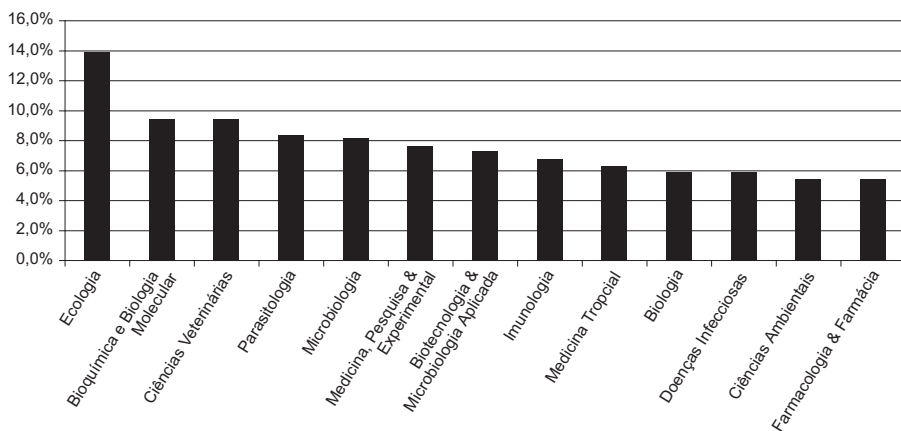
53

Do total de publicações científicas encontradas, observa-se que 23% mencionam uma aplicação potencial e as demais publicações restantes, por se tratarem de uma pesquisa básica, não tem identificação precisa de uma possível aplicação. Porém, os dados coletados apontam que a pesquisa científica em biotecnologia na Venezuela está voltada para estudar aspectos muito relevantes para os problemas sociais do país, principalmente relacionados às doenças tropicais.

### ***ii. Perfil do desenvolvimento científico em biotecnologia***

Por sua intrínseca característica da multidisciplinaridade, a biotecnologia permeia várias áreas do conhecimento e, quando se analisa a frequência de publicação científica por área, observa-se uma predominância na área da Ecologia (13,9%), seguida das áreas: Bioquímica e Biologia Molecular e Ciências Veterinárias, ambas representando 9,4% do total de artigos, respectivamente. Porém, ressalta-se a grande dispersão das publicações científicas por todas as áreas temáticas. O **Gráfico 3** apresenta essa distribuição percentual para as 13 áreas do conhecimento com números de publicações superiores a 30.

**Gráfico 3. Distribuição percentual das publicações científicas da biotecnologia pelas áreas do conhecimento indexados na base de dados (1995 a 2010)**



Fonte: Elaboração própria

54

Dos 803 artigos publicados em revistas indexadas internacionalmente nota-se uma tendência de publicação as seguintes principais temáticas: Veterinária (%) e Saúde (%). Cabe ressaltar que estas áreas temáticas coincidem com as principais palavras-chave identificadas anteriormente. Outro aspecto a ser observado é a regionalidade das 20 principais revistas, ou seja, a maioria dos artigos científicos venezuelanos é submetida em periódicos de países da América Latina (47,6%), predominantemente em revistas indexadas venezuelanas (33% do total). Este indicador reflete a pouca dinâmica de cooperação internacional dos grupos de pesquisa venezuelanos. Entre os títulos das revistas indexadas, *Revista Científica Facultad de Ciencias Veterinárias* possui o maior número de artigos (42), seguida de outras revistas como a *Interciencia* (41) e a *Investigacion Clinica* (34). A **Tabela 3** apresenta as 21 principais revistas com número de publicações científicas superiores a 5 artigos.

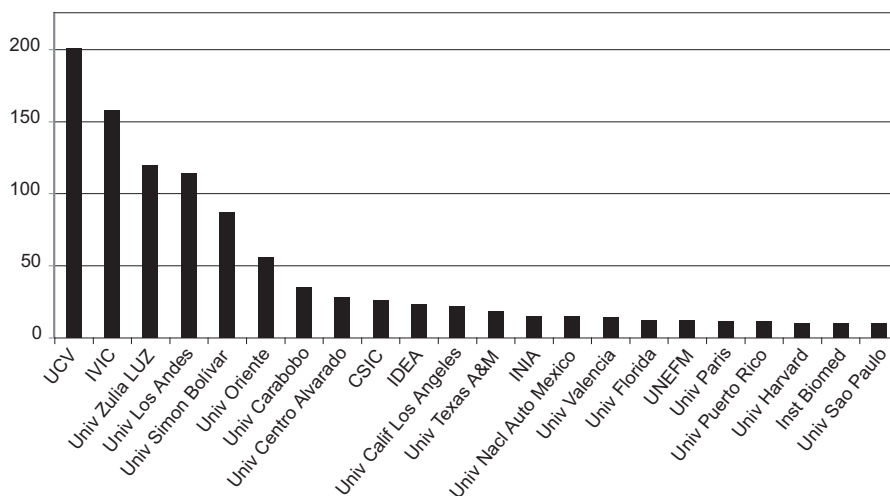
**Tabela 3. Principais revistas indexadas internacionalmente com artigos relacionados à biotecnologia**

Revistas Indexadas	País	Número de Artigos	Revistas Indexadas	País	Número de Artigos
<i>Revista Científica Facultad de Ciencias Veterinárias</i>	Venezuela	42	<i>Conservation Biology</i>	EUA	6
<i>Interciencia</i>	Venezuela	41	<i>Molecular and Biochemical Parasitology</i>	EUA	6
<i>Investigación Clínica</i>	Venezuela	34	<i>Plos One</i>	EUA-Inglaterra	6
<i>Revista de Biología Tropical</i>	Costa Rica	12	<i>American Journal of Therapeutics</i>	EUA	5
<i>Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia</i>	Venezuela	10	<i>Biomedica</i>	Colômbia	5
<i>Acta Microscopica</i>	Venezuela	9	<i>Parasitology Research</i>	Alemanha	5
<i>American Journal of Tropical Medicine and Hygiene</i>	EUA	8	<i>Revista Chilena de Infectología</i>	Chile	5
<i>Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia</i>	Venezuela	8	<i>Soil Biology &amp; Biochemistry</i>	Inglaterra	5
<i>Boletín de Malariología y Salud Ambiental</i>	Venezuela	7	<i>Talanta</i>	Holanda	5
<i>Science</i>	EUA	7	<i>Veterinary Parasitology</i>	Índia	5
<i>Toxicon</i>	EUA	7			

Fonte: Elaboração própria

Considerando a vinculação institucional dos autores, observa-se a existência de 290 instituições, demonstrando uma dispersão elevada entre as instituições autoras. Cabe ressaltar que algumas instituições apresentam destaque com relação ao número de publicações, sendo estas: a Universidad Central de Venezuela (UCV) representando 201 artigos (25,0%), seguido do Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC) com 158 (19,7%) e da Universidad de Zulia (LUZ) com 120 (14,9%), artigos respectivamente. Outro aspecto observado é a predominância de instituições públicas governamentais, sejam estas universidades ou centros de pesquisa, evidenciando a concentração das atividades em biotecnologia em nível acadêmico e investigativo por parte de instituições públicas ou corporações sem fins lucrativos. Cabe ressaltar também o pequeno número de publicações científicas indexadas por empresa venezuelana no período observado, menos de 1%, o que indica um pequeno número de empresas atuando na referida área ou que estas ainda estão consolidando suas capacidades. O **Gráfico 4** apresenta as instituições que publicaram mais de 10 artigos no período observado.

**Gráfico 4. Principais instituições com publicação em biotecnologia na Venezuela (1995 a 2010)**



56

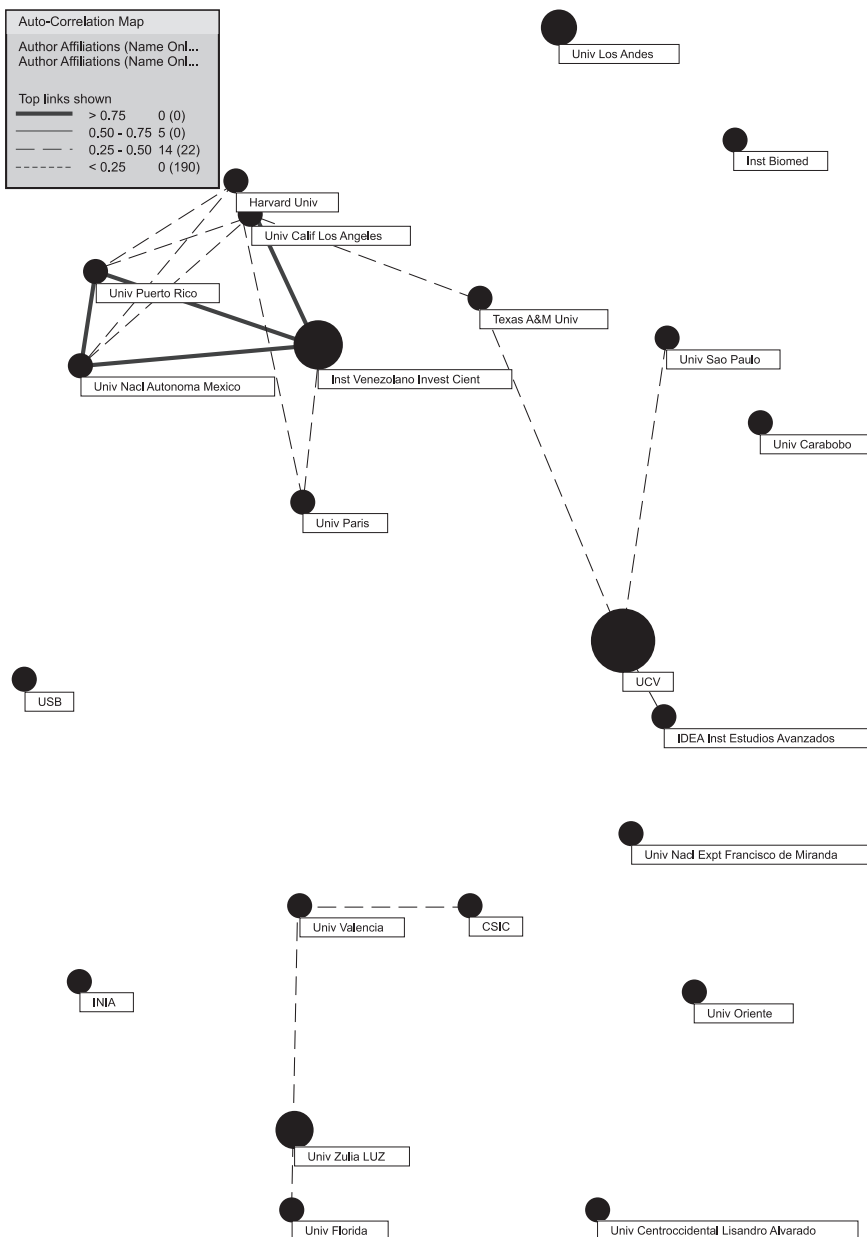
### 3. Mapas do conhecimento e formação de redes de colaboração

No que tange a análise das relações entre os agentes que compõe o Sistema Organizacional de Ciência, Tecnologia e Inovação de um país, muitos autores referem-se à idéia central da valorização da formação de redes e as interações entre os componentes deste sistema, sendo os principais atores: as instituições, as organizações e os indivíduos, de modo a promover a difusão e o uso dos novos conhecimentos científicos (Freeman, 1987). Nesse sentido buscou-se observar neste estudo como estes atores relacionam entre si utilizando como instrumento o número de publicações científicas em cooperação entre instituições e entre países, ou seja, uma análise dos vínculos estabelecidos entre as organizações e, em um nível macro, as relações internacionais desenvolvidas por estas instituições de P&D. A melhor forma de representação destas colaborações é a visualização de mapas do conhecimento onde fica nítida a existência ou não de correlações e o seu grau de sua intensidade, o que fornecem aos tomadores de decisão subsídios estratégicos no planejamento futuro das atividades nacionais de CT&I.

Na Venezuela, para a área da biotecnologia, no que se refere ao mapa da rede de autorias dos artigos, identifica-se uma intensa colaboração entre diferentes instituições, porém, principalmente entre instituições venezuelanas, isto é, 98,8% dos artigos com colaboração interna, o que corrobora a vontade de desenvolver capacidade endógena dos grupos venezuelanos para realizar trabalhos e publicar artigos com pequeno apoio de cooperação internacional. Percebem-se três grupos

com forte colaboração, na qual se destacam as universidades: Universidad Central de Venezuela (UCV), Universidad de Zulia (LUZ), Instituto de Estudios Avanzados (IDEA) e o Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC). Estas colaborações entre as instituições venezuelanas demonstram que as relações estão baseadas mais fortemente no modelo de interação entre universidades, centros de pesquisa e fundações não governamentais de pesquisa e pouco com empresas. Cabe ressaltar, esse cenário vem se modificando a partir da implementação da Lei Orgânica de Ciência Tecnologia e Inovação em 2001, onde o setor empresarial foi estimulado a investir mais em atividades de C,T&I internas e/ou em parcerias com instituições públicas, visando promover alianças em trabalhos científicos entre universidades ou centro de pesquisas com o setor empresarial (LOCTI, 2001). A **Figura 1** apresenta as redes de colaboração entre as instituições com mais de 10 artigos publicados.

Figura 1. Mapa de relações institucionais na área da biotecnologia para a Venezuela<sup>3</sup>



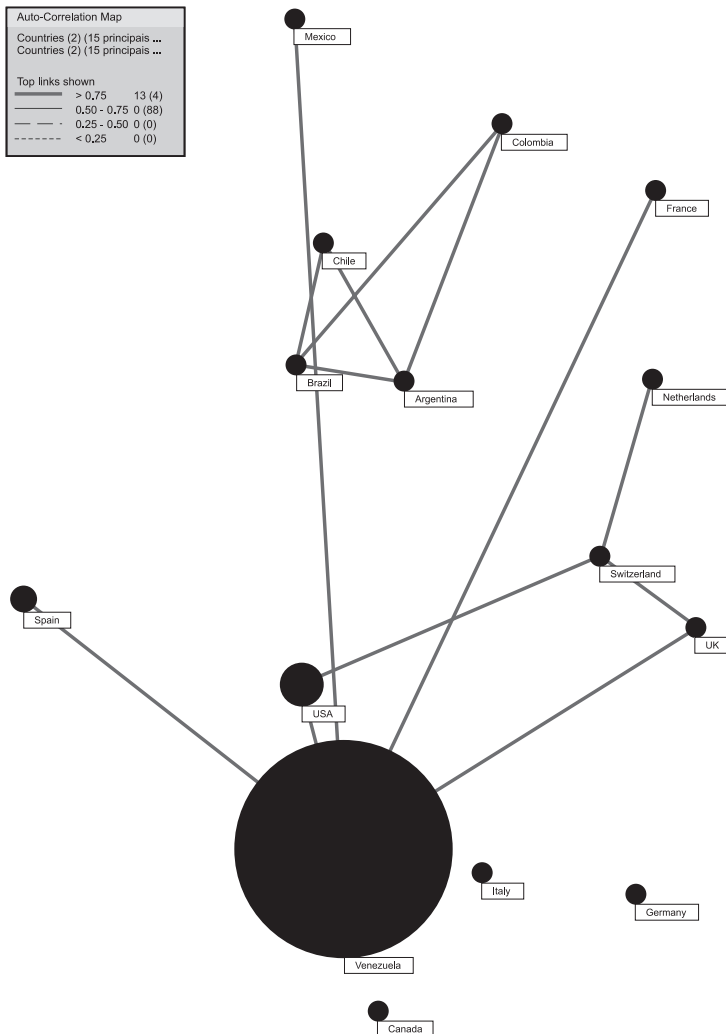
58

Fonte: Apresentação gráfica software *Vantage Point (r)*

3. O tamanho dos nódulos nos mapas do conhecimento representa o número de publicações, enquanto as linhas representam a relação entre os itens. O tamanho do nódulo maior representa maior número de publicações, enquanto a espessura das linhas representa maior intensidade de colaboração. Apresentação gráfica do software *Vantage Point(r)*.

Sob uma perspectiva macro, nota-se uma grande colaboração internacional, destacando principalmente 5 países: Estados Unidos (20,3%), Espanha (12,6%), França (7,5%), Reino Unido (6,3%) e Brasil (6,2%). Conforme visto anteriormente, quando se desenvolve um olhar mais focado na América Latina, principal bloco de cooperação científica, identifica-se que a Venezuela possui redes de colaboração científica e de pesquisa com quase todos os países. O Brasil apresenta-se como principal país co-autor em número de artigos (6,2%), seguidos da Colômbia (4,4%), da Argentina (2,9%), do Chile (2,0%) e, por fim, do Peru (1,1%) (**Figura 2**).

**Figura 2. Mapa de relações entre os 30 principais países e a Venezuela com publicações em biotecnologia**



## Considerações finais

Tradicionalmente a biotecnologia é uma tecnologia fortemente dependente dos estudos realizados na área da pesquisa básica e, o seu sucesso em qualquer país está fortemente ligado a políticas governamentais de promoção relativas à ciência e a sua difusão tecnológica.

Este artigo apresenta o crescente dinamismo da pesquisa científica da biotecnologia na Venezuela, observando um crescimento maior de 5.900%, em 15 anos, em relação ao número de publicações científicas na área, principalmente nos últimos 5 anos.

Com respeito aos termos pesquisados, identifica-se que “PCR” e “DNA” estão entre os termos mais frequentemente utilizados, sendo citados como *key words* pelos autores desde o ano de 1998 nas publicações científicas relativas a área, sendo os principais periódicos: a *Revista Científica Facultad de Ciencias Veterinarias* e a *Interciencia*. Cabe ressaltar que termos relativos a área de fronteira do conhecimento em biotecnologia também apareceram nesta pesquisa, tais como: proteômica e células-tronco, sinalizando que as pesquisas científicas nesta área na Venezuela estão em concordância com os avanços científicos mundiais.

Outro aspecto observado é que a pesquisa científica em biotecnologia na Venezuela está voltada para estudar aspectos muito relevantes para os problemas sociais do país, principalmente relacionados às doenças tropicais, o que se apresenta como um ponto de partida importante para a formulação de políticas de ciência, tecnologia e inovação, uma vez que os tomadores de decisão devem fomentar a articulação entre instituições científicas e empresas de modo a avançar etapas para solução dos problemas tecnológicos e acelerar a obtenção de produtos.

Há uma grande dispersão em relação as áreas temáticas da biotecnologia quando se observa o número de publicações científicas, contudo, concentram-se principalmente na áreas Ecologia e Bioquímica e Biologia Molecular. Destacam-se três principais instituições autoras neste cenário, sendo elas: a Universidad Central de Venezuela (UCV), o Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC) e a Universidad de Zulia (LUZ). Cabe ressaltar que as instituições realizadoras de pesquisa científica na área de biotecnologia possuem, prioritariamente, de caráter público governamental.

No que tange a análise das relações entre os agentes que compõe o Sistema Organizacional de Ciência, Tecnologia e Inovação de um país, constatou-se que para a Biotecnologia, há uma grande rede de colaboração entre as instituições nacionais e internacionais; assim como, há formação de redes entre vários países, o que apresenta um fator positivo no desenvolvimento da biotecnologia no país. Finalmente, identificaram-se os Estados Unidos como principal país co-autor nas publicações científicas relativas ao tema, porém, também há parcerias com outros países latino-americanos como o Brasil, a Colômbia e o Chile.



## Referências bibliográficas

ANTUNES, A. M. S.; CANONGIA, C.; BHRUT, E.; RODRIGUES, H. T.; PIO, M. y GIANINNE, R. (2008): "Prospección tecnológica - gestión del conocimiento y Inteligencia Competitiva: Modelos de Gestión para la Toma de Decisiones y Construcción de Futuro", en J. M. Vásquez y J. M. S. Torres (coords.): *Sinergia entre la Prospectiva Tecnológica y la vigilancia Tecnológica Y Inteligencia Competitiva*, Bogotá, Colciencias, pp. 49-83.

BAKER, S. y ASTON, A. (2005): "The Business of Nanotech". *Business Week*, vol. 14, p. 64.

BIOTECHNOLOGY INDUSTRY ORGANIZATION (2007): *Bio Editor's and Reports' Guide to Biotechnology. 2007*. Disponível em: <http://www.bio.org>.

BIOTECH GUID ERNEST & YOUNG LLP BIOWORLD (2007): *Bio Editor's and Reports' Guide to Biotechnology*, Londres, Ernest & Young. Disponível em: <http://www.bio.org>.

BURRILL, G. S. (1989): "Biotech 90: Into the Next Decade", *Biotechnology Industry Organization, International Food Information Council*, Nueva York, Mary Ann Liebert.

CANONGIA, C.; PEREIRA, M. N. F.; MENDES, C. U. S. y ANTUNES, A. M. S. (2004): "Mapeamento de Inteligência Competitiva (IC) e de Gestão do Conhecimento (GC) no Setor Saúde", *R. Eletr. Bibliotecon. Ci. Inf., Florianópolis, n. esp., 1º sem. 2004*, pp. 78-95.

CONVENÇÃO DA BIODIVERSIDADE (Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento -Rio-92) (1992): *Revista Estudos Avançados*, vol. 6, no15, pp. 193-223. Disponível em: <http://www.usp.br/iea/revista.html>.

COMITÊ NACIONAL DE BIOTECNOLOGIA (2008): *Áreas Setoriais: Saúde Humana, Ministério da Indústria e Comércio Exterior (MDIC)*, Brasília, pp. 1-12.

ERNEST & YOUNG L. L. P. (2010): *Beyond Borders Global Biotechnology Report 2010*, Londres, Ernest & Young, pp. 1-116.

FREEMAN, C. (1987): *Technology Policy and Economic Performance. Lessons from Japan*, Londres, Pinter Publisher, pp 1-155.

GASSEN, H. (2000): "Biotecnologia para Países em Desenvolvimento. Biotecnologia em Discussão", *Cadernos Adenauer*, no 8, pp. 9-18.

KRATTIGER, A. F. (2002): "Public-private Partnerships for Efficient Proprietary Biotech Management and Transfer, and Increase Private Sector Investments", *IP Strategy Today*, no 4, p. 42.

LAROUSSE, D. (1978): *Grande Enciclopédia Delta Larousse*, Lavosier Delta S.A.

REPÚBLICA DE VENEZUELA (2001): “Ley orgánica de ciencia y tecnología e innovación”. Publicada em Gaceta Oficial N. 37.291, 26 de setembro de 2001.

MASCARENHAS, P. (2001): *Parque Nacional de Empresas de Biotecnologia*, Belo Horizonte, Fundação Biominas, pp 1-72.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR (2003): *Diretrizes de política industrial, tecnológica e de comércio exterior*, Brasília, pp. 1-23.

REVISTA FAPESP ONLINE (2010): “O impacto da biologia sintética”, São Paulo, 21 de maio de 2010.

SANTANA, M. F. E.; ANTUNES, A. M. S. y PEREIRA JR., N. (2006): “O Perfil da Biotecnologia no Brasil”, em M. F. E. Santana, A. M. S. Antunes y N. Pereira Jr. (coords.): *Gestão em Biotecnologia*, Rio de Janeiro, E-papers, pp 17-42.

TORRES, O. D. y VELHO, L. (2009): “Capacidades Científicas y Tecnológicas de Colombia para adelantar Prácticas de Bioprospección”. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad -CTS*, vol. 4, no 12, pp 55-68.

**La investigación científica en Iberoamérica (1982-2011).  
Estudio basado en la bibliometría**

***Scientific research in Ibero-America (1982-2011).  
A bibliometric study***

**Eladio Montoya Melgar \***

El objetivo del presente estudio es analizar la participación de los países iberoamericanos en la literatura científica internacional, su evolución, la colaboración con terceros países e instituciones y -muy especialmente- el papel de España en el panorama científico iberoamericano. Los datos muestran un claro liderazgo de Brasil, que durante el periodo analizado participó en el 45% de los artículos publicados (a partir de 2007, su participación supera el 50%). La institución iberoamericana con mayor número de publicaciones es la Universidad de Sao Paulo. Como era de esperarse, el país no iberoamericano que más aparece como co-firmante es los Estados Unidos, que está presente en el 13% de las publicaciones. España mantiene el segundo puesto, seguida de Francia y el Reino Unido. Las instituciones de terceros países con mayor participación numérica en las publicaciones de países iberoamericanos son la Universidad de California y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas de España, en ese orden. Es importante destacar el hecho de que algunas de las publicaciones con mayor número de citas y co-firmadas por autores iberoamericanos han sido lideradas por científicos españoles.

63

**Palabras clave:** Iberoamérica, publicaciones científicas, evolución, colaboración

*This article aims to analyse the participation of Ibero-American (Spanish and Portuguese speaking) countries in the international scientific literature, as well as its evolution, its collaboration with non Ibero-American scientists and institutions, with an emphasis on the role of Spain in the Ibero-America scientific scenario. During the period of time that was considered, Brazil has participated in 45% of the total Ibero-American publications, with a continuous increasing growth: since 2007 this participation raised to above 50%. The most productive institution is the University of Sao Paulo. As expected, scientists from the United States are the most commonly found as co-authors in publications with Ibero-American authors (13%), followed by those from Spain, France and the United Kingdom. Similarly, the non-Ibero-American organization with the highest presence is the University of California, followed by the Spanish Consejo Superior de Investigaciones Científicas. It is also remarkable that some of the most cited publications of Ibero-American co-authors have scientists from Spain as corresponding authors.*

**Key words:** Ibero-America, scientific production, evolution, collaboration

\* Profesor Emérito. Departamento de Fisiología, Universidad de Alcalá, España. Correo electrónico: eladio.montoya@uah.es.

## Introducción

Los países que constituyen Iberoamérica, independientemente de su historia, han sido escasamente proclives a la investigación científica, aunque existan notables excepciones. La inestabilidad política y la escasez de recursos han constituido un excelente abono para la fuga de cerebros (Mullan, 2005; Pellegrino, 2001) . Sin embargo, algunos de ellos han desarrollado instituciones que constituyen un referente internacional en sus respectivas áreas. La calidad de sus investigadores viene expresada por el alto número de ellos que pertenecen a instituciones muy elitistas, como la National Academy of Sciences de los Estados Unidos, o por aquellos que recibieron el Premio Nobel, nacidos y formados en Iberoamérica, aunque algunos hayan desarrollado su actividad investigadora en terceros países. En mayor o menor grado, casi todos los países iberoamericanos han desarrollado instituciones dedicadas exclusivamente a la investigación científica y a su financiación y se cuenta con un número elevado de grandes instalaciones científicas.

### 1. Método

Para la búsqueda se ha utilizado el motor de búsqueda ISI Web of Knowledge y dentro de él la Web of Science, que incluye las siguientes bases de datos, desde las fechas que se indican:

64

- Science Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED): 1900-presente
- Social Sciences Citation Index (SSCI): 1956-presente
- Arts & Humanities Citation Index (A&HCI): 1975-presente
- Conference Proceedings Citation Index - Science (CPCI-S): 1990-presente
- Conference Proceedings Citation Index - Social Science & Humanities (CPCI-SSH): 1990-presente
- Index Chemicus (IC): 1993-presente
- Current Chemical Reactions (CCR-EXPANDED): 1986-presente

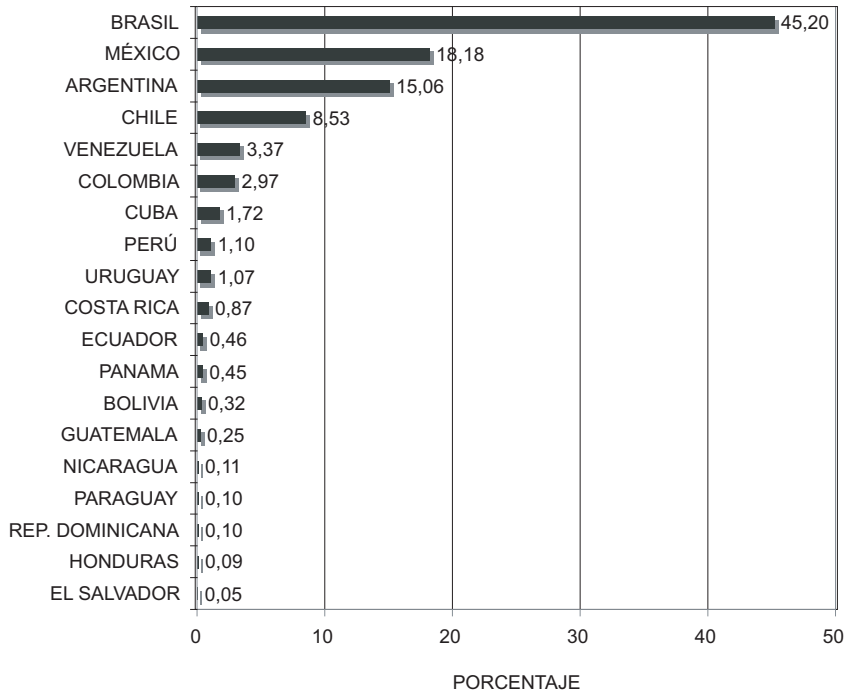
Las búsquedas se realizaron en la forma “avanzada”, introduciendo los nombres de los distintos países, individual o colectivamente, con los operadores booleanos adecuados y seleccionando, como indicadores específicos, distintos campos como países e instituciones. La fecha de publicación de búsqueda se estableció entre 1982 y 2011. Los datos obtenidos fueron analizados por el programa de análisis del propio motor de búsqueda y los resultados se exportaron a una hoja Excel para la realización de los cálculos y gráficos que se presentan. Se tuvo especial cuidado en agrupar las instituciones por sus distintas denominaciones o acrónimos. Los datos de población se obtuvieron de la Organización de Naciones Unidas (United Nations Department of Economic and Social Affairs, 2012) y los de Producto Interior Bruto (PIB) y gasto en I+D del Banco Mundial (Banco Mundial, 2011). En el presente estudio no se ha incluido Puerto Rico por ser un Estado Libre Asociado de los Estados Unidos.

## 2. Resultados

### 2.1. Publicaciones por países

Es preciso indicar que el número de publicaciones es el resultado de la suma de las de los distintos países, lo que engrosa considerablemente el número real, ya que una misma publicación puede estar firmada por autores de uno o varios países. Así pues, la suma de las publicaciones de los países Iberoamericanos durante los treinta años comprendidos entre 1982 y 2011 es de 902.893. En la **Figura 1** se muestra la participación de cada país, que lidera Brasil con un 45%.

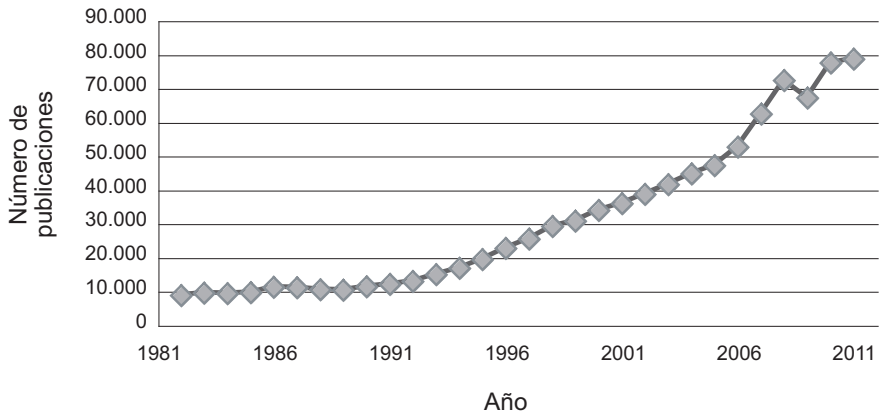
**Figura 1. Porcentaje de participación de los distintos países en las publicaciones de Iberoamérica registradas en el ISI Web of Science (1982-2011)**



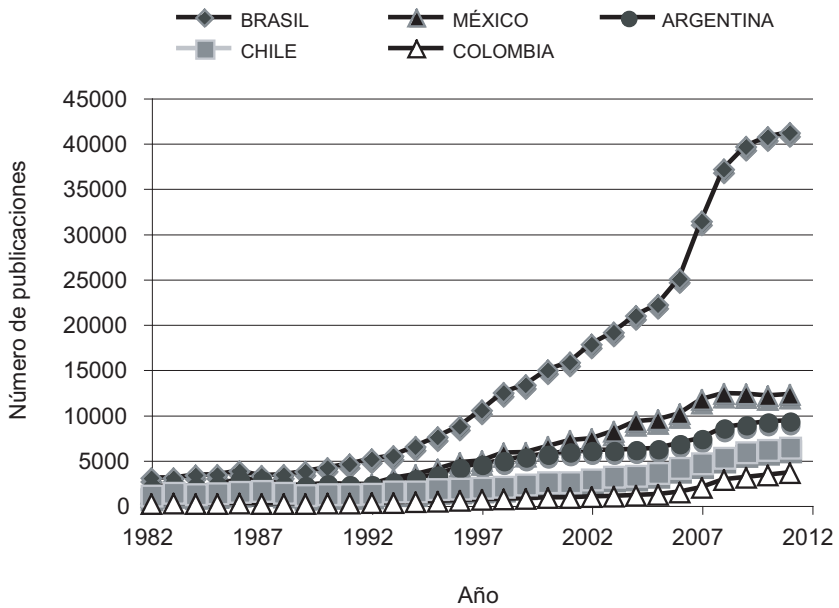
65

La evolución del número de publicaciones indexadas tiene un punto de inflexión en 1990, año en que la progresión es mucho más ascendente (**Figura 2**). En las **Figuras 3, 4 y 5** se representa la evolución de cada país iberoamericano.

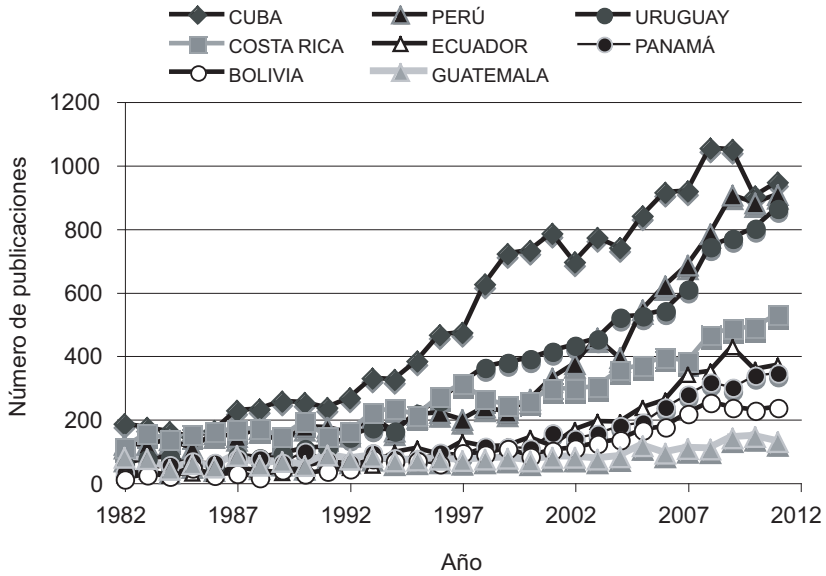
**Figura 2. Evolución del número total de publicaciones de países iberoamericanos indexadas en el ISI Web of Science (1982-2011)**



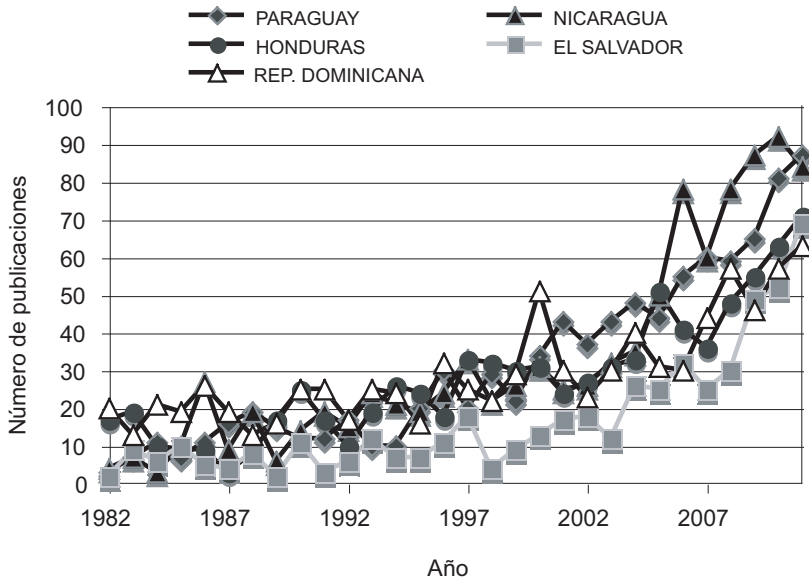
**Figura 3. Evolución del número de publicaciones de países iberoamericanos indexadas en el ISI Web of Science (1982-2011)**



**Figura 4. Evolución del número de publicaciones de países iberoamericanos indexadas en el ISI Web of Science (1982-2011)**



**Figura 5. Evolución del número de publicaciones de países iberoamericanos indexadas en el ISI Web of Science (1982-2011)**



## 2.2. Instituciones iberoamericanas

El **Cuadro 1** recoge la nacionalidad de las cien instituciones latinoamericanas científicamente más productivas. Como es lógico, los países con mayor número de publicaciones tienen también el mayor número de instituciones en esta relación, estableciéndose una perfecta correlación lineal entre el número de centros clasificados entre estos cien y el número de publicaciones del país al que pertenecen (coeficiente de correlación  $R^2 = 0,9938$ ). En esta relación, 93 son instituciones públicas (73 universidades, 19 centros de investigación y una empresa) y siete universidades privadas, y tienen una producción indexada de entre 1343 y 105.000 publicaciones. Este último dato corresponde a la Universidad de Sao Paulo, siguiéndole la Universidad Nacional Autónoma de México y la también brasileña Universidad Estatal de Campinas. Los diez primeros puestos (producción entre 105.000 y 17.300 publicaciones) los ocupan universidades públicas: siete de ellas brasileñas, una de México, otra de Argentina y otra de Chile.

**Cuadro 1. Nacionalidad de las cien primeras instituciones que acumulan mayor número de publicaciones indexadas en el periodo 1982-2011.**

*ISI Web of Science (1982-2011)*

PAÍS	NÚMERO DE INSTITUCIONES
Brasil	42
México	20
Argentina	15
Chile	10
Colombia	4
Venezuela	4
Cuba	2
Costa Rica	1
Perú	1
Uruguay	1

68

Las diferencias en número de habitantes y producto interior bruto (PIB) de los distintos países iberoamericanos son enormes, por lo que se ha corregido la producción científica de 2010 (último del que se disponen datos de PIB) por los valores de estos dos parámetros (PIB en millones de dólares estadounidenses y millones de habitantes) tomados de las bases de datos del Banco Mundial o de Naciones Unidas, respectivamente (**Cuadro 2**). Estos cocientes representan, de dos formas distintas, el esfuerzo de cada país en su investigación. Como podemos ver en el mencionado cuadro, Chile tiene la primera posición en ambas relaciones, seguido de Argentina, Uruguay y Brasil. Hay que señalar, a título comparativo, que el número de publicaciones de España, registradas en el *ISI Web of Science* durante el mismo periodo fue de 61.660, siendo los ratios anteriores de 43,8 y 1338 respectivamente.



**Cuadro 2. Ratio entre el número de publicaciones indexadas el año 2010 y el PIB (109 \$ EE.UU.) o el número de habitantes (millones) de los países iberoamericanos. ISI Web of Science (1982-2011)<sup>1</sup>**

PAÍS	PUBLICACIONES/ PIB	PUBLICACIONES/ HABITANTES
Chile	28,93	359,6 (1)
Argentina	24,93	227,5 (3)
Uruguay	20,51	237,8 (2)
Brasil	19,47	208,6 (4)
Cuba	14,82	80 (8)
Nicaragua	14,04	15,9 (14)
Costa Rica	13,59	104,5 (6)
Panamá	12,66	96,1 (7)
México	11,65	106,4 (5)
Bolivia	11,6	23 (13)
Colombia	11,51	71,8 (9)
Ecuador	6,12	24,5 (12)
Perú	5,6	30,3 (11)
Paraguay	4,42	12,5 (15)
Honduras	4,09	8,3 (18)
Venezuela	3,92	53 (10)
Guatemala	3,47	9,9 (16)
El Salvador	2,45	8,3 (17)
República Dominicana	1,1	5,7 (19)

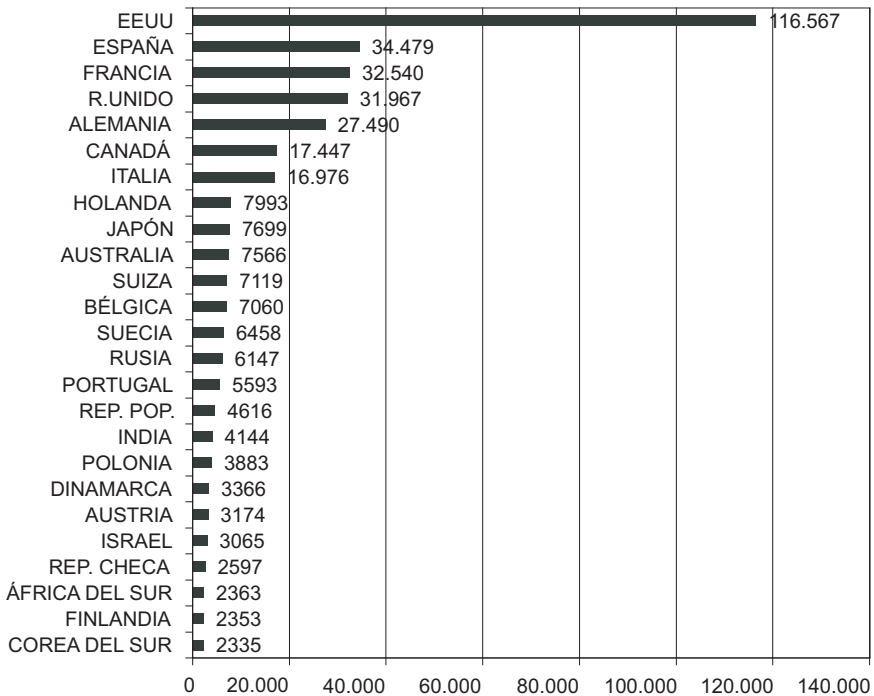
69

### 2.3. Colaboración con terceros países no iberoamericanos

La **Figura 6** muestra el número de publicaciones conjuntas entre terceros países y países iberoamericanos. La lista incluye solo aquellos que tienen 2000 o más publicaciones conjuntas. Esta participación no se puede establecer para los países que se han escindido en el periodo estudiado, como Checoslovaquia, Yugoslavia o la URSS. En el caso de Alemania, para los años anteriores a la reunificación, se han sumado los de la República Federal y de la República Democrática. También se ha tenido en cuenta que los autores del Reino Unido suelen referir la dirección de sus instituciones a los países componentes (Inglaterra, Gales, Escocia, Irlanda del Norte). Los Estados Unidos lideran la participación con una gran ventaja sobre los países siguientes. España ocupa el segundo seguida de Francia y el Reino Unido.

1. El número entre paréntesis de la segunda columna indica la posición relativa de cada país.

**Figura 6. Publicaciones conjuntas entre países iberoamericanos y terceros países registradas en el ISI Web of Science (1982-2011)**



70

Hay que señalar que España ocupa actualmente el noveno lugar mundial por número de publicaciones y, por tanto, su puesto respecto a publicaciones conjuntas con Iberoamérica es muy aventajado, como lo es también en otro tipo de relaciones no analizadas aquí.

#### **2.4. Instituciones cofirmantes de terceros países**

Cincuenta y cinco de las cien primeras instituciones de los terceros países cofirmantes con investigadores iberoamericanos pertenecen a los Estados Unidos (**Cuadro 3**). El segundo puesto lo ocupa España con nueve instituciones. Los diez primeros puestos corresponden a seis instituciones norteamericanas, dos francesas, una española y una europea. Encabeza esta clasificación la Universidad de California en su conjunto con 20.266 publicaciones, seguida del Consejo Superior de Investigaciones Científicas de España con 5355.

**Cuadro 3. Países no iberoamericanos con mayor número de instituciones de las cien primeras que acumulan mayor número de publicaciones indexadas en el periodo 1982-2011 con países iberoamericanos. ISI Web of Science**

PAÍS	NÚMERO DE INSTITUCIONES
EE.UU.	55
España	9
Francia	8
Reino Unido	8
Italia	5
Canadá	4
Rusia	3
Instituciones Internacionales	2
Alemania	1
Europa	1
Holanda	1
Suecia	1
República Checa	1
Portugal	1

71

## 2.5. Colaboración entre España e Iberoamérica

El país con el que España mantiene una mayor actividad en cuanto a número de publicaciones es México, seguido de Argentina (**Cuadro 4**). Además, cuando se analiza el papel de España como socio científico se observa que ocupa un puesto relevante en la mayoría de países iberoamericanos, ya sea considerando todos los socios posibles (columna A) o excluyendo otros países iberoamericanos (columna B) (**Cuadro 5**). Así, por ejemplo, los investigadores españoles son los primeros socios en las publicaciones procedentes de Cuba y los segundos en las de Argentina, Chile, Colombia, México y Venezuela. En este cuadro llama la atención la baja presencia española en las publicaciones de la República Dominicana y Ecuador.

Estos datos representan la media de los treinta años que abarca el estudio, por lo que es obligatorio indicar que esta colaboración ha seguido una tendencia creciente a lo largo de este periodo, de forma que si en los primeros años los trabajos en colaboración con Iberoamérica suponían aproximadamente el 1% de la producción española, en 2011 representan el 7% (**Figura 7**).

**Cuadro 4. Publicaciones co-firmadas por autores españoles y de países iberoamericanos indexadas. *ISI Web of Science* (1982-2011)**

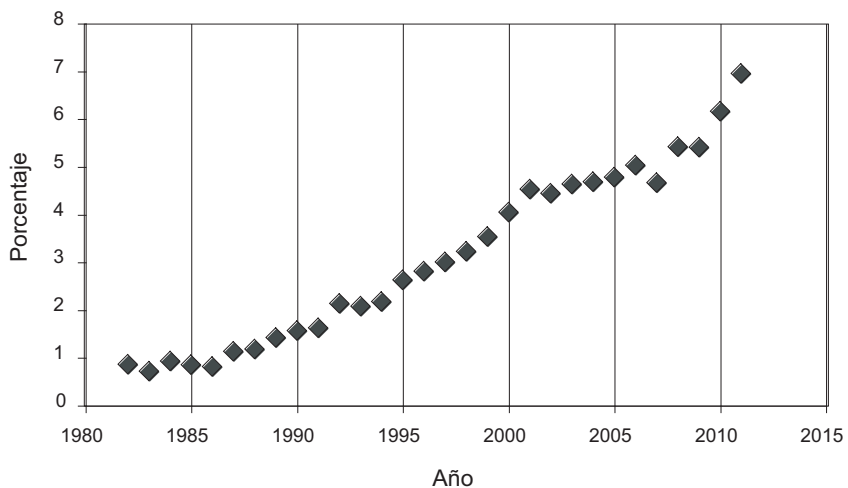
<b>PAÍS</b>	<b>NÚMERO DE PUBLICACIONES</b>
México	8308
Argentina	7862
Brasil	7449
Chile	5142
Colombia	2827
Cuba	1999
Venezuela	1889
Uruguay	858
Perú	638
Costa Rica	390
Ecuador	275
Bolivia	272
Panamá	186
Paraguay	97
Guatemala	82
Nicaragua	58
El salvador	55
Honduras	45
Rep. Dominicana	34

**Cuadro 5. Publicaciones co-firmadas por autores españoles y de países iberoamericanos indexadas. *ISI Web of Science* (1982-2011)**

	A	B
Cuba	1	1
Argentina	2	2
Chile	2	2
Colombia	2	2
México	2	2
Venezuela	2	2
Bolivia	3	3
Paraguay	4	2
Uruguay	4	2
Costa Rica	4	3
Panamá	7	6
El Salvador	5	2
Perú	5	3
Guatemala	6	3
Nicaragua	6	4
Brasil	7	7
Honduras	8	2
Rep. Dominicana	11	4
Ecuador	17	13

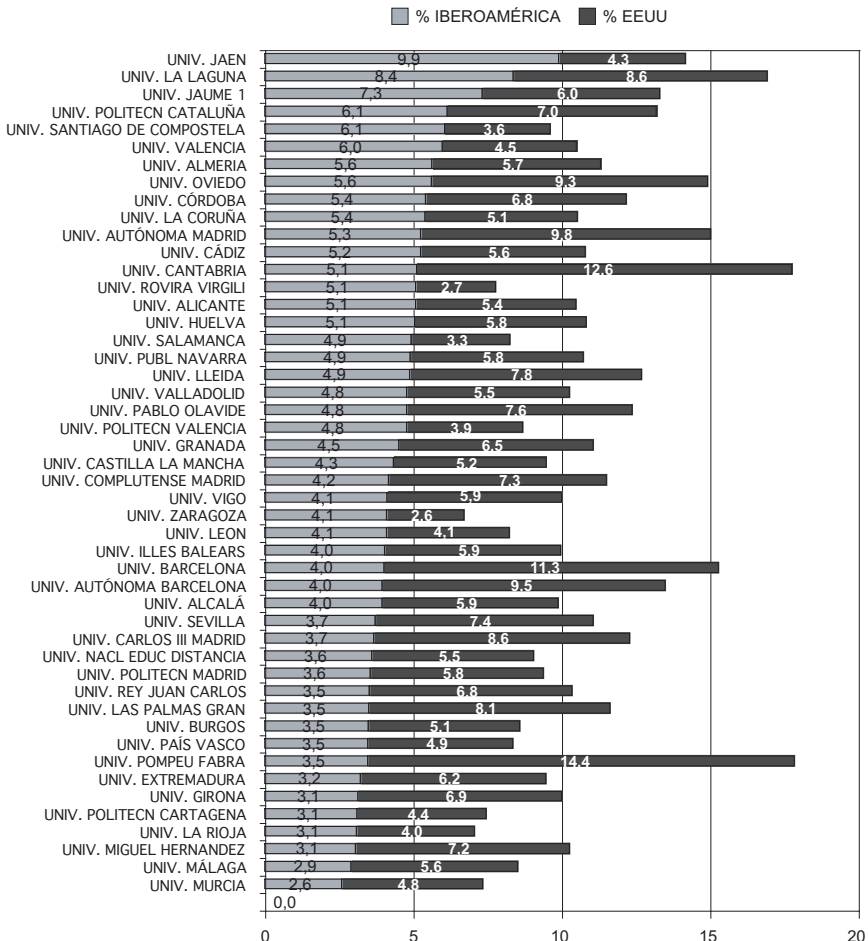
73

**Figura 7. Evolución del porcentaje de publicaciones españolas con países iberoamericanos respecto al total de publicaciones de españolas indexadas. *ISI Web of Science* (1982-2011)**



Las universidades públicas españolas contribuyen de forma considerable en la colaboración científica con Iberoamérica. Durante el periodo analizado se indexaron 580.703 publicaciones de estas universidades en las bases de datos utilizadas en el presente trabajo, de las cuales 26.460 fueron con autores iberoamericanos lo que representa un 4,56% del total. Este porcentaje es menor que el de la colaboración de las mismas universidades con los Estados Unidos (6,98), país prioritario como socio, tanto en España como en la mayoría de los países iberoamericanos. Los datos desglosados por universidad se muestran en la **Figura 8**, en la que puede observarse que el porcentaje de publicaciones conjuntas España-países iberoamericanos varía entre un 2,6 y un 9,9% de la producción científica de las universidades públicas españolas, en tanto que las conjuntas España-Estados Unidos lo hacen entre un 2,6 y un 14,4%.

**Figura 8. Publicaciones conjuntas de las universidades públicas españolas con los EE.UU. o con países iberoamericanos indexadas en el ISI Web of Science (1982-2011)**



## 2.6. Lenguas de publicación

El **Cuadro 6** muestra la evolución de las lenguas utilizadas en los trabajos recogidos en el *ISI Web of Science*. Desde 1982 a 2004 hubo una clara disminución del español como lengua científica a favor del inglés. El portugués descendió ligeramente en esos años, aunque sus valores iniciales eran más bajos. Sin embargo, posteriormente ha habido un crecimiento porcentual de las dos lenguas, superando el portugués al español en los últimos años. Esto es debido, sin duda, al crecimiento científico brasileño. El resto de lenguas o han desaparecido de las publicaciones o mantienen una presencia muy baja (inferior al 0,09%).

**Cuadro 6. Evolución (porcentaje) de las lenguas de publicaciones científicas de Iberoamérica indexadas en el *ISI Web of Science***

	1982-1988	1989-1995	1996-1999	2000-2002	2003-2004	2005-2006	2007-2008	2009-2010	2011
<b>Inglés</b>	72,6	87,1	91,4	92,2	93,9	93,1	85,5	83,7	85,3
<b>Español</b>	19,9	8,3	5,2	4,6	3,5	6,4	3,8	6,4	6,1
<b>Portugués</b>	5,5	3,5	2,9	2,8	2,3	9,7	3,3	9,7	8,5
<b>Francés</b>	1,1	0,8	0,4	0,2	0,2	0,09	0,14	0	0
<b>Alemán</b>	0,5	0,2	0,1	0,1	0	0	0,1	0	0
<b>OTRAS</b>	0,2	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0

75

## 2.7. Repercusión de las publicaciones

El **Cuadro 7** recoge el número de citas recibidas por los trabajos más citados, publicados en el periodo estudiado, clasificados por países.<sup>2</sup> El trabajo más citado en el periodo, con 5604 citas, es un estudio cosmológico en el que participan dos instituciones chilenas. Los trabajos más citados se encuadran dentro de la física, la biomedicina o la ecología, y en general son estudios multicéntricos. En este sentido, se destaca el trabajo que ocupa el tercer puesto por número de citas recibidas, que solo tiene tres autores. También es muy destacable que los trabajos más citados de los publicados por autores de cinco países iberoamericanos están liderados por un científico (Dr. F.X. Bosch) del *Institut Català d'Oncologia* que, por otra parte, participa en otro trabajo, que es el más citado de los trabajos de Costa Rica, liderado por la Dra. N. Muñoz (CIRC, OMS, Lyon, Francia), quien también participa en el anterior.

2. El número de citas se obtuvo en mayo de 2012.

**Cuadro 7. Trabajos más citados de países iberoamericanos publicados en el periodo 1981-2011**

PAÍS	CITAS	PRIMER AUTOR
Chile	5604	Riess (RIESS et al., 1998)
México	4020	Blattner (BLATTNER et al., 1997)
Argentina	3912	Berendsen (BERENDSEN et al., 1987)
Uruguay	2012	Radi (RADI et al., 1991)
Venezuela	2410	Bruzual (BRUZUAL y CHARLOT, 2003)
Bolivia, Colombia, Cuba, Panamá, Paraguay	1980	Bosch (BOSCH et al., 1995)
Costa Rica	1999	Muñoz (MUNOZ et al., 2003)
Brasil	3173	Fried (POUNDS et al., 2006)
Honduras, Nicaragua, Rep. Dominicana,	573	Ruiz Palacios (RUIZ-PALACIOS et al., 2006)
Perú	482	Villa (VILLA et al., 2007)
Ecuador	469	Pounds (POUNDS et al., 2006)
Guatemala	339	Malmstrom (MALMSTROM et al., 1999)
El Salvador	126	Jones (JONES et al., 1987)

## Discusión

76

Ciencia y tecnología forman un binomio inseparable, en el cual es difícil distinguir cuál induce a cuál. Si en tiempos pasados la tecnología fue el más fuerte impulsor de la investigación científica, actualmente y cada vez más en el futuro, la secuencia lógica de investigación-conocimiento-desarrollo tecnológico desplazará al empirismo tecnológico que en tiempos pasados dio tan buenos resultados. Las nuevas biotecnologías, por ejemplo, han abierto un panorama extraordinario de realidades y posibilidades en medicina, agricultura y otras tecnologías, al tiempo que en un mecanismo de retroalimentación positivo abren nuevas posibilidades para la investigación científica y el conocimiento. La Sociedad del Conocimiento, basada en una educación de calidad y accesible a todos; la investigación científica, siempre en boca de los políticos en épocas de elecciones; y las primeras guillotinas en tiempos de crisis configuran, sin duda, el desarrollo futuro de la humanidad

Iberoamérica posee instituciones con una alta actividad investigadora, muchas de ellas creadas en épocas pretéritas más florecientes. Dependiendo de los parámetros que se utilicen para establecer la clasificación, once (Center for World-Class Universities, 2011) o tres (The Times Higher Education Rankings) universidades iberoamericanas están entre las 500 ó 400 principales del mundo. El número de “grandes instalaciones científicas” es cercano a cien (Observatorio Iberoamericano de la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad, 2009). También tiene excelentes investigadores dentro y fuera de las fronteras, como lo demuestran algunos datos. Por ejemplo, el número de galardonados con el Premio Nobel de Fisiología y Medicina o Química, cinco, o los miembros iberoamericanos de la National Academy of Sciences, treinta y dos, similar al número de alemanes. Junto a esto, casi todos los países



iberoamericanos tienen actualmente sistemas políticos basados en la democracia, algo fundamental para el desarrollo de los pueblos (Sen, 2000).

Los resultados presentados aquí muestran una fotografía de la situación. Parte de ellos, concernientes a publicaciones e instituciones iberoamericanas, coinciden con los publicados recientemente en un extenso estudio realizado por la Oficina Regional de Ciencia para América Latina y Caribe (Lemarchand, 2010) y también con los publicados por SCImago (SCImago, 2011).

La mayoría de los países iberoamericanos invierten en I+D menos de lo que, de acuerdo a los ingresos nacionales per cápita, les correspondería. Este gasto, aunque no contabilizado para todos, en 2008 oscilaba entre el 0,06% del PIB y el 1,08. En algunos de ellos la investigación científica, medida en número de publicaciones, es más una anécdota que la respuesta a una política científica estable y organizada. Posiblemente no se les pueda pedir más de lo que hacen, porque las variaciones en recursos también son enormes dentro de Iberoamérica. Otros, como Brasil, han crecido enormemente en los últimos años y tienen infraestructuras bien consolidadas de las que se obtienen beneficios tecnológicos. También se da el caso de países que con un presupuesto muy limitado han logrado desarrollar y mantener instituciones dedicadas a temas muy específicos que son un referente internacional.

Las instituciones Iberoamericanas, como la mayoría de las españolas y europeas, tienen como socios mayoritarios a las universidades de los Estados Unidos.

El liderazgo de Brasil en número de publicaciones es claro y responde a la alta inversión que este país hace en ciencia y tecnología en comparación con el resto. Es de destacar el papel de otros países como Chile, Argentina y Uruguay, que sobresalen en cuanto a publicaciones en relación con su PIB y con su población, posiblemente debido al crecimiento e institucionalización de la investigación científica llevados a cabo en tiempos pasados. De hecho, Houssay y Leloir, ambos argentinos, son los dos únicos científicos iberoamericanos a los que se les concedió el Premio Nobel habiendo ejercido su actividad en su país de origen.

España ocupa el cuarto puesto como socio científico de Iberoamérica, muy por encima de lo que le correspondería. El CSIC ocupa el segundo lugar como socio científico en Iberoamérica detrás de la Universidad de California, y todas las universidades públicas españolas colaboran con centros iberoamericanos. Las razones históricas y culturales para esta posición privilegiada son evidentes y no hace falta incidir en ellas. Sin embargo existen otras relacionadas con la financiación mediante iniciativas específicas a nivel gubernamental como el Programa de Cooperación Interuniversitaria (PCI) de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) o el de Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED). También los gobiernos de las comunidades autónomas españolas promueven programas de cooperación y muchas universidades tienen también programas de cooperación con convocatorias anuales, cuyas solicitudes y concesiones se dirigen mayoritariamente a Iberoamérica. Todos estos programas han disminuido sus fondos recientemente, debido a la crisis económica, y están en riesgo de desaparecer, lo que plantea un futuro muy incierto

en las relaciones científicas y de cooperación al desarrollo entre España e Iberoamérica

Aunque en Iberoamérica existen distintos centros e instalaciones multinacionales e internacionales, es muy alto el número de científicos iberoamericanos emigrados a otros países. Los gobiernos iberoamericanos deberían considerar la posibilidad de establecer más organizaciones y laboratorios multinacionales en áreas de conocimiento específicas que atrajesen a estos investigadores y que, además, sirviesen de motor para el desarrollo científico y tecnológico de los países iberoamericanos menos desarrollados.

## Bibliografía

BANCO MUNDIAL (2011): *Datos*. Disponible en: <http://datos.bancomundial.org/indicador>.

BERENDSEN, H. J. C., GRIGERA, J. R., y STRAATSMA, T. P. (1987): "The Missing Term in Effective Pair Potentials", *Journal of Physical Chemistry*, vol. 91, n° 24, pp. 6269-71.

78 BLATTNER, F. R. ET AL (1997): "The complete genome sequence of Escherichia coli K-12", *Science*, vol. 277, n° 5331, pp. 1453-62.

BOSCH, F. X. ET AL (1995): "Prevalence of Human Papillomavirus in Cervical-Cancer - a Worldwide Perspective", *Journal of the National Cancer Institute*, vol. 87, n° 11, pp. 796-802.

BRUZUAL, G. y CHARLOT, S. (2003): "Stellar population synthesis at the resolution of 2003", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 344, n° 4, pp. 1000-28.

CENTER FOR WORLD-CLASS UNIVERSITIES (2012): "Academic Ranking for World Universities". Disponible en: <http://www.arwu.org/>.

JONES, T. C. ET AL (1987): "Epidemiology of American Cutaneous Leishmaniasis Due to Leishmania-Braziliensis-Braziliensis", *Journal of Infectious Diseases*, vol. 156, n° 1, pp. 73-83.

LEMARCHAND, G. A. (2010): *Sistemas nacionales de ciencia, tecnología e innovación en América Latina y el Caribe*, Montevideo, Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y el Caribe, UNESCO.

MALMSTROM, K. ET AL (1999): "Oral montelukast, inhaled beclomethasone, and placebo for chronic asthma - A randomized, controlled trial", *Annals of Internal Medicine*, vol. 130, n° 6, pp. 487-95.

MULLAN, F. (2005): "The metrics of the physician brain drain", *N Engl J Med*, vol. 353, n° 17, pp. 1810-8.

MUÑOZ, N. ET AL (2003): "Epidemiologic classification of human papillomavirus types associated with cervical cancer", *New England Journal of Medicine*, vol. 348, n° 6, pp. 518-27.

OBSERVATORIO IBEROAMERICANO DE LA CIENCIA, LA TECNOLOGÍA Y LA SOCIEDAD (2009): *Grandes instalaciones científicas en Iberoamérica*. Disponible en: [www.observatoriocts.org](http://www.observatoriocts.org).

PELLEGRINO, A. (2001): "Trends in Latin American Skilled Migration: 'Brain Drain' or 'Brain Exchange'?" *International Migration*, vol. 39, n° 5, pp. 111-32.

POUNDS, J. A. ET AL (2006): "Widespread amphibian extinctions from epidemic disease driven by global warming", *Nature*, vol. 439, n° 7073, pp. 161-7.

RADI, R. ET AL (1991): "Peroxynitrite Oxidation of Sulfhydryls - the Cytotoxic Potential of Superoxide and Nitric-Oxide", *Journal of Biological Chemistry*, vol. 266, n° 7, pp. 4244-50.

RIESS, A. G. ET AL (1998): "Observational evidence from supernovae for an accelerating universe and a cosmological constant", *Astronomical Journal*, vol. 116, n° 3, pp. 1009-38.

79

RUIZ-PALACIOS, G. M. ET AL (2006): "Safety and efficacy of an attenuated vaccine against severe rotavirus gastroenteritis", *New England Journal of Medicine*, vol. 354, n° 1, pp. 11-22.

SCIMAGO (2011): "SCImago Journal & Country Rank". Disponible en: <http://www.scimagojr.com>.

SEN, A. K. (2000): *Desarrollo y Libertad*, Barcelona, Planeta.

THE TIMES HIGHER EDUCATION RANKINGS (2012): "The World University Rankings 2011-2012". Disponible en: <http://www.timeshighereducation.co.uk/world-university-rankings/2011-2012>.

UNITED NATIONS DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS (2012): "World Population Prospects, the 2010 Revision". Disponible en: <http://esa.un.org/unpd/wpp>.

VILLA, L. L. ET AL (2007): "Quadrivalent vaccine against human papillomavirus to prevent high-grade cervical lesions", *New England Journal of Medicine*, vol. 356, n° 19, pp. 1915-27.

DOSSIER *C/S*

# PRESENTACIÓN

## Desarrollo nuclear en México, Brasil, España y la Argentina

Desde fines del siglo XX, el calentamiento global y las proyecciones alarmantes sobre el consumo energético comenzaron a reconfigurar los imaginarios sociales que sobre la energía nuclear dominaban en los países industrializados. Mientras que la presión de los movimientos antinucleares había dejado de tener la virulencia de las décadas de 1970 y 1980, algunos gobiernos habían comenzado a anunciar el retorno masivo de la energía nuclear. Sin embargo, el desastre de Fukushima, Japón, en marzo de 2011, devolvió la vigencia y actualizó las prevenciones, críticas y francas oposiciones a esta tecnología. Así, mientras que en Estados Unidos, China o Japón -país donde son crecientes las demostraciones antinucleares- se instaló en la primera línea del debate político el futuro de sus programas nucleares y la revisión de los estándares de seguridad de las centrales de potencia, en Europa países como Alemania e Italia declararon una moratoria nuclear. Suiza, por su parte, espera clausurar todas sus centrales en 2034 (Reuters, 2012; *New York Times*, 2012; Siemens, 2012: 3).

83

En este campo de tensiones, un marcado sesgo en los debates y proyecciones que se despliegan tanto a favor de la futura necesidad de la energía nuclear como de sus riesgos y consecuencias inciertas -el destino de los combustibles gastados, por ejemplo- viene dado por el protagonismo casi excluyente de los panoramas, balances y decisiones de política nuclear que se discuten en los países con programas nucleares de envergadura. Como corolario, los términos de estos debates, así como las consecuencias de sus análisis, se suelen extrapolar de forma automática a países con programas nucleares de mediana o baja escala, así como también a realidades socioeconómicas y estructuras energéticas muy diversas.

Por estos motivos, consideramos que era pertinente realizar un dossier enfocado en los desarrollos nucleares de un conjunto de países iberoamericanos que han desarrollado programas nucleares de mediana escala, como es el caso de España - que llegó a poner en marcha once centrales de potencia, de las cuales hoy funcionan seis-, o de baja escala, como son los casos de Brasil, México y la Argentina, que en conjunto suman cinco centrales de potencia -en este caso, México aporta dos unidades generadoras-, que son todas las que hoy están en funcionamiento en América Latina, lo que representaba en 2007 apenas el 2,4% del total de energía eléctrica producida en la región (OLADE, 2008: 68).

Además de los trabajos dedicados a diferentes aspectos de los desarrollos nucleares nacionales de países iberoamericanos -las referencias que figuran en los cuatro artículos del dossier son representativas de esta producción-, si nos fijamos en los estudios comparados -desde la perspectiva de la historia y los estudios sociales, políticos y económicos- que incluyen algunos de los países trabajados en el dossier, una muestra representativa podría considerar para el caso de España el reciente dossier titulado "Isotopes: Science, Technology and Medicine in the Twentieth Century" y editado por Xavier Roqué y Néstor Herrán en la revista española *Dynamis*, donde artículos dedicados al caso español -Santesmases (2009) y Barca i Salon, (2009)- son agrupados junto a estudios dedicados a Gran Bretaña, Hungría o Francia.

Los desarrollos nucleares de la Argentina, Brasil y México suelen formar parte de estudios comparados que asumen una perspectiva regional donde América Latina es considerada como unidad de análisis -Redick (1972; 1975), Luddemann (1983), Cabral (1990) o Spector (1985)-, o donde se consideran diversos grupos de "países en desarrollo" o del "Tercer Mundo", como hacen los trabajos de Poneman (1982) o De la Court et al (1982). Un número especial de *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences* de 2006 (vol. 36), editado por Rod Home, Ana Ribeiro de Andrade y Carlos Galles, dedicado a física nuclear y de partículas, incluye artículos de México, Brasil y la Argentina junto a países como Australia, Corea del Sur o Japón. Como caso especial, puede mencionarse Hymans (2006), donde se selecciona el caso argentino junto con los de Australia, India y Francia como trayectorias bien diferenciadas frente al problema de la proliferación nuclear. A pesar de la relevancia de Brasil como miembro del grupo BRICS y de los numerosos trabajos que en los últimos años se dedican al problema energético en este grupo de países, los trabajos comparados sobre energía nuclear en los BRICS no ocupan hasta hoy un lugar relevante.<sup>1</sup>

84

Una mención especial, producto de la relevancia geopolítica que tuvo para los Estados Unidos, especialmente durante los años setenta y ochenta, merecen los trabajos que comparan los desarrollos nucleares de Brasil y la Argentina. En este grupo, los dos más relevantes son Adler (1987) y Solingen (1996), aunque también puede incluirse a Carasales (1997), Courtney (1980), Redick (1995), Reiss (1995) -aquí el tratamiento conjunto de los desarrollos nucleares de Brasil y la Argentina es considerado junto al de países como Sudáfrica, Ucrania, Bielorrusia, Kazajistán, India y Paquistán-, y Wrobel y Redick (2006).

De este breve panorama resulta claro que no existen estudios que consideren a Iberoamérica como unidad de análisis, perspectiva que consideramos valiosa porque permite, por un lado, examinar la relevancia de las afinidades socio-culturales en las dinámicas de desarrollo tecnológico y, por el otro, perfilar con mayor nitidez algunos de los determinantes políticos y económicos propios de América Latina. Para decir lo mismo de España habría sido necesario explorar el caso de Portugal, país que aunque no posee centrales de potencia, ha venido debatiendo desde los años 70 esta opción.

1. La sigla BRICS alude al grupo de países integrado por Brasil, Rusia, India, China y Sudáfrica, que en la última década lideran el crecimiento de las economías emergentes.

Ahora bien, se trata de un dossier centrado ya no en la actualidad, sino en la historia de los desarrollos nucleares. Los trabajos incluidos en este monográfico asumen la importancia de los hechos pasados para explicar el presente, y también su contemporaneidad y actualidad. Las controversias tecnológicas ocupan grandes espacios en los medios y llama la atención -aún considerando las obvias diferencias del presente contexto global con el de las décadas de 1970 y 1980- el paralelismo existente entre los intereses y objetivos en disputa hoy y los de entonces, así como las discusiones, los focos de atención, los protagonistas o las formas de proceder. Como complemento de los debates sobre energía nuclear, la introducción de las energías renovables o el desarrollo de tecnología espacial son otros ejemplos elocuentes.

Los artículos del dossier se ordenan en torno a tres ejes fundamentales. La compra o desarrollo de los primeros instrumentos -reactores de investigación y aceleradores de partículas-, la formación de recursos humanos en áreas relevantes, como física nuclear, radioquímica o metalurgia; los procesos de toma de decisiones para la adquisición, construcción y puesta en marcha de los reactores de potencia; y, finalmente, cruzando transversalmente estos desarrollos, el tercer eje sugerido fue abordar todos aquellos aspectos específicos, tanto internos a cada país como en relación a la arena internacional, vinculados a los procesos de construcción de las políticas nucleares, incluidas las dinámicas institucionales y científico-tecnológicas de estos países, así como los debates, confrontaciones, alianzas, presiones, acuerdos de colaboración y procesos de compra o venta de tecnología nuclear. En este sentido, este dossier puede concebirse, creemos, como un aporte al conjunto de los elementos de juicio necesarios a la hora de intentar evaluaciones y balances específicos del pasado, presente y futuro de la tecnología nuclear en Iberoamérica.

85

A cargo de Raúl Domínguez Martínez -investigador del Instituto de Estudios sobre Universidad y Educación de la Universidad Nacional Autónoma de México-, el artículo titulado "Los orígenes de la física nuclear en México" se centra en los estadios iniciales de la incorporación de México a la era nuclear, poniendo el énfasis en los primeros instrumentos -dos aceleradores y un reactor de investigación-, la puesta en marcha de los primeros programas de investigación, la formación de físicos nucleares -en menor medida también de radioquímicos- y la creación de instituciones específicas, como el Instituto de Física de la Universidad Nacional Autónoma de México, a fines de los años 30 y, más tarde, la Comisión Nacional de Energía Nuclear. El autor enmarca estas iniciativas en un proceso que caracteriza como "la imposición de un paradigma, ocurrido en el contexto de la Guerra Fría y matizado por diversos convenios de cooperación e intercambio".

Como complemento, Domínguez señala para el caso de México dos circunstancias que "se articularon para definir las modalidades de la puesta en marcha de los programas de investigación en física nuclear". La primera se refiere a "la red de relaciones de dependencia respecto de los Estados Unidos". Sobre este asunto el autor menciona, por ejemplo, que "los promotores principales que hicieron factible la incorporación de México a la física nuclear, fueron en su momento estudiantes del Massachusetts Institute of Technology, de Harvard o de John Hopkins, todos ellos becarios de la Fundación Guggenheim". La segunda circunstancia es el impacto de la

Segunda Guerra Mundial en el inicio de un proyecto de industrialización por sustitución de importaciones, donde la energía nuclear es concebida como fuerza impulsora de modernización, que Domínguez caracteriza de “refleja” por la “ausencia de condiciones autónomas de gestación”.

Los primeros proyectos de investigación en física nuclear en México -motivados por las expectativas de aprovechamiento del primer instrumento importante, un acelerador de partículas Van de Graaff- se enfocaron en el estudio de los niveles de energía de los núcleos atómicos y en aplicaciones para el mejoramiento del cultivo del maíz. Al mencionar la creación de la sección de radioquímica del Instituto de Física, el autor destaca que “México es uno de los países que tienen mayor interés en la determinación de la edad de las muestras arqueológicas”.

Finalmente, los años que siguieron a la primera reunión internacional sobre los usos pacíficos de la energía atómica realizada en Ginebra, en agosto de 1955, son caracterizados por Domínguez como el momento en que “los intereses oficiales de México en materia de física nuclear se deslindaron, bifurcándose la faceta de interés meramente científico que conservó la UNAM y la pragmática, que se canalizaría hacia la creación de una Comisión Nacional de Energía Nuclear promovida por el gobierno federal”. El autor considera que el vigor inicial que marca la entrada de México en la era atómica “se fue estancando” como consecuencia de los volúmenes de inversión y desventajas producidas por “la facilidad de importación de paquetes tecnológicos”, entre otras razones. Si bien inicialmente se consideró la construcción de siete centrales de potencia, “a la postre sólo una -localizada en Laguna Verde, Veracruz- entró en funcionamiento”.

86

En “Átomos na política internacional”, Ana Maria Ribeiro de Andrade, investigadora del Museu de Astronomia e Ciências Afins (MAST/MCTI) en Rio de Janeiro, analiza más de cuatro décadas de la historia de la energía nuclear en Brasil a partir de tres puntos que la autora considera de “fundamental importancia” para los estudios comparados y para “la comprensión de las dinámicas de las relaciones políticas entre el Norte y el Sur”. El primer punto abarca la creación de las principales instituciones -especialmente el CNPq (1951), la Comissão Nacional de Energia Nuclear (1956) y un conjunto de institutos universitarios-, las primeras iniciativas de colaboración internacional -especialmente los acuerdos y relaciones conflictivas con los Estados Unidos como consecuencia del interés de la potencia nuclear en los minerales brasileños- y la adquisición y construcción de los primeros reactores de investigación.

Si bien los primeros dos reactores de investigación -el primero alcanzó criticidad en septiembre de 1957- fueron comprados a empresas norteamericanas, el tercer reactor fue construido en Brasil con el 93% de componentes nacionales. Ribeiro de Andrade sigue esta línea de desarrollo hasta el proyecto de Reactor Multipropósito Brasileño proyectado para 2017. En el plano de la cooperación internacional, sostiene la autora, “la dependencia de los Estados Unidos se mantiene firme hasta 1961”. En ese momento Brasil inicia un período de colaboración con Francia y, luego de un breve acercamiento a los Estados Unidos durante el gobierno del mariscal Castello Branco, desde 1969 comienza un proceso de cooperación con la República Federal Alemana que tendrá consecuencias cruciales durante la década siguiente.



El segundo punto se dedica a los procesos de selección y compra de los reactores de potencia. “Todos los presidentes de la República hablaron a la nación sobre la importancia de construir una usina nuclear para complementar la producción hidroeléctrica”, señala la autora. En un contexto de sinuosos acuerdos, debates y confrontaciones, donde colisionaron los intereses e ideologías de los sectores militar y científico-tecnológico, el “pragmatismo político” dominante condujo, luego de la creación de la empresa estatal Nuclebrás en 1974, al acuerdo de transferencia masiva de tecnología nuclear con Alemania Federal.

El último punto se concentra en la ardua articulación entre una concepción autonomista del programa nuclear brasileño y el desarrollo de las tecnologías del ciclo del combustible en un contexto de “desconfianza internacional”. Con referencia al desarrollo de la capacidad de enriquecimiento de uranio, sostiene Ribeiro de Andrade, “la prensa americana igualó a Brasil a los países de Oriente Medio, a los que juzgaban como una potencial amenaza”. El artículo llega hasta comienzos del nuevo siglo, cuando “las presiones sobre el Programa Nuclear Brasileño continuaban siendo orquestadas desde Washington, para ser utilizadas como moneda de cambio en el juego de las negociaciones propias de la política y del comercio internacionales”.

El artículo de Ana Romero de Pablos -historiadora e investigadora del Centro de Ciencias Humanas y Sociales del CSIC en Madrid-, “Poder político y poder tecnológico: el desarrollo nuclear español (1950-1975)”, se pregunta sobre “el peso que tuvo la energía nuclear en la construcción del Estado”. Sugiere que “las prácticas científicas y tecnológicas y también las políticas que circularon y los nuevos espacios que se abrieron con el desarrollo de la energía nuclear jugaron un papel determinante en la construcción, pública y colectiva, de la España de mediados del siglo xx”. Después de aludir a la creación, primero de la Junta de Investigaciones Atómicas (1948) y después de la Junta de Energía Nuclear (1951), Romero de Pablos sostiene que el programa Átomos para la Paz y la primera reunión internacional sobre los usos pacíficos de la energía atómica (Ginebra, 1955) significaron “un giro importante en las relaciones internacionales” para una España entonces políticamente aislada.

87

Con respecto a la compra del primer reactor de investigación, el Jen 1, la autora señala que este instrumento “al tiempo de integrar prácticas y saberes políticos y científicos, jugó también un papel importante en la construcción y organización, física y conceptual de la JEN”. Los siguientes reactores de investigación fueron construidos por la propia JEN. Siguiendo este proceso, analiza cómo la energía nuclear “pasó de ser una amenaza a percibirse como un posible negocio [para las empresas eléctricas] y sobre todo como una tecnología que abría nuevas y buenas expectativas para la medicina”. España entra en el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) y en la Agencia Europea de Energía Nuclear (ENEA) de la OCDE, en 1959, y en el Conseil Européen pour le Recherche Nucléaire (CERN), dos años más tarde.

A partir de 1964, la JEN tuvo que compartir su espacio de influencia con otros poderes, especialmente el de las empresas eléctricas. En el relato de la incursión de España en el desarrollo de la tecnología de los reactores rápidos, iniciada en los años 60 -en marzo de 1968 se puso en funcionamiento el reactor rápido experimental Coral 1-, la autora analiza la divergencia de intereses entre las empresas eléctricas y el

Estado. Con referencia al ambicioso plan energético aprobado en 1975, también estudia la importante participación de la industria nuclear de bienes y servicios en las llamadas centrales de segunda y tercera generación.

Como había ocurrido con los reactores de investigación, las once centrales nucleares que llegaron a conectarse a la red eléctrica en España entre 1968 y 1988, “se convirtieron en lugares por los que circularon y transitaron nuevas prácticas científicas y tecnológicas, donde se inauguraron nuevas políticas y alianzas y donde se ensayaron nuevas formas de gestionar no sólo las políticas sino los asuntos que, relacionados con la sociedad, derivaron de los nuevos desarrollos científicos y tecnológicos”. Entre las principales conclusiones, el desarrollo nuclear español “pone en entredicho en primer lugar los éxitos de las políticas autárquicas”, sostiene la autora, así como “la idea tecnócrata de que la modernización, la apertura y el desarrollo económico, científico y tecnológico es posible al margen de la política y la ideología”.

Finalmente, el artículo titulado “Cultura tecnológico-política sectorial en contexto semiperiférico: el desarrollo nuclear en la Argentina (1945-1994)”, a cargo de Diego Hurtado -investigador de la Escuela de Humanidades de la Universidad Nacional de San Martín en Buenos Aires- intenta una historia política e institucional de cuatro décadas de desarrollo nuclear argentino. El primer indicio claro de un esbozo de política nuclear en la Argentina se pone en evidencia con la decisión de construir -en lugar de comprar- el primer reactor de investigación en la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), que va a dar inicio a una línea de desarrollo incremental de reactores de investigación que hará posible que la Argentina, en 1977, concrete la primera exportación de este instrumento a Perú.

88

Tomada la decisión de comprar la primera central de potencia, Hurtado señala cómo los principales componentes de una política nuclear ya consolidada “la búsqueda de la autonomía tecnológica [...], el impulso del proceso de industrialización y el liderazgo científico-tecnológico regional, por momentos conceptualizado como parte del proyecto de integración regional, por momentos desde los intereses comerciales proyectados sobre la potencialidad de un mercado nuclear regional”. No es independiente de estos objetivos la posición argentina frente a los tratados de Tlatelolco y No Proliferación de Armas Nucleares y a las llamadas “explosiones pacíficas” intensamente promovidas por los Estados Unidos. Con la llegada de la última dictadura militar (1976-1983), la frágil economía heredada no fue un obstáculo para un ingente incremento de las inversiones en el área nuclear.

La paradoja analizada durante este período tiene como componentes, por un lado, la orientación pacífica e industrialista del programa nuclear argentino y, por el otro, el contexto de terrorismo de estado y un escenario macroeconómico que inició un proceso de franca desindustrialización. Otra variable analizada en este período es el incremento de las presiones de los países exportadores, especialmente de los Estados Unidos, que incluyen violaciones unilaterales de los acuerdos firmados. Con el final de la dictadura, en un contexto de hiperinflación y endeudamiento externo, la incipiente democracia hereda un plan nuclear sobredimensionado.

El proceso dominante durante el retorno a la democracia se relaciona con la exportación de reactores de investigación por la empresa INVAP SE (Investigaciones Aplicadas Sociedad del Estado) y con las iniciativas de integración nuclear con Brasil, que convergen a comienzos de los años 90 en la creación de un sistema común de control de materiales nucleares. De acuerdo con el autor, las políticas neoliberales de esta década desarticularon y pusieron fin a 40 años de una relativa coherencia programática en el área nuclear. Sin embargo, tras un interregno de poco más de diez años, el desarrollo nuclear fue reactivado en 2006 a partir de la continuación de la tercera central de potencia que había quedado paralizada durante más de dos décadas y hoy día se asiste a un “proceso de rápida reestructuración de la comunidad nuclear”.

La primera observación que surge del conjunto de los trabajos es el impacto que el programa *Átomos para la Paz*, impulsado por los Estados Unidos a comienzos de los años 50, tuvo en los estadios iniciales de los desarrollos nucleares analizados. Mientras que Domínguez señala este programa como indicio de la “inequívoca tendencia de los norteamericanos a favor del lucro”, que a su vez “determinó el paso de la masacre de Hiroshima a la venta de tecnología nuclear con fachada pacifista”, Ana Riberiro de Andrade destaca que este programa fue “concebido como un instrumento de propaganda y política exterior” de los Estados Unidos. En la misma línea, Hurtado atribuye al programa *Átomos para la Paz* la intención de hacer que “la industria norteamericana fuera la primera en establecer vínculos comerciales con los estadios iniciales de los programas nucleares de los países en desarrollo”. Si bien Romero de Pablos coincide al asignarle “el objeto de apoyar y poner en marcha proyectos atómicos pacíficos que dejaran en el olvido los desastres ocasionados por las bombas”, también invierte el punto de vista y evalúa que, para España, este programa “se convirtió en un elemento importante en las nuevas relaciones internacionales que estableció el gobierno franquista a mediados de la década de los cincuenta”.

89

En este contexto, España, Argentina y Brasil firmaron, entre julio y agosto de 1955, idénticos acuerdos de colaboración con los Estados Unidos. Mientras que Brasil y España compraron su primer reactor al país norteamericano, la Argentina decidió construirlo en base a los planos de un reactor de entrenamiento estadounidense. Cuatro años más tarde, México también compró su primer reactor de investigación a los Estados Unidos después de firmar un acuerdo de cooperación nuclear del que también participó el OIEA. En este primer estadio, una especificidad propia del caso de Brasil fueron las presiones de los Estados Unidos motivadas por su intención de “acceder” a los abundantes minerales de uso nuclear -especialmente uranio y torio- presentes en territorio brasileño.

Ahora bien, si en los inicios de la “era atómica” los cuatro países analizados tuvieron acceso a la tecnología de los reactores de investigación y aceleradores de partículas -incluso, como muestra Riberiro de Andrade, puede decirse que fueron alentados desde la arena internacional por campañas de propaganda-, en la medida en que se fue regulando este “mercado” de tecnología el acceso a los reactores de potencia fue cada vez más complejo y problemático. En este sentido, una constante

fuente de debate interno y de conflicto externo fue el acceso al uranio enriquecido, cuyo único proveedor hasta la década de 1970 fue Estados Unidos. Los costos de este insumo -puestos en cifras por Domínguez-, así como su carácter “sensible”, fueron un obstáculo para los objetivos de los cuatro países analizados. Romero de Pablos destaca los problemas para disponer de uranio enriquecido para el reactor reproductor español. Estados Unidos se negó a proveer este insumo para el primer reactor de investigación que logró exportar la Argentina. En este caso y en el de Brasil, estas restricciones motivaron el impulso de programas secretos de enriquecimiento de uranio, hoy públicos y en vigencia. Desde fines de los años 70, el problema de la proliferación nuclear, la restricción de las llamadas “tecnologías sensibles” y las ambiciones comerciales de los países exportadores de tecnología nuclear van a formar parte de un mismo núcleo inextricable de intereses.

En este punto, resulta claro que el vínculo de España con los Estados Unidos era muy diferente a los vínculos que la potencia dominante intentó construir con la Argentina, Brasil y México. Así, mientras para el caso español la autora propone el concepto de “circulación”, en los estudios de países latinoamericanos los autores asumen como dominantes las relaciones asimétricas. Mientras que en los casos de Brasil y la Argentina domina la perspectiva centro-periferia -en especial, el artículo dedicado a la Argentina trabaja el concepto de semiperiferia-, Domínguez parte de asumir que “un país como México con frecuencia se encuentra supeditado a dinámicas exógenas”.

90

Indudablemente uno de los puntos de mayor interés que surge de este dossier son las diferentes dinámicas de interacción de los programas nucleares con las industrias locales, así como las estrategias o iniciativas de los respectivos Estados para fomentar su participación. Es claro que en los cuatro países el desarrollo nuclear aparece asociado a ideas de progreso, modernización y desarrollo industrial. Un delegado mexicano en las Naciones Unidas -cuenta Domínguez- sostenía en 1955: “México comparte la esperanza de que la fuerza industrial que se derive del átomo, se emplee para acortar las distancias que, en el orden económico, separan a las naciones [...]”. En este sentido, lo más relevante parece encontrarse en las especificidades de cada país.

Siendo el programa nuclear español, el de mayor envergadura de los aquí analizados, es comprensible encontrar que éste es el caso de mayor complejidad y densidad en su relación con el sector industrial. Puede servir de ejemplo el programa de reactores rápidos. Romero de Pablos trabaja la fluida interacción de la JEN con la industria española y señala que este programa hizo posible “un alto grado de ‘nacionalización’ de la industria nuclear” al no requerir una tecnología complicada y al utilizar “plutonio nacional”, quedando el país liberado de “las gravosas importaciones de uranio [enriquecido]”. Esta participación se iba a potenciar desde fines de los años 60 con el programa de centrales de potencia españolas, que “favoreció el que se abrieran otros horizontes para el desarrollo industrial”. Aunque ninguno de los reactores de potencia que se instalaron en España fueron de fabricación española, sí potenciaron el desarrollo de un nuevo espacio industrial y empresarial que, favorecido por el crecimiento del consumo energético, repercutió en la reorganización de las compañías eléctricas.

En el caso de Brasil, puede destacarse el acuerdo con Alemania Federal a mediados de los años 70, “un negocio del orden de diez mil millones de dólares [...] conocido internacionalmente como el acuerdo del siglo”. Nuclebrás, empresa estatal encargada de la ejecución del acuerdo, “copiando el modelo adoptado en la época por empresas de capital privado nacional, constituyó subsidiarias bajo la forma de joint ventures”. También fueron centrales los procesos de interacción de los sectores militar e industrial, los esfuerzos por alcanzar la autonomía nuclear y la exigencia de un tratamiento ecuánime para Brasil respecto a los límites de inspección del OIEA.

En el caso de la Argentina, pueden destacarse la creación en los 60 del Servicio de Asistencia Técnica a la Industria para fomentar la creación de un sector industrial proveedor del programa nuclear, dirección que intentaría atravesar el proceso de desindustrialización iniciado por la política económica de la última dictadura, y la creación de la empresa de tecnología INVAP SE a mediados de los 70, que junto con el apoyo de la CNEA desarrolló la tecnología de enriquecimiento de uranio y que en los años 80 comenzó a exportar reactores de investigación a países en desarrollo.

Ahora bien, la riqueza y complejidad que se insinúa en los trabajos del presente dossier parecen sugerir la necesidad de un tratamiento exclusivamente enfocado en el rol que jugaron las industrias nacionales en los programas nucleares de los cuatro países aquí estudiados. En este contexto, una singularidad que merece ser trabajada en profundidad es la colaboración nuclear argentino-brasileña en el terreno industrial.

Resulta sugerente que en los tres artículos dedicados a los países de América Latina aparezca el concepto de “pragmatismo”. Si bien cada artículo lo utiliza para periodos y situaciones aparentemente diversas, todos tienen en común -también el caso español- la referencia a la necesidad de avanzar en cuestiones de política tecnológica en circunstancias restrictivas que podríamos caracterizar como estructurales y que, como tales, condicionaron fuertemente los procesos de toma de decisiones. En este sentido, las relaciones internacionales ocupan un lugar protagónico en los cuatro relatos. Por ello cabe preguntarse: ¿en qué medida los desarrollos nucleares articularon las relaciones internacionales, no solo científicas, de estos países? O incluso, ¿hasta qué punto permite la energía nuclear hablar de una nueva geografía?

91

Los ejemplos estudiados muestran la multiplicidad de actores que participaron de la toma de decisiones y las formas específicas en que las soluciones técnicas y científicas estuvieron fuertemente condicionadas por cuestiones que respondían a estrategias políticas, económicas y empresariales. Los fuertes vínculos con la guerra y la seguridad nacional que están en los propios orígenes de la tecnología nuclear fueron potenciados por el franquismo en España y por los gobiernos dictatoriales en la Argentina y Brasil, procesos políticos que fortalecieron el protagonismo de los sectores militares de estos países en la orientación tanto de los procesos de toma de decisiones como de los componentes ideológicos y las trayectorias institucionales. ¿Qué huellas ha dejado este pasado de autoritarismo en las dinámicas y modos de organización de los sectores nucleares? Indudablemente, el presente dossier avanza sobre la comprensión de este tópico y enfatiza la necesidad de profundizar la

influencia de los sectores militares en los desarrollos de tecnologías “estratégicas” de los países de Iberoamérica.

Al margen de los aportes a la actualización de la comprensión de los programas nucleares nacionales, creemos que el conjunto de los artículos aquí presentados también pone en evidencia la necesidad de fortalecer las perspectivas comparadas en el área de los estudios sociales y políticos de la ciencia y la tecnología en Iberoamérica como condición de posibilidad para avanzar sobre cuestiones como el reconocimiento de rasgos, modalidades y estilos tecnológicos nacionales, de determinantes (o condicionantes) regionales, y de la relevancia de variables socio-culturales, así como para explorar el rol del acceso a las tecnologías -ya mediante la compra o el desarrollo autónomo- como estructurador de las relaciones internacionales para países que no integran el grupo de potencias exportadoras de tecnología.

**Diego Hurtado y Ana Romero de Pablos**

## **Bibliografía**

ADLER, E. (1987): *The Power of Ideology: The Quest for Technological Autonomy in Argentina and Brazil*, Berkeley, University of California Press.

BARCA I SALOM, F. X. (2009): “Dreams and needs: the applications of isotopes to industry in Spain in the 1960s”, *Dynamis*, vol. 29, pp. 307-336.

CABRAL, R. (1990): *The Nuclear Technology Debate in Latin America*, Suecia, University of Gothenburg.

CARASALES, J. (1997): *De rivales a socios. El proceso de cooperación nuclear entre Argentina y Brasil*, Buenos Aires, Grupo Editor Latinoamericano.

COURTNEY, W. (1980): “Nuclear Choices for Friendly Rivals”, en J. Yager (ed.): *Nonproliferation and U.S. Foreign Policy*. Washington, D.C., Brookings Institution, pp. 241-279.

DE LA COURT, T.; PICK, D. y NORDQUIST, D. (1982): *The Nuclear Fix. A Guide to Nuclear Activities in the Third World*, Amsterdam, World Information Service on Energy.

HYMANS, J. (2006): *The Psychology of Nuclear Proliferation*, Cambridge University Press.

LUDDMANN, M. (1983): “Nuclear Power in Latin America: An Overview of Its Present Status”, *Journal of Interamerican Studies and World Affairs*, vol. 25, n° 3, pp. 377-415.

NEW YORK TIMES (2012): "Nuclear Power After Fukushima" (Editorial), 26 de mayo, p. A20. Disponible en: <http://www.nytimes.com/2012/05/26/opinion/nuclear-power-after-fukushima.html>.

OLADE (2008): *Informe de Estadísticas Energéticas 2007*, Quito. Disponible en: <http://www.olade.org/sites/default/files/publicaciones/IEE-2007.pdf>.

PONEMAN, D. (1982): *Nuclear Power in the Developing World*, Londres, George Allen and Unwin.

REDICK, J. (1972): *Military Potential of Latin American Nuclear Energy Programs*, Londres, Sage Publications.

REDICK, J. (1975): "Regional Nuclear Arms Control in Latin America", *International Organization*, vol. 29, n° 2, pp. 415-445.

REDICK, J. (1995): "Nuclear Illusions: Argentina and Brasil", *Occasional Paper No 25, Washington*, The Henry L. Stimson Center.

REISS, M. R. (1995): *Bridled Ambition. Why Countries Constrain Their Nuclear Capabilities*, Baltimore, The Johns Hopkins University Press.

REUTERS (2012): "Ex-Japan PM joins anti-nuclear demo outside PM's office", 20 de julio. Disponible en: <http://www.reuters.com/article/2012/07/20/japan-nuclear-idUSL4E8IK2RD20120720>.

93

SANTESMASES, M. J. (2009): "From prophylaxis to atomic cocktail: circulation of radioiodine", *Dynamis*, vol. 29, pp. 337-364.

SIEMENS (2012): "One year after Fukushima - Germany's path to a new energy policy". Disponible en: <http://www.siemens.com/press/pool/de/feature/2012/corporate/2012-03-energiewende/factsheet-e.pdf>.

SOLINGEN, E. (1996): *Industrial Policy, Technology, and International Bargaining: Designing Nuclear Industries in Argentina and Brazil*, Stanford, Stanford University Press.

SPECTOR, L. (1985): *The New Nuclear Nations*, Nueva York, Carnegie Endowment for International Peace.

WROBEL, P. y REDICK, J. (2006): "Nuclear Cooperation in South America: The Role of Scientists in the Argentine-Brazilian Rapprochement", *Annals of the New York Academy of Sciences*, vol. 866, pp. 165-181.

## Los orígenes de la física nuclear en México

### *The origins of nuclear physics in Mexico*

Raúl Domínguez Martínez \*

Partiendo de la idea de que el desarrollo científico y tecnológico en un país como México con frecuencia se encuentra supeditado a dinámicas exógenas que no se corresponden cabalmente con las condiciones de la actividad científica y tecnológica local ni con necesidades internas de la planta productiva, el siguiente estudio describe y analiza las formas de articulación que se dieron lugar en una coyuntura específica para relacionar imperativos internacionales, perspectiva política y formas institucionales de trabajo académico y de investigación, con el objetivo de incorporar a México a la era nuclear por medio de la puesta en marcha de programas de investigación en ese campo, adquisición de equipos tecnológicos sofisticados y creación de entidades institucionales correlativas al campo (entre ellas la Comisión Nacional de Energía Nuclear). Se trata, visto desde otra perspectiva, de la imposición de un paradigma ocurrido en el contexto de la Guerra Fría y matizado por diversos convenios de cooperación e intercambio, impulsando de esa manera un avance de la física que no tuvo un desarrollo concomitante en otros campos, así como tampoco en otras áreas de investigación científica y tecnológica. Las condiciones locales de este proceso determinaron que fuese la UNAM la protagonista principal.

**Palabras clave:** física nuclear, Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional de Energía Nuclear, política científica y tecnológica

*Based on the premise that the scientific and technological development in a country like Mexico is frequently conditioned to external dynamics that do not correspond precisely with the situation of the local activity nor with the internal necessities of the productive plant, this study describes and analyzes the articulation that originated in an specific juncture in which international imperatives, political perspectives and institutional modalities of investigation and academic work sought to incorporate Mexico to the nuclear era by developing programs of investigation in that field, by the acquisition of technologically sophisticated equipment and by the creation of institutional entities related to the field (the National Commission of Nuclear Energy is one of them). From another perspective, this paper also debates about the imposition of a paradigm during the Cold War, toned down by agreements of cooperation and interchange, that resulted in the stimulation for the development of physics in that field which was neither concomitant with the development in other fields nor with the scientific and technological research in other areas. The local conditions of this process determined that the National Autonomous University of Mexico (UNAM) would be its main protagonist.*

**Key words:** nuclear physics, National Autonomous University of Mexico, National Commission of Nuclear Energy, science and technology policy

\* Doctor en Historia, investigador titular "A" de tiempo completo en el Instituto de Estudios sobre Universidad y Educación y profesor de asignatura en la Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Correo electrónico: josedm@unam.mx.



## Introducción

Como en muchos otros casos del acontecer científico y tecnológico que tiene lugar en países como México -ubicados en posiciones de marginalidad en el esquema de la división internacional del trabajo- la puesta en marcha de programas de investigación dentro del campo de la física nuclear estuvo determinada por una dinámica exógena. Este fenómeno no fue el resultado de un desarrollo especializado dentro de los trabajos de investigación locales en la rama de la física, ni la respuesta a demandas estratégicas en los programas nacionales de desarrollo científico y tecnológico, y mucho menos la consecuencia de una decisión en el sentido de incorporar los trabajos de investigación realizados en México a estándares internacionales de frontera. Fue, en cambio, la reacción a una mecánica de reacomodo de un paradigma científico que había alcanzado un elevado nivel de sofisticación en su expresión tecnológica a consecuencia de imperativos militares.

En efecto, el enorme desarrollo logrado por los Estados Unidos en el campo de la física nuclear tuvo lugar a partir del así denominado *Proyecto Manhattan*, puesto en marcha como dispositivo estratégico para la participación de ese país en la guerra mundial. Este proyecto reunió a una verdadera pléyade de científicos, no sólo especialistas en los campos de frontera de la física, sino de otros como la química y las ingenierías; nombres como los de Böhr, Fermi, Chadwick, von Neumann y muchos otros de primera línea se congregaron bajo la dirección de Robert Oppenheimer en un lugar secreto de Nuevo México (Kunetka, 1978). Los recursos financieros que absorbió fueron cuantiosos, constituyendo un caso de excepción que de otra forma no se explicaría con la lógica de la inversión que practican los norteamericanos. El resultado fue la instauración de un paradigma científico acompañado de una aplicación tecnológica altamente sofisticada, con un ritmo de innovación sostenido, lo que supuso no sólo la necesidad regular y ampliada de recursos sino también la justificación económica, política y científica de semejante gasto una vez que fue superado el conflicto bélico con la brutal demostración de fuerza sobre Japón. Poco menos de un mes antes de los sucesos de Hiroshima y Nagasaki, el equipo reunido en Alamogordo realizó con fines experimentales la primer detonación nuclear en la historia de la humanidad, bajo estrictas medidas de seguridad para evitar que el acontecimiento se hiciese público, pero después de los días 5 y 9 de agosto de 1945, el mundo entero conoció bajo una mezcla de fascinación y terror el flamante dispositivo científico-tecnológico: la era atómica había comenzado.

Resulta evidente que el móvil principal del programa norteamericano para dar continuidad y desarrollo a la investigación en física nuclear después de la guerra estuvo constituido por la pretensión de afianzar una posición hegemónica, valiéndose de este recurso de “disuasión”. Para tales efectos se diseñó una estrategia política con miras a la creación de condiciones que permitiesen la formación de un virtual monopolio. Los orgullosos poseedores de “la bomba” contaban con que el reconocimiento generalizado de su supremacía habría de traducirse de manera más o menos automática en una práctica también generalizada de subordinación. De hecho, las iniciativas en este sentido por parte de los Estados Unidos comenzaron apenas terminada la guerra, ya en el contexto de lo que sería conocido como la *Guerra Fría*, consecuencia de una bipolaridad visible desde las negociaciones, y en

particular después de la Conferencia de Yalta. En noviembre de 1945 el “know how” de la fisión nuclear fue compartido con las potencias vencedoras, pero únicamente con las angloparlantes (Canadá e Inglaterra), dejando al margen a la Unión Soviética, respecto de la cual se acordó de forma explícita no compartir la información.

Los pasos consecuentes que dieron los estadounidenses para consolidar la ventaja nuclear no se hicieron esperar. Poco más de un año después de la creación oficial de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), el 14 de junio de 1946, se celebró la primera reunión de la Comisión sobre Energía Nuclear. En este foro se presentó lo que se conocería como *Plan Baruch*, debido al nombre del representante oficial de los Estados Unidos, por medio del cual pretendían establecer un procedimiento de control de la proliferación y empleo de arsenales nucleares bajo supervisión de ellos mismos. El plan suponía la inspección de fuerzas y recursos militares de las otras potencias y la destrucción de los arsenales nucleares propios una vez que quedase demostrada la inexistencia de cualquier tentativa en ese sentido.<sup>1</sup>

El siguiente episodio fue montado por los Estados Unidos unas semanas más tarde, en el atolón de Bikini, a donde fueron convocados científicos de doce países para atestiguar un par de detonaciones nucleares entre el 1 y el 25 de julio. La impresión provocada por el siniestro espectáculo aglutinó a la mayoría de las representaciones en torno a la idea del uso pacífico de la energía nuclear, reconociendo a la hasta entonces única potencia atómica como garante de ese propósito. La Unión Soviética, sin embargo, no pudo coincidir en ese acto de fe y en un contexto de rivalidades exacerbadas dio inicio a sus propias investigaciones para equilibrar la ventaja estratégica. En septiembre de 1949, la agencia TASS informó de una prueba nuclear en territorio soviético, teniendo inicio así la carrera armamentista.

97

Resulta bastante fácil inferir el peso específico que lograron esa clase de argumentos en el proceso de instauración de un paradigma científico, dando lugar a un rápido consenso de la comunidad científica internacional. Numerosos países que apenas habían incursionado en el campo de la física atómica, incorporando no más que alguna asignatura especializada en los planes de estudio de sus instituciones educativas, se sintieron apremiados por una participación mucho más activa. El atraso relativo tendría que ser subsanado con programas urgentes de formación de cuadros profesionales, puesta en marcha de programas de investigación, obtención de equipos, canalización de financiamiento y, por supuesto, establecimiento de convenios de intercambio y colaboración.

A manera de corolario de la ruta seguida por los Estados Unidos, el entonces presidente Eisenhower presentó ante la Asamblea General de la ONU el proyecto denominado *Atoms for Peace* el 8 de diciembre de 1953. La inequívoca tendencia de los norteamericanos a favor del lucro determinó el paso de la masacre de Hiroshima a la venta de tecnología nuclear con fachada pacifista. En esa oportunidad, el

1. Baruch, B. (1981): “United States proposals for the control of atomic energy”, Apud. Brian Easlea: *La liberación social y los objetivos de la ciencia*, p. 399.

funcionario ofreció someter al congreso una iniciativa para apoyar cualquier plan de investigación en todo el mundo para los usos pacíficos más eficaces del material fisiónable. Esta alternativa, diseñada por los norteamericanos cuando estos ya contabilizaban 43 explosiones nucleares, terminó por convencer a las naciones de la conveniencia de explorar e incorporarse a la tecnología nuclear para la producción de energía. Este último eslabón de la cadena, al conferir un cierto grado de viabilidad a las naciones subdesarrolladas, consumó un proceso mediante el cual se impuso una actividad científica-tecnológica de alto grado de sofisticación y de elevados costos, a países que, como México, apenas contaban con un infraestructura científica incipiente y una escala de necesidades dentro de las cuales, naturalmente, no se encontraba la creación de centrales nucleares. Tal dinámica se antoja como una evidencia de la ley del desarrollo desigual y combinado.

El proceso descrito conformó desde luego un patrón de imposición de amplia cobertura, en donde los niveles diferenciados de asimilación y de incorporación al nuevo paradigma estuvieron determinados por contextos particulares. En el caso de México, dos circunstancias se articularon para definir las modalidades de la puesta en marcha de los programas de investigación en física nuclear: 1) la red de relaciones de dependencia respecto de los Estados Unidos, las cuales han operado desde una perspectiva histórica en niveles que van de la economía a la política, pero también incluyen la ciencia; y 2) la coyuntura local abierta precisamente al impacto de la Segunda Guerra Mundial, mediante la cual los mexicanos dieron inicio a un proyecto de industrialización en la versión de la sustitución de importaciones. Se trató, para decirlo de otra manera, de una situación en donde el prurito de una modernización que llamaremos “refleja” -por la ausencia de condiciones autónomas de gestación-facilitó en gran medida la introducción de una actividad científica considerada moderna por antonomasia.

98

Entendida la ciencia como producto social, con las características que le son correlativas y que la ubican en un plano de correspondencia funcional respecto a la circunstancia que le dio origen, las formas concretas de articulación con las cuales se realiza una transferencia hacia realidades sociales que en principio le son ajenas, constituyen un proceso que en varios de sus rasgos esenciales reproduce el fenómeno de la dependencia. No se trata únicamente de la imposición de un paradigma, o de patrones de investigación y de campos y objetos de estudio bien delimitados, sino de manera principal, de una dinámica según la cual el desarrollo científico de la nación receptora se encuentra supeditado a las formas, a los contenidos, a la cobertura y a los objetivos que se encuentran vigentes en el país de origen. Desde luego esta faceta de la dependencia tiende a reproducir y a reforzar desde su especificidad los mecanismos de base de la dependencia en un ámbito más general.

Se trata, para expresarlo de otra manera, de una variante específica de la lógica de la dependencia, en donde, a través de la asesoría y la colaboración en áreas científicas de punta, ofrecida y concedida por los países de mayor desarrollo, se incide en la gestación de una doble demanda, de bienes culturales y de bienes económicos de sustrato tecnológico. Lo anterior se refiere naturalmente a mecanismos estructurales no sujetos a acciones de voluntad personalizadas, que

producen el efecto, en el ámbito del desarrollo científico del país receptor. Este tipo de estimulación se verifica, de manera general, en condiciones de ausencia de una tradición científica local y de una incapacidad relativa para asegurar la continuidad de un determinado programa de investigación en términos de calidad y de cantidad, lo cual se puede constatar a través de la observación de distintas variables, como las que se refieren a: infraestructura de investigación disponible, financiamiento, recursos humanos especializados, condiciones de articulación con el aparato productivo, correspondencia con otras áreas de investigación científica de punta locales, y otras de menor peso específico relativo como: marcos jurídicos, reconocimiento social y gestión política.

Es evidente que la mencionada transferencia se suele llevar a efecto sobre la condición de dispositivos institucionales. En el caso particular de México habría que mencionar, de manera muy destacada, la existencia de convenios de cooperación y asistencia científico-tecnológica, entre los cuales cobró una importancia fundamental la recepción de alumnos mexicanos en universidades extranjeras. El antecedente directo de este tipo de mecanismos de colaboración en los que México estuvo involucrado fue el Convenio de Buenos Aires, celebrado en la capital argentina en diciembre de 1936 y ratificado por México en febrero de 1941. El documento, cuya denominación formal es la de “Convención para el fomento de las Relaciones Culturales Interamericanas,” establecía la obligación de conceder anualmente dos becas a estudiantes graduados o maestros de cada uno de los países signatarios.<sup>2</sup> En este sentido podemos asentar que la plataforma sobre la cual se desplegó la incorporación a los programas de investigación en física nuclear estuvo constituida por las primeras generaciones de científicos mexicanos egresados de instituciones norteamericanas.

99

En efecto, los promotores principales que hicieron factible la incorporación de México a la física nuclear fueron en su momento estudiantes del Massachusetts Institute of Technology (MIT), de Harvard o de John Hopkins, todos ellos becarios de la Fundación Guggenheim. Estos cuadros especializados debieron desempeñarse en su oportunidad como funcionarios dentro de la administración pública federal, dado el muy escaso número de científicos de que disponía el país hasta la primera mitad del siglo XX. Sin embargo, este doble papel de académicos y de funcionarios permitió cierta fluidez al fomento de una ciencia local que de otra manera se habría tenido que enfrentar a la negligencia característica de la burocracia. Se trata de los doctores en ciencias Manuel Sandoval Vallarta, Alfredo Baños, Carlos Graef Fernández y Nabor Carrillo, especializados en física con excepción del último, quien se dedicó a la mecánica de suelos.

Resulta evidente que, por el solo hecho de haber realizado su formación científica en los Estados Unidos, el desempeño profesional de estos personajes quedó permeado y comprometido de lo que podríamos llamar “el estilo norteamericano de hacer ciencia”. Pero no se trata sólo de este aspecto de lógica reproducción de

2. “Convenio para el fomento de las Relaciones Culturales Interamericanas”, *Diario Oficial. México*, 3 de abril 1941, p. 3.

estándares académicos lo que explica el fenómeno de la dependencia, sino, de manera importante, de los nexos establecidos con las instituciones y con sus miembros prominentes. Así observamos que todas las ramas científicas que se iban abriendo en México en el espectro de la física y de la matemática durante la primera mitad del siglo, se encuentran relacionada de manera íntima a celebridades de la ciencia norteamericana y a sus respectivas instituciones, como Harlow Shapley en astronomía o Salomón Lefshetz en matemáticas. Desde luego esta dinámica tuvo como eje principal a Sandoval Vallarta, el más destacado de los científicos mexicanos de la época, profesor del MIT, discípulo de Einstein y de Plank y creador de la teoría Lemaître-Vallarta sobre rayos cósmicos. La intensa actividad de este experto en física teórica estuvo combinada con sus tareas como funcionario, presidiendo diversos organismos, de tal suerte que su prestigio académico, por un lado, y la capacidad ejecutiva de la que estuvo investido, por el otro, lo llevaron a desempeñar un papel decisivo en el desarrollo de la ciencia en general y de la física nuclear en particular.

La situación de la física nuclear en México previa a la gentil invitación norteamericana era, por decir lo menos, precaria. De hecho se reduce a dos antecedentes: 1) la llegada al país de la doctora Marieta Blau, quien escapaba de la persecución nazi y fue invitada precisamente por Sandoval Vallarta para impartir cursos en una universidad michoacana; y 2) la introducción de una asignatura sobre física atómica en 1939 para el Plan de Estudios de la recién creada Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional a iniciativa de Alfredo Baños, fundador del Instituto de Física de esa misma institución. Ninguno de estos dos antecedentes logró trascender; la Dra. Blau emigró a los Estados Unidos ante el riesgo de parálisis intelectual que la amenazaba, terminando los aparatos de gabinete diseñados por ella en un remate de objetos raros. La cátedra propuesta por Baños continuó, en tanto, en los cursos de maestría, pero sin ninguna conexión con la investigación.

Fue, como ya se mencionó, el acontecimiento de las detonaciones nucleares sobre las cabezas de los japoneses y la demostración en los mares del Pacífico sur lo que convenció a las autoridades mexicanas y a esta comunidad de científicos de la urgencia de incorporar a la física nuclear. Fue Nabor Carrillo, junto con un representante militar del Estado Mayor, quien fuera seleccionado para presenciar la prueba en el Atolón de Bikini. En esos momentos, el Dr. Carrillo era coordinador de la Investigación Científica de la Universidad Nacional, jefe de la sección de Investigaciones Mecánicas de la Comisión Impulsora y Coordinadora de la Investigación Científica en México y, desde luego, hombre de toda la confianza del presidente de la República. La reacción fue inmediata. “La necesidad de proceder con máxima rapidez en relación con las labores de esta Comisión nos parece de importancia primordial”, manifestó el delegado en el informe que se rindió a la presidencia.<sup>3</sup>

México contaba entonces con dos instituciones de educación superior de cobertura nacional en las que se concentraba el mayor acopio de recursos, no sólo financieros

3. AHUNAM. F: Nabor Carrillo. Sección: Desarrollo Profesional. Caja 3, exp. 16, doc. 577. Carrillo, Nabor. “Las Pruebas de Bikini”, p. 109.

-entre ambas absorbían más de las dos terceras partes del presupuesto federal destinado a educación superior-, sino en todos los demás órdenes, en donde se incluía desde luego las matrículas más altas del país. En el terreno de la investigación, estas instituciones -Universidad Nacional e Instituto Politécnico Nacional- eran responsables de casi la totalidad de la investigación científica realizada en el territorio y concentraban, por lo mismo, a la inmensa mayoría de los científicos en activo. En 1938, cuando a nivel internacional se descubrió la fisión nuclear, habían tenido lugar dos acontecimientos de primer orden en lo que al asunto de la física se refiere: la creación del Instituto de Física y la de la Facultad de Ciencias, en la Universidad Nacional. El Instituto fue asignado a la dirección del Dr. Alfredo Baños, de hecho el primer doctor en física residente en México, ya que Sandoval Vallarta se encontraba entonces en el extranjero. En 1939 apareció también el primer trabajo desarrollado no en el Instituto, pero sí en contacto directo con él, en una publicación internacional especializada, la *Journal of Mathematics and Physics*, editada en los Estados Unidos. Se trató de una obra conjunta de Graef y Kusaka -ambos discípulos de Sandoval Vallarta- titulada "On periodic orbits in the equatorial plane of magnetic dipole". De esta manera, cuando emergió la invitación para que México se sumara a la investigación en física nuclear, el depositario del programa sería naturalmente el Instituto de Física de la propia Universidad Nacional, si bien hasta ese momento no había emprendido ninguna investigación relativa a tales materias.

Así, llegado el momento, las autoridades académicas debieron contagiar su entusiasmo a las autoridades federales, dado que en México ninguna entidad era realmente autónoma y todo movimiento importante debía pasar por la aprobación de la presidencia de la República. No fue difícil. El clima que imperaba entonces era de mucha cordialidad entre los países vecinos y las relaciones diplomáticas entre México y los Estados Unidos se hallaban en un punto óptimo. La guerra, que había obligado a los norteamericanos a una rápida reconversión industrial para orientar su producción hacia la campaña bélica, dio la oportunidad a los mexicanos de poner en marcha un programa de industrialización según el recurso de la sustitución de importaciones de bienes de consumo e intermedios. La confianza en el porvenir era patente y las autoridades se apresuraron a apoyar todas las medidas encauzadas a ese fin.

En este marco cobró nuevo impulso la educación superior y con ella la Universidad Nacional, que seguía siendo la institución por antonomasia. Desde luego debemos aclarar que esta proyección universitaria se redujo a la formación de cuadros profesionales que demandaba de forma potencial la naciente industria local, así como el sector de servicios y que, por lo tanto, no incluía a la investigación, la cual siguió desarrollándose *ex-officio* por los propios universitarios. Esta consideración resulta importante para precisar y acotar el caso de la física nuclear: el interés mostrado por el gobierno federal en torno a este asunto, que desde luego coincidía con el de los científicos sólo en algunos puntos, se perfilaba con entera claridad hacia un posible aprovechamiento futuro de la energía y, de manera más general, hacia sus empleos pacíficos. México era ya un importante productor de petróleo y la conveniencia de adelantarse a una fuente alternativa que aparecía entonces como inevitable e indefectible, resultaba contundente. Por esas razones el gobierno federal se decidió

al apoyo de la investigación universitaria, procedimiento ciertamente inusual. Y fue, de nuevo, la Universidad Nacional la elegida para tales efectos, ya que la total inexistencia de expertos en esa materia en México obligaría a recurrir a esa instancia para formar los cuadros necesarios, con miras en el mediano y largo plazo, a la creación de una Comisión de Energía Nuclear de carácter Nacional y bajo control directo de las autoridades centrales.

El paso decisivo se logró gracias a las gestiones emprendidas por autoridades universitarias, en particular por la intervención del entonces rector Luis Garrido y del coordinador de la Investigación Científica, Nabor Carrillo, a quienes se debe la llegada del acelerador de partículas Van de Graaff. Donado por el mismo presidente de la República y con un costo superior a siete veces el presupuesto anual del Instituto de Física, el acelerador de 2 millones 200 mil MeVolts fue construido por la *High Voltage Engineering Corporation*, con sede en Cambridge, Massachusetts, a donde el Dr. Carrillo fue invitado a conocer los equipos y los trabajos realizados por el Dr. William Buechner, por iniciativa de Arturo Casagrande, ex profesor suyo en la Universidad de Harvard. Es obvio que en semejantes circunstancias la investigación nuclear en México quedó desde su nacimiento, comprometida y supeditada a la realizada en los Estados Unidos. La siguiente medida se consumó cuando empezaron a ser enviados jóvenes de la nueva generación de científicos mexicanos para ser adiestrados en el manejo de los sofisticados equipos.

Este mecanismo de intercambio devino en una constante durante los años que siguieron a la guerra, ampliando el radio de acción a prácticamente todas las esferas de la actividad científica en México. Las invitaciones a personas en el extranjero fueron recurrentes en algunos casos y no se limitaron a su papel como asistentes científicos, sino que fungieron de mediadores para ampliar la red de cooperación institucional. Así, por ejemplo, uno de los invitados de honor en las ceremonias de 1952 con las que se conmemoró el 400° aniversario de la fundación de la Universidad Nacional, el prof. Carl Djerassi -destacado colaborador de los trabajos en el Instituto de Química- elaboró y remitió al ahora ya rector Carrillo una lista de posibilidades de apoyo a la ciencia universitaria por parte de instituciones norteamericanas: “Yo creo - afirma en su documento el prof. Djerassi- que la UNAM no ha hecho ningún contacto con excepción de la *Rockefeller Foundation*, la que es internacional en su carácter,” para enlistar después una serie de alternativas “for financial support” entre las que se encontraba la *Ford Foundation*, el *National Research Council* y la *U. S. Atomic Energy Commission*.<sup>4</sup> Muchas de estas recomendaciones no fueron atendidas en ese tiempo por diversos motivos, entre los que se encuentra el acatamiento de las políticas oficiales en materia de diplomacia exterior, pero lo que aquí importa destacar es el hecho de la existencia de un determinado y reducido grupo de colaboradores cuya participación en los programas de investigación emprendidos por la UNAM iba más allá de la asesoría meramente científica.

4. AHUNAM. F: Universidad Nacional. R: Rectoría. Caja 44. exp. 423. “Carta al Dr. Nabor Carrillo, por el Prof. Carl Djerassi”, 1 de junio 1953, p. 3.



En el campo de la física nuclear experimental, ese fue el caso de William Buechner, diseñador y constructor del Van de Graaff en la *High Voltage Engineering Corporation*, en donde laboraba en compañía del inventor mismo del aparato, Robert Van de Graaff. “Es el instrumento más adecuado para formar en México a los técnicos del mañana”, dijo durante una de sus primeras estadias en nuestro país.<sup>5</sup> Así la relación se tornó permanente, apareciendo Buechner en las listas de invitados de la UNAM año con año. A finales de 1954, cuando este tipo de intercambios se encontraba en plena consolidación, el *Committee on International Exchange of Persons de la Conference Board of Associated Research Councils*, organismo encargado del trámite en el vecino país, envió una carta al Dr. Carrillo solicitando referencias a este tenor: “¿Posee el Profesor Buechner suficiente experiencia para tomar responsabilidades en una universidad extranjera y para representar decorosamente a sus colegas (norte)americanos? ¿Cómo será vista su candidatura por sus colegas en función de su estancia profesional? ¿Podrá él y los miembros de su familia que lo acompañarán adaptarse a una cultura extranjera y a sus condiciones de vida?” eran las preguntas formuladas por el *Committee* para presentar la candidatura al *Department of State* en los términos del acta Smith-Mundt.<sup>6</sup> La respuesta del Dr. Carrillo fue lacónica: “Debido a su integridad, su buen juicio, la reputación que se ha ganado en su campo y su contagioso amor por su trabajo, yo recomiendo con gran entusiasmo el apoyo del *Committee* para el lectorado en física del dr. Buechner”.<sup>7</sup>

No fue Buechner, desde luego, el único. En 1954, la lista de candidatos para el intercambio del año siguiente en el Instituto de Física incluyó, además de él, a W. F. Libby, de la Universidad de Chicago y de la Comisión de Energía Atómica de los Estados Unidos; a H. P. Robertson, del Instituto Tecnológico de California; a Ray Pepinsky, del *Pennsylvania State College*; y a Garret Birkhoff Jr., de Harvard. Ese año, el prof. Bonner se integró a los trabajos en el Laboratorio durante agosto. Al año siguiente, diversos acontecimientos que tuvieron lugar repercutieron en un incremento del intercambio: se creó en la universidad la Oficina de Intercambio Cultural, encomendada de “aprovechar al máximo y de una manera racional las oportunidades que países extranjeros ofrecen para que profesores y estudiantes mexicanos vayan a seguir cursos superiores y de especialización; fomentar entre los industriales, comerciantes y banqueros nacionales un espíritu de interés por la formación de profesionales que se traduzca en la donación de becas, ya sea para complementar las ofrecidas en el extranjero, ya para dar bolsas de viaje”.<sup>8</sup> Aquí valdría la pena mencionar que, no obstante contar con posibilidades previas, no sería sino hasta 1969 cuando entraría en vigor el primer convenio de intercambio cultural y científico con la Unión Soviética.

Los lazos con los Estados Unidos en el campo de la física nuclear continuaron afianzándose. En 1954 se celebró un evento de gran trascendencia para las

5. “México adelanta en investigación de energía atómica”, *Excelsior*, México, 3 de agosto de 1952, p. 1.

6. AHUNAM. F: Universidad Nacional. R: Rectoría. Caja 54. exp. 528. “Carta al Dr. Nabor Carrillo, por Theodore T. Dombros”, 8 de diciembre de 1954.

7. AHUNAM. F: Universidad Nacional. R: Rectoría. Caja 54. exp. 528. “Carta del Dr. Nabor Carrillo al Dr. Dombros”, 14 de febrero de 1955.

8. “Intercambio Cultural”, *Gaceta de la Universidad*, vol. 2, n° (21) 40, 23 de mayo de 1955, p. 1.



relaciones de los físicos mexicanos con sus colegas norteamericanos: el Congreso de Física de la Sociedad Mexicana de Física y de la *American Physical Society*, fundada en 1899 y que participaba entonces en su reunión n° 336 (para la Sociedad Mexicana de Física fue apenas la tercera).

El optimismo que permeó el evento fue general y se hizo patente en el discurso de bienvenida que pronunció Nabor Carrillo en la ceremonia de inauguración: “Pueden estar seguros nuestros huéspedes de que los recibimos con la mayor cordialidad y simpatía, los recibimos con el respeto que merecen las personalidades que aquí se congregan, confiados en que en esta nueva reunión de hombres de ciencia se fortalecerá la simpatía que recupera constantemente el hombre de ciencia en el mundo, esa simpatía que bruscamente parecía haber perdido”.<sup>9</sup>

Casi 400 asistentes de ambos países y del Canadá se reunieron a partir del 29 de agosto en la flamante Ciudad Universitaria de la Ciudad de México para participar en 40 conferencias sobre las diversas disciplinas de la física. El mismo día de la inauguración dictaron conferencias, entre otros, Buechner; Hudspeth, de la Universidad de Texas; y J. M. Walsh, del Laboratorio Científico de Los Alamos. Los mexicanos que presentaron trabajos en conferencia fueron: Graef, Moshinsky, Alba, Carrillo, Sandoval Vallarta, Alejandro Medina y Salvador Mosqueira. “Para muchas Universidades (norte)americanas”, dijo el Dr. Raymond T. Birge, presidente de la APS, “México y el Canadá no se consideran como naciones extranjeras desde el punto de vista de los presupuestos para viajes”.<sup>10</sup>

104

Pero regresando un poco en el tiempo, a fin de atender a lo que estaba sucediendo mientras tanto en el campo de la investigación académica en la UNAM, que -como ya se mencionó- sería el semillero original para la formación de masa crítica en el campo de la física nuclear, habría que señalar que en 1950 se dio inicio a la construcción de la Ciudad Universitaria, construcción emblemática del impulso modernizador que se experimentaba en el país. Precisamente, la primera piedra que se colocó fue en el sitio en donde se erguiría la Facultad de Ciencias, que era el plantel de menor matrícula en la universidad. Para entonces, el Instituto de Física de la UNAM contaba con una planta de dos investigadores de carrera (Graef y Sandoval Vallarta); nueve investigadores (Fernando Alba, Octavio Cano, Juan de Oyarzábal, Fernando Prieto, Héctor Uribe, Leopoldo Nieto, Manuel Perusquía, Díaz Lozada y Enriqueta González); dos ayudantes de investigación (Juan Manuel Lozano Mejía y Francisco Medina) y tres auxiliares (Luis Soto, Teodoro Trejo e Indalecio Gómez).

Ese año, en muchos sentidos crucial para el desarrollo del Instituto, se llevó a efecto una promoción académica que habría de consolidar su planta en doble sentido cualitativo y cuantitativo. En lo que respecta a otro de los factores determinantes -el

9. AHUNAM. F: Nabor Carrillo. Serie: Desarrollo Profesional. Caja 3. exp. 14. Doc. 552. “Discurso del Señor Rector de la UNAM en la Ceremonia de inauguración del Congreso Americano de Física”, 29 de agosto de 1955, p. 2.

10. “Inauguración del Congreso de Física”, *Gaceta de la Universidad*, vol. 2, n° (36) 55. 5 de septiembre de 1955, p. 3.

financiamiento- podemos señalar que si bien su presupuesto ascendió a 141.870 pesos, doblando casi el monto ejercido en 1945, en términos relativos mantuvo una participación equivalente al 0.7% del total universitario. De estas cantidades, únicamente se destinaron 1000 pesos para la adquisición de instrumentos, aparatos y maquinaria y tres mil para el acervo de la biblioteca.

El inminente arribo del aparato Van de Graaff exigió una serie de arreglos en el instituto que, debiendo efectuarse con celeridad, le reportaron un importante impulso en su capacidad de investigación. Los de mayor trascendencia fueron los relativos a la calificación de personal para la operación del aparato y a la adquisición y construcción de los instrumentos complementarios. Ya en junio de 1950 Graef propuso al rector el envío de tres físicos a los Estados Unidos para ser preparados en la investigación relacionada con el nuevo equipo. Dos de los convocados rehusaron la invitación, y sólo uno de ellos, el maestro en ciencias Fernando Alba Andrade, asistió a Massachusetts para ser adiestrado bajo la dirección de Buechner, siendo designado, poco después, jefe del laboratorio. Otro de los miembros del instituto que se sometió a cursos especializados fue Eduardo Díaz Lozada. Egresado de la ESIME del Instituto Politécnico Nacional como ingeniero mecánico electricista, Díaz Lozada había sustituido a Manuel Perusquía como jefe de expertos del instituto en diciembre de 1946, a propuesta de Graef, y para entonces ya había participado en la creación de instrumentos de apoyo a la investigación como el del sistema eléctrico de la Gran Cámara Astrográfica de Tonanzintla y el dispositivo fotoeléctrico para transmitir el tiempo sidérico del péndulo de control de los telescopios del Observatorio Astrofísico, siendo enviado, en ocasión de la adquisición del Van de Graaff, a los talleres de la compañía constructora, adonde fue asesorado para convertirse en el responsable del funcionamiento técnico y la conservación del acelerador. A esta sección se incorporaron tres mecánicos especialistas en instrumentos científicos: Indalecio Gómez, Teodoro Trejo y Luis Soto, así como los electricistas Luis y Juan Velázquez.

105

En igual sentido, el desarrollo del instituto se vio incrementado desde el punto de vista de su infraestructura técnica y de los aparatos e insumos necesarios para el cabal aprovechamiento del acelerador, que para entonces era el único en todos los países de habla hispana. El inmueble para albergarlo requería de especificaciones sofisticadas para proteger una posible fuga de radiación. De ello se encargaría el Arq. Jorge González Reyna, con la asesoría de Sandoval Vallarta y el propio Graef, quien se dio a la tarea de diseñar un edificio de basalto, aluminio, vidrio y ladrillo vidriado en una zona de acceso restringido al oriente de la Ciudad Universitaria. Más adelante, la universidad habría de celebrar convenios para proveerse de agua pesada -con el gobierno de Noruega- y de nitrógeno líquido -con PEMEX- e iniciaría el diseño y fabricación de algunos instrumentos adicionales, entre ellos el espectrógrafo. Las condiciones para poner en marcha los programas de investigación en física nuclear estaban listas. Las expectativas de aprovechamiento del Laboratorio Van de Graaff eran, para entonces, las de participar en un proyecto internacional de estudio de los niveles de energía de los núcleos atómicos, y en una aplicación para el mejoramiento del cultivo del maíz, bombardeando semillas para producir alteraciones genéticas.

Tales preparativos dentro de la UNAM empezaron a tener efecto reflejo hacia el exterior, como ocurrió en el caso del acuerdo de asesoría establecido con la

Secretaría de la Defensa Nacional en enero de 1950. “Me complace expresar a usted”, dice la nota enviada con ese motivo al rector, firmada por el secretario General de División Gilberto R. Limón, “mi agradecimiento por la valiosa cooperación que ha brindado a esta Secretaría, al autorizar la creación de los cursos de Física Nuclear e Ingeniería Nuclear para ingenieros militares, en la Facultad de Ciencias dependiente de esa Universidad a su muy digno cargo, los cuales empezarán a impartirse desde el presente año”.<sup>11</sup> Es interesante destacar que a pesar de las expectativas generadas en torno a la física nuclear, las variantes y posibles aplicaciones de carácter militar se mantuvieron dentro de un bajo perfil de incuestionables rasgos académicos.

Parece claro que tales expectativas en torno a la apertura de investigaciones en física nuclear se centraron antes que nada en el desarrollo de la propia Institución universitaria. Para ilustrar a este respecto, se transcribe parte del texto de un documento enviado por el rector Luis Garrido en noviembre de 1950 a la Coordinación de la Investigación Científica, en el que se hace patente la postura de la universidad al respecto: “Considerando que el Laboratorio de Física Nuclear que nuestra Casa de Estudios establecerá en la Ciudad Universitaria en los primeros meses del año próximo, constituye un paso trascendental para la Ciencia no sólo dentro de la Universidad sino del país, estimo indispensable que se realicen los estudios preliminares necesarios para que se puedan abordar los problemas que implica la energía atómica en toda su integridad”.<sup>12</sup>

En el mes de abril de 1951, en el Salón de Actos del Palacio de Minería, tomó posesión la primera mesa directiva de la naciente Sociedad Mexicana de Física, habiendo sido invitado el presidente de la República, Lic. Miguel Alemán, en calidad de socio patrocinador. La mesa directiva fue integrada en su mayoría por académicos de la UNAM, quedando el Dr. Carlos Graef como presidente y el M. en C. Fernando Alba Andrade como vicepresidente. No fue, sin embargo, sino hasta septiembre de 1954 cuando se logró la celebración del Primer Congreso Nacional de Física, en la Ciudad de Guadalajara, evento que habría de sentar las bases para una estrecha relación de los miembros de la *American Physical Society* con sus homólogos mexicanos.

En 1952 se pusieron realmente en marcha los programas de investigación en física nuclear de carácter experimental (poco antes había incursionado Moshinsky en la física teórica) en México, y ellos estuvieron supeditados a la adquisición y entrada en funcionamiento del acelerador Van de Graaff. “Ya se iniciaron en México investigaciones de física nuclear”, señaló el Dr. Graef en noviembre de ese año, en el contexto de un reporte acerca de la ciencia en la universidad. “Nuestro país ya no está al margen de esta disciplina científica que caracteriza a la era que ahora se inicia”.<sup>13</sup> No está por demás mencionar que justo en esas fechas los Estados Unidos

11. AHUNAM. F: Universidad Nacional. R: Rectoría. Caja 76; exp. 868. “Al Sr. Dr. Carlos Graef Fernández”, 31 de enero de 1950.

12. AHUNAM. F: Universidad Nacional. R: Rectoría. s/c “Al Sr. Dr. Nabor Carrillo”, 17 de noviembre de 1950.

13. Carlos Graef Fernández, “La Ciencia en la Ciudad Universitaria”, Universidad de México. México, vol. 6, , nº 71, noviembre de 1952, p. 14.

detonaron la primer bomba termonuclear y que en el mes de junio fue botado el primer submarino impulsado con energía atómica, suceso que fue considerado por el presidente de la *Atomic Energy Commission* de ese país, el Sr. Gordon Dean, como “la primera utilización práctica de la energía atómica, empleada hasta entonces sólo como explosivo”.<sup>14</sup>

La vida del Instituto de Física continuaría desarrollándose en forma muy condicionada por el referente de la física nuclear. En 1954 se fundó la Sección de Radioquímica, que tenía por objeto la investigación de las aplicaciones de la física nuclear a la química; las dos secciones inaugurales fueron la de Carbono Catorce y la de Tritio. Cabe destacar el hecho de que en este paso, con la creación del laboratorio de Carbono Catorce, se estaban derivando las investigaciones hacia aplicaciones más comprometidas con el entorno nacional, dado que ahí podrían determinarse las edades de las muestras arqueológicas orgánicas por el método de Libby; se fijarán las fechas de los estratos geológicos recientes y se estudiará el metabolismo dentro de los organismos de sustancias orgánicas marcadas. México es uno de los países que tienen mayor interés en la determinación de la edad de las muestras arqueológicas. Hasta ese momento se remitían todas las muestras al extranjero para la investigación de su antigüedad.

Hacia el exterior, las iniciativas de la UNAM empezaron a dejar sentir su influencia. Así, a comienzos de abril de 1955, durante la Asamblea de la Asociación Nacional de Universidades e Institutos de Educación Superior ocurrida en Jalapa, Estado de Veracruz, el rector de la universidad anfitriona -la veracruzana- abrió las sesiones con una ponencia en la que propuso que todas las universidades mexicanas enviaran becarios a los Estados Unidos, Canadá, Francia Inglaterra y Alemania para el estudio de la energía atómica. En un principio, la intervención de este rector solicitaba que los mencionados becarios fuesen enviados “exclusivamente” a los Estados Unidos, “país que primero ha hecho declaraciones en favor del empleo de la energía atómica en favor de la paz”, pero esta parte fue modificada gracias a la intervención de otros delegados.<sup>15</sup> El caso, en fin, es que en ese tiempo cobró verdadero auge el interés por desarrollarse en física nuclear y, con él, el de acudir a apoyos internacionales. A tal respecto habló el jefe de la delegación mexicana ante la ONU durante una comparecencia ante la Comisión de Asuntos Políticos, en octubre de 1955: “México comparte la esperanza de que la fuerza industrial que se derive del átomo, se emplee para acortar las distancias que, en el orden económico, separan a las naciones, pues si con justicia se ha dicho que la paz es indivisible, otro tanto se puede decir de la prosperidad,” dijo. Y agregó: “La investigación científica y en especial la relativa a la fuerza derivada del átomo, nació de la cooperación supra-nacional; es indispensable, por tanto, evitar que, como ocurrió durante varias décadas, los obstáculos políticos hagan de nuevo imposible la cooperación”.<sup>16</sup>

14. Buck, A. L. (1982): “A History of the Atomic Energy Commission”, U.S. Department of Energy, p. 3.

15. Gustavo Duran de Huerta: “Las universidades mexicanas enviarán expertos al exterior”, *Excelsior*, México, 3 de abril de 1955, p. 1.

16. “Ofreció la ONU cabal cooperación”, *Excelsior*. México, 21 de octubre de 1955, p. 1.

Ese año, 1955, crucial para el desarrollo a escala mundial de la física nuclear y en particular de la energía derivada de ella, se verificaron otros acontecimientos de gran importancia. Uno de ellos fundamental en lo que al presente tema se refiere, dado que en torno a éste se definieron las maneras en las que México quedaría ubicado en el ámbito de la colaboración internacional en materia de física nuclear, específicamente en las aplicaciones energéticas de ésta. Nos referimos a la Conferencia Internacional sobre utilización de la Energía Nuclear con fines pacíficos, convocada por la ONU del 8 al 20 de agosto en Ginebra, a resultas del discurso de Eisenhower conocido como *Atoms for Peace*. A esta conferencia asistieron representantes de 73 naciones y 8 organismos especializados, con un total de 1428 delegados, 1334 observadores y 1132 escritos científicos provenientes de 32 países. De esta conferencia derivó una solicitud de la Asamblea General -en su junta plenaria n° 550- tendiente a crear una nueva agencia de la ONU con el nombre de Organismo Internacional de Energía Atómica, que fungiría en un sentido equivalente al de la UNESCO para la cultura o la FAO para la agricultura. El Prof. Walter Whitman, del MIT, declaró al respecto de los trabajos presentados, que se trataba “del material más abundante jamás presentado ante una conferencia científica”.<sup>17</sup>

Por su lado, Nabor Carrillo, a la cabeza de la Delegación mexicana (integrada, además, por Sandoval Vallarta, Carlos Graef, Tomás Gurza y Rodrigo Vázquez), pronunció un discurso durante la sesión de clausura, en la que dijo: “Nos vamos con una profunda satisfacción. En México, por el grado de desarrollo de nuestra economía y de nuestra industria y la naturaleza del problema de investigación nuclear, nuestros trabajos se han limitado a estudios esencialmente científicos, investigación básica”. Más adelante, aludiendo a un asunto de especial interés para los representantes mexicanos, señaló: “Creemos que ahora como nunca existe una brillante oportunidad para la humanidad de establecer por primera vez, y gracias a la ciencia, un arreglo de tipo internacional basado en los valores morales y no en los simples valores materiales”.

A partir de aquí, los intereses oficiales de México en materia de física nuclear se deslindaron, bifurcándose la faceta de interés meramente científica que conservó la UNAM, y la pragmática, que se canalizaría hacia la creación de una Comisión Nacional de Energía Nuclear promovida por el gobierno federal. Obviamente, la masa crítica -en ambos casos- fueron los académicos especialistas de la Universidad Nacional. Una vez consumado este proceso, al darse nacimiento a la Comisión Nacional de Energía Nuclear, la dinámica de la vida académica universitaria regresó a la normalidad, es decir: a depender de sus propias y limitadas posibilidades de desarrollo, con presupuestos muy restringidos y ya sin el concurso de apoyos extraordinarios.

Al quedar preparado el camino para la creación de un organismo nacional de energía nuclear, las relaciones de dependencia se profundizaron. El 25 de octubre de 1955 fue presentada la Iniciativa de Ley que creó la Comisión Nacional de Energía

17. “Dos toneladas de documentos del átomo se examinarán en Ginebra”, *Excelsior*. México, 7 de agosto de 1955, 1.

Nuclear a los secretarios de la Cámara de Diputados de la XLIII Legislatura, para ser turnada al dictamen previo a su discusión en el pleno.<sup>18</sup> El documento había sido redactado y remitido por el Ejecutivo Federal. Para entonces siete eran los países latinoamericanos que tenían suscritos tratados bilaterales de cooperación en energía nuclear con los Estados Unidos: Brasil, Venezuela, Chile, Argentina, Colombia, Uruguay y Perú. El gobierno mexicano procedió entonces a efectuar los trámites correspondientes con el vecino país del norte, aunque formalmente mantenía abiertas las posibilidades de establecer acuerdos de cooperación con otras naciones. Ello, desde luego, no pasó, en la práctica, de meros forcejeos diplomáticos, avanzando en firme hacia una nueva faceta de la dependencia con los Estados Unidos, quienes -por supuesto- contaban ya con afinados dispositivos de “cooperación”.

Así lo señaló el Sr. Clark D. Goodman, director del Departamento de Reactores de la Comisión de Energía Atómica de ese país, al sustentar una conferencia, en octubre de 1956, sobre el tema “La energía nuclear y la América Latina”.<sup>19</sup> Las líneas por él mencionadas fueron tres: educación, intercambio de información y ofrecimiento de combustible. Para ese momento, según estimaciones de Goodman, 35 estudiantes y hombres de ciencia de 11 países hispanoamericanos estudiaban radioisótopos en el Instituto de Oak Ridge, otros 20 tecnología de reactores en Argonne y 30 científicos norteamericanos visitarían diversos países de América Latina en el curso del año.

Los planes para el caso concreto de México se estaban configurando. A principios de 1956, el general William H. Draper, *chairman* de la *Mexican Light & Power Company Ltd.*, se encontraba preparando un estudio para ser presentado en una conferencia sobre *Atoms in Business*, patrocinada por el *Atomic Industrial Forum*, con sede en Nueva York, con el título de “The Future Role of Atomic Energy in México and Latin America”, en el que ya se vislumbra la instalación de reactores para la producción de electricidad.<sup>20</sup> Es interesante señalar al respecto que a juicio del presidente del Consejo Nacional de Energía Atómica del Brasil, almirante Octacilio Cunha, “los reactores atómicos todavía no se pueden emplear en los países hispanoamericanos” debido principalmente a sus costos.<sup>21</sup> La alternativa real para un país como el nuestro sería, como quedaría demostrado en el futuro próximo, la compra por la vía del endeudamiento.

La materialización del proyecto habría de dilatarse aún unos años más, tiempo en el que la creación de la infraestructura necesaria se iría desarrollando de manera paralela a la adquisición de equipos. Hasta agosto de 1963 fue elaborado un calendario preliminar para el proyecto, el que tuvo que ser reprogramado para diciembre de 1964 como resultado de consultas con los subcontratistas arquitectos e ingenieros de la *General Atomic*, con los fabricantes del tanque, las compañías

18. AC ININ. s/c Folio: 000008. “Iniciativa de Ley que crea la Comisión Nacional de Energía Nuclear”, 25 de octubre de 1955.

19. “Latinoamérica, mediante acuerdos con los Estados Unidos puede obtener combustible atómico”, *Excelsior*, México, 11 de octubre de 1956, p. 1.

20. AHUNAM. F: Universidad Nacional. R: Rectoría. Caja 34. exp. 362. “Atomic Industrial Forum, inc. Expositure by Charles Robbins”, 5 de abril de 1956.

21. “Iberoamérica no puede tener aún reactores”, *Excelsior*, México, 5 de junio de 1957, p. 1.

transportadoras y la manufactura de la grúa. En el curso de ese calendario, la Comisión Nacional de Energía Nuclear gestionó la adquisición de otros equipos, entre los que destaca un acelerador Van de Graaff modelo EN two-stage, de 12 millones de voltios, con un costo de 916 mil dólares. *"It is the objective of this letter that the parties execute a definitive contract at the earliest possible date"*, afirma la carta de intención dirigida con tal motivo a la *High Voltage Engineering Co.* en agosto de 1963.

El programa para la entrada en funciones del Centro Nuclear quedó completo con el Acuerdo de Suministro de uranio: "Considerando que el Organismo (Internacional de Energía Atómica) y el Gobierno de los Estados Unidos de América concertaron el 11 de mayo de 1959 un Acuerdo de Cooperación en virtud del cual los Estados Unidos se comprometen a proporcionar al Organismo, en conformidad con el Estatuto de éste, determinadas cantidades de material fisionable especial. Considerando que México ha concertado con un fabricante de los Estados Unidos de América la transformación de uranio enriquecido en elementos combustibles para el reactor y el suministro de contadores de fisión, que contengan uranio enriquecido, destinados a dicho reactor, el Organismo, México y la Comisión de Energía Atómica de los Estados Unidos, acuerdan lo siguiente: i) Alrededor de 20 000 gramos de uranio enriquecido al 20 por ciento, aproximadamente, en peso en el isótopo 235U, (cantidades) contenidas en cien elementos combustibles destinados a un reactor de investigación Triga Mark III de 1 MW". El propio contrato estableció las salvaguardas, los precios (isótopo 235U, al 20%: 2252 dólares gramo; al 25%: 2853 dólares gramo; al 90%, 10.808; al 92%, 11.061; y al 93%, 11.188 dólares gramo) y las condiciones, entre las que se menciona la inspección: "No se efectuará ninguna inspección ordinaria, pero podrán realizarse las inspecciones especiales que se estimen necesarias".<sup>22</sup> No está de más mencionar aquí que el costo del reactor Triga Mark III, construido por la *General Atomic* para los trabajos de investigación de la CNEN en sus instalaciones de Salazar, Estado de México, fue ligeramente menor que el presupuesto total para la investigación en Ciencias y Humanidades en la UNAM durante el año 1960.

110

Al optar por este tipo de convenios, a través de organismos internacionales, México desechó alternativas de convenios bilaterales que, eventualmente, le reeditarían mejores condiciones económicas y de di Informe presentado por el señor Perrin, jefe de la misma, a la Presidencia de la República: "Francia estaría dispuesta a surtir esta Planta (de Concentración de Minerales de Uranio) y a comprar mineral concentrado al 60%, con el compromiso de su Gobierno de utilizar dicho mineral únicamente para fines pacíficos. La realización más económica para México consiste en un trueque de Mineral por Refinería, lo que evitaría salida de dólares. De no ser posible ese trueque, se podría realizar la compra directa, aprovechando las facilidades de crédito que se podría otorgar para tal equipo, ó sea un plazo de 5 a 7 años".

Al desestimar esta clase de posibilidades, las autoridades del país procuraban evitar una relación con implicaciones políticas, optando así por un mecanismo que

22. AC ININ. s / c. Departamento Confidencial. "Contrato relativo a la transferencia de uranio enriquecido para un reactor de investigación en México", 18 de diciembre de 1963, p. 1.



aun cuando por su propia estructura haría derivar hacia una relación bilateral de dependencia, serviría como filtro para esquivar presiones de otra índole. No está por demás mencionar aquí que en los abstracts preparados para la Conferencia de Ginebra de junio de 1955, Brasil participó con 21 publicaciones y Argentina con 37, y que la Unión Soviética -entre muchos otros documentos- presentó uno titulado “*Assistance of the Soviet Union to other countries in peaceful application of atomic energy*”.<sup>23</sup>

En todo caso, parece que ya pronto se percataba México de cuál sería en el terreno de lo concreto la clase de “cooperación” que recibiría por parte de los Estados Unidos, como se desprende de la misiva enviada al secretario de Relaciones Exteriores, Lic. Luis Padilla Nervo, por el presidente de la Comisión Nacional de Energía Nuclear, José M. Ortiz Tirado, en ocasión de la fundación del Organismo Internacional de Energía Atómica, en donde externa el voto aprobatorio de su representación: “Los miembros de esta Comisión (...) estimamos conveniente que México suscriba el estatuto del referido Organismo Internacional, por tratarse de una institución creada para proporcionar a los Estados que la integren, elementos de diverso orden para el desarrollo de los estudios y usos pacíficos de la energía nuclear”.<sup>24</sup>

Acatando las recomendaciones de la Comisión -que estaba integrada, además de por Ortiz Tirado, por Nabor Carrillo y Sandoval Vallarta- el 7 de diciembre de 1956, el representante permanente de México ante la ONU, Rafael de la Colina, y Luciano Loublanc, representante alterno, suscribieron a nombre del país el Estatuto del Organismo, con sede en Viena. Y el gobierno mexicano suscribió a la iniciativa, no obstante de que antes, durante los preparativos, en un comunicado fechado el 31 de julio de 1956 y clasificado como confidencial, el embajador de la Colina le informó al secretario de Relaciones Exteriores lo siguiente: “No se alcanzaron los objetivos principales que perseguíamos, debido a la insistencia de las potencias más adelantadas en la tecnología de la energía atómica, de guardar para sí una situación privilegiada, análoga en algunos aspectos a la que tienen los Miembros Permanentes del Consejo de Seguridad. De hecho, es fácil observar hasta qué grado se repitieron en Washington las maniobras realizadas en San Francisco para restar fuerza y autoridad al Órgano plenamente representativo de la nueva entidad. Las consabidas frases [igualdad soberana de todos los miembros], [debido respeto a los derechos soberanos de los Estados], etc. no alcanzan a disfrazar el verdadero sentido del proyectado convenio, o sea, el de robustecer el dominio de las llamadas potencias atómicas”.<sup>25</sup>

Estas fueron, en conclusión, las causas y las maneras en las que México se incorporó a la era de la física nuclear y, en particular, a la investigación científica

23. AREM. XII-1014-1. 1° Parte. “*International Conference on the peaceful uses of Atomic Energy. Abstracts published*”, 28 de junio de 1955.

24. AREM XII-1015-1. 5° Parte. “Memorandum al Lic. Luis Padilla Nervo, por José M. Ortiz Tirado”, 4 de diciembre de 1956.

25. AREM. XII-1014-1. 2° Parte. “Del Embajador Rafael de la Colina, al C. Secretario de Relaciones Exteriores”, 31 de julio de 1956.



especializada en ese campo. La historia posterior demostraría que por diversas razones -entre las que destacan los volúmenes de inversión en equipos para la investigación y las desventajas de la investigación original frente a la facilidad de importación de paquetes tecnológicos- el vigor original en esta materia se fue estancando.

Para concluir, mencionaremos que el programa maestro para construcción de plantas nucleares generadoras de energía eléctrica contemplaba, en su versión inicial, la creación de siete de ellas. A la postre sólo una -localizada en Laguna Verde, Veracruz- entró en funcionamiento.

### **Bibliografía**

EASLEA, B. (1981): *La liberación social y los objetivos de la ciencia*, Siglo XXI.

KUNETKA, J. W. (1978): *City of Fire. Los Alamos and the birth of the atomic age 1943-1945*, Prentice-Hall.

BUCK, A. L. (1982): *A History of the Atomic Energy Commission*, U.S. Department of Energy.

112

### **Archivos citados**

Archivo Histórico "Genaro Estrada" de la Secretaría de Relaciones Exteriores-México (AREM)

Archivo Histórico de la Universidad Nacional Autónoma de México (AHUNAM)

Archivo Central del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (AC ININ)

### **Hemerografía**

Revista Universidad de México

Gaceta de la Universidad

Diario Oficial de la Federación

Periódico Excelsior

## Átomos na política internacional

### *Atoms in international politics*

Ana Maria Ribeiro de Andrade \*

Este trabalho examina três temas da história da energia nuclear no Brasil de fundamental importância para a realização de estudos comparados e compreensão da dinâmica das relações políticas entre o Norte e Sul. O primeiro tema, a compra e construção de reatores de pesquisa, inclui a análise do programa *Átomos para a Paz* e a Guerra Fria; a criação dos institutos de pesquisa do setor; e os acordos de cooperação para uso civil da energia nuclear firmados com os Estados Unidos. O segundo, os reatores de potência, aborda a controvérsia sobre a escolha do tipo de reator e a aquisição de um reator PWR da Westinghouse; a interrupção do fornecimento de urânio enriquecido pelos Estados Unidos; e o pragmatismo político que resultou no acordo nuclear teuto-brasileiro e construção de usinas nucleares em Angra dos Reis. O último tema, o desenvolvimento das tecnologias do ciclo do combustível, sintetiza as estratégias e realizações que resultaram na autonomia nuclear do país; as pressões internacionais; as alianças entre os países do continente e os acordos de não proliferação nuclear dos países desenvolvidos. Mostra que o estudo da cooperação tecnocientífica é essencial para entender as políticas externa e comercial dos países.

113

**Palavras-chave:** Átomos para a Paz, tecnologia nuclear, acordo de cooperação técnico-científica, relações internacionais

*This work examines three points of the history of nuclear energy in Brazil which are fundamental for comparative studies and for the understanding of the dynamics of the political relations between the North and South. The first point, the acquisition and the construction of research reactors, includes an analysis of the program Atoms for Peace and the Cold War, the creation of research institutes and the cooperation agreements for the civilian use of nuclear energy signed with the United States. The second point, focused on power reactors, discusses the conflicts in the choice of the kind of reactor and the acquisition of a PWR from the Westinghouse Electric Company, the interruption of supply of enriched uranium by the United States, the political pragmatism that led to the German-Brazilian agreement and the building of the Angra dos Reis nuclear plants. This last point, the development of the fuel cycle technologies, synthesizes the strategies and achievements that led to the nuclear autonomy, the international pressures, the alliances between the countries of the continent and the non-proliferation agreements of the developed countries. This work concludes that the study of technoscientific cooperation is essential to understand the foreign and commercial politics between countries.*

**Key words:** *Atoms for Peace, nuclear technology, scientific and technical cooperation agreements, international relationships*

\* Ana Maria Ribeiro de Andrade é pesquisadora do Museu de Astronomia e Ciências Afins (MAST/ MCTI), Rio de Janeiro, Brasil. Correio eletrônico: anaribeirodeandrade@gmail.com.

## Introdução

Tornou-se emblemático na história da energia nuclear do Brasil o princípio das “compensações específicas”, conjectura defendida pelo representante da Marinha nas reuniões da Comissão de Energia Atômica, realizadas no âmbito do Conselho de Segurança das Nações Unidas, entre 1946 e 1948. O autor dessa tese, o futuro almirante Álvaro Alberto da Motta e Silva, valia-se da retórica para jogar com as remotas possibilidades de os Estados Unidos e o Brasil atuarem de forma complementar no comércio de tecnologias e minerais utilizados na produção de energia nuclear. Em linhas gerais, ele propunha que os países exportadores de minerais físséis e férteis, além de venderem a matéria-prima pelo valor intrínseco, deveriam ser compensados por meio de transferência da tecnologia nuclear. O Brasil era um fiel aliado dos Estados Unidos, no entanto, como seu representante naquele fórum defendia a gestão internacional das reservas de tório e urânio -para dificultar o desenvolvimento do ciclo do combustível nuclear em outros países-, Álvaro Alberto registrou que o *Plano Baruch* significava restrição à soberania nacional.

O antagonismo entre grupos e instituições do Estado marcou o início da história da energia nuclear no país, mas foi a aliança entre militares e cientistas que garantiu o sucesso da criação do Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq), em 1951, e de outras instituições que protagonizaram o desenvolvimento da tecnologia do ciclo do combustível.<sup>1</sup>

114

A articulação vitoriosa para criar o CNPq ocorreu no governo do general Eurico Dutra (1946-1951) devido ao papel aglutinador e à obstinação do almirante Álvaro Alberto pela energia nuclear (Andrade, 2001). Além dos cientistas estarem empenhados em fazer ciência para superar o atraso crônico da nação, os militares brasileiros atribuíam um papel estratégico à energia nuclear na guerra, defesa e segurança nacional. Por isso, além da desproporcional presença de militares na direção do CNPq, a maior parte dos investimentos se concentrou na montagem da infraestrutura para o setor nuclear, na época estreitamente mesclado ao campo da física, razão pela qual um ciclotron tinha muita importância (Andrade & Muniz, 2006).

Com desmesurado otimismo, os generais do CNPq desprezavam os custos financeiros e entreviam a possibilidade de rápida e fácil aplicação, isto é, do país produzir radioisótopos, possuir reatores de pesquisa e centrais nucleares. Levantavam as bandeiras, desabonavam os cétricos e protestavam nos fóruns nacionais, mas se rendiam diante das exigências dos Estados Unidos em troca de qualquer promessa de transferência de tecnologia. Dominar a tecnologia nuclear era prioridade da política brasileira, desde o começo da Guerra Fria.

A opção relegou o financiamento da ciência ao segundo plano, intensificando as disputas internas no CNPq, o parlamento dos cientistas, onde os representantes das disciplinas tinham poder para distribuir os recursos financeiros até mesmo entre grupos e colegas concorrentes (Andrade, 1999: 107-142). As divergências entre os cientistas, somadas às pressões externas contra a resistência do CNPq à exportação de monazita aos Estados Unidos durante o governo de Getúlio Vargas (1951-1954), levaram Álvaro Alberto a criar a Comissão de Energia Atômica (CEA) dentro da

estrutura do CNPq (Andrade, 2010: 136-142). Embora sem o estatuto de uma comissão deliberativa, a CEA foi responsável pela criação do Instituto de Energia Atômica (IEA) -hoje, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN)-, por meio de um convênio entre o CNPq e a Universidade de São Paulo (USP), a fim de viabilizar a compra de um reator de pesquisa pelo programa *Átomos para a Paz*.

A criação da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), em 1956, decorreu de uma estratégia envolvendo o presidente da República Juscelino Kubitschek (1956-1961) e um grupo de militares interessados em controlar o setor. Aproveitaram-se da crise no CNPq que deu origem a numerosas denúncias na imprensa e no Congresso Nacional, minando as relações pessoais e interinstitucionais, e que estava polarizada, de um lado, entre o Conselho de Segurança Nacional (CSN), Estado-Maior das Forças Armadas (EMFA) e CNPq e, do outro lado, o Ministério das Relações Exteriores (Andrade & Santos, 2010).

A CNEN absorveu a Comissão de Exportação de Materiais Estratégicos (CEME), do Ministério das Relações Exteriores, e a Comissão de Energia Atômica do CNPq, onde provisoriamente se instalou. Os acordos de cooperação técnica -e.g., o Programa Conjunto de Cooperação para o Reconhecimento dos Recursos de Urânio, firmado com os Estados Unidos em 1955, e a construção de usina de beneficiamento de urânio com a Société des Produits Chimiques des Terres Rares-, processos administrativos e projetos em andamento no CNPq para o setor foram transferidos para a CNEN. Depois disso, acabaram as denúncias na imprensa. Nem o criticado programa de prospecção assinado entre o CNPq e o US Geological Survey, renovado com a CNEN em 1957, foi mais noticiado. Os resultados também não foram cobrados; nenhuma grande jazida de urânio ou tório teve a descoberta confirmada antes da criação da Nuclebrás, empresa que atuou entre 1974 e 1988.

115

A CNEN se manteve discreta no cenário político e longe da sociedade, exceto durante o período de reestruturação, que correspondeu ao governo João Goulart; nas polêmicas em torno do funcionamento e depósito do lixo radiativo das usinas de Angra 1 e 2, e construção de Angra 3; nos períodos de crise com os Estados Unidos; e, notadamente, após o acidente com o césio-137 em Goiânia e a revelação dos programas militares secretos para enriquecimento de urânio.

No plano da cooperação internacional a dependência dos Estados Unidos se manteve firme até 1961, quando foi trocado pela França via o *Commissariat à l'Énergie Atomique*. Assistiu-se o breve retorno Estados Unidos em 1965, que surpreendentemente não cancelaram dois acordos de cooperação para uso civil da energia nuclear, que propuseram em 1965 e 1972. A aproximação da República Federal da Alemanha, desde 1969, refletiu o pragmatismo da política externa brasileira e alimentou as duras pressões norte-americanas.

Este trabalho se concentra na análise de três temas fundamentais da história da energia nuclear no Brasil, cujos atores principais foram o CNPq, a CNEN e suas empresas subsidiárias, os institutos de pesquisa do setor, o Ministério das Relações Exteriores, a Marinha e os Estados Unidos. Sem pretender reconstruir todos os eixos sobre os quais giraram a política nuclear brasileira, tais como as atividades dos

institutos de pesquisa, a prospecção mineral e a formação dos especialistas, buscase na História os elementos para analisar os temas eleitos na dinâmica da política relações internacionais.

Assim, aborda a montagem de reatores de pesquisa, as controvérsias sobre o tipo de reator de potência, a construção e desempenho das usinas nucleares instaladas em Angra dos Reis, e remete ao desenvolvimento das tecnologias sensíveis e consequentes questões internacionais envolvendo a Agência Internacional de Energia Atômica e, notadamente, o protagonismo dos Estados Unidos. Muitos aspectos são inexplicáveis pelo sigilo que envolve as informações sobre energia nuclear e política exterior; outros são repletos de mistérios, porque o processo de desenvolvimento da tecnologia de enriquecimento do urânio traduziu interesses de militares, cientistas, tecnocratas e políticos por caminhos não revelados.

## 1. Os reatores da Guerra Fria

O presidente Dwight Eisenhower anunciou à Assembleia Geral das Nações Unidas, de 1953, a realização de um programa dos Estados Unidos para o uso pacífico da energia nuclear e propôs a criação de um organismo internacional encarregado das questões correlatas a ser administrado pela ONU. Evidente oportunismo político, o programa objetivava desviar a atenção da opinião pública americana e internacional do uso militar do átomo e, em particular, do crescimento deliberado do arsenal de armas nucleares dos Estados Unidos. Assim, o programa *Átomos para a Paz* foi concebido como um instrumento de propaganda e de política externa, ao forjar uma imagem não belicosa da nação hegemônica no mundo ocidental (CNEN, 1959). A estratégia consistia na assinatura de acordos bilaterais de cooperação científica para venda de reator de pesquisa e combustível para o seu funcionamento, sob o mais rígido controle da *US Atomic Energy Commission* (AEC).

Mudava-se de tática na Guerra Fria, depois que os Estados Unidos perderam o monopólio das armas nucleares e a supremacia tecnológica para a União Soviética, que testou primeiro a bomba de hidrogênio. A estratégia consistia na banalização das armas nucleares e na popularização dos benefícios da energia nuclear para a agricultura, saúde e bem-estar social. Ao estimular a pesquisa em física e engenharia nuclear nos países signatários, os Estados Unidos também poderiam controlar o desenvolvimento das áreas. Tratava-se de uma arma na guerra contra os comunistas na disputa pela liderança mundial (Ordóñez & Sánchez-Ron, 1996: 195).<sup>2</sup> O risco político era pequeno e o empreendimento era atraente para as empresas privadas americanas.

Partia-se de dois pressupostos. Primeiro, não havia mais segredo sobre o conhecimento científico que levou à fissão nuclear e as pesquisas aplicadas nesse

1. O nome do CNPq foi modificado para Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, em 1974.

2. Para outra interpretação, ver: Fischer, 1997: 22.

campo se encontravam em estágio avançado no Reino Unido e na União Soviética, e intermediário no Canadá, Noruega e França. Segundo, os Estados Unidos não mais detinham o monopólio da tecnologia da bomba e, o pior, estavam perdendo a batalha da supremacia tecnológica para a União Soviética. Embora poucos países dominassem a tecnologia de enriquecimento de urânio ou a produção de plutônio, era preciso impedir a ampliação desse número e o crescimento do bloco comunista. Logo, o monitoramento dos países possuidores de minerais radioativos era crucial retardar a conquista da autonomia.

A outra forma de coerção consistia em promover (leia, controlar) as investigações no campo das aplicações pacíficas da energia nuclear na chamada periferia da ciência, visto que ainda renderiam vantagens no comércio internacional. Esta prática assegurava o mercado para os reatores de pesquisa fabricados nos Estados Unidos, minando a capacidade de negociação dos compradores com a União Soviética e Grã-Bretanha.

Uma vez que os Estados Unidos investiam maciçamente em pesquisas militares, e, g., na construção de reatores a urânio enriquecido para submarino nuclear, poderiam vender o mesmo tipo de reator para as centrais nucleares de geração de energia elétrica. Por esta razão, Eisenhower sinalizou na ONU que ocorreriam modificações na Lei McMahon (Andrade, 1999: 48) para diminuir as restrições políticas, acelerar a inovação tecnológica e aumentar a competitividade, i.e., ganhar mercados. Um bom pretexto para um real motivo: atender aos interesses das indústrias fornecedoras de insumos e materiais para o setor, e controlar os próprios aliados, através da rigorosa fiscalização das atividades pela *Atomic Energy Commission*.

117

Para o físico Isidor Rabi -presidente do *General Advisory Committee* da AEC- uma pré-condição para o êxito do programa *Átomos para a Paz* era a realização de um congresso científico internacional, sob os auspícios da ONU. Assim, ele e o físico inglês John Cockroft elegeram os “reatores nucleares e suas aplicações” tema central do evento realizado em Genebra, em 1955 (Silva, 2010; Andrade, 2006: 77-80). Uma maneira dos países hegemônicos no mundo da ciência demonstrarem sua superioridade, conhecerem o estágio das pesquisas em outros e se apropriarem de resultados inéditos. Afinal, o desenvolvimento científico noutros países era crucial para o progresso da ciência norte-americana.<sup>3</sup>

A 1ª Conferência para Uso Pacífico da Energia Atômica realizada em Genebra foi essencial para o programa *Átomos para a Paz* ao impedir que países ingressassem na chamada “era atômica” de maneira independente ou através da União Soviética. O clima de otimismo, a troca de informações entre os participantes e a presença de representantes de todos os países signatários de acordo bilateral de cooperação técnico-científica em 1955 resultaram da habilidade da diplomacia americana. Eram vinte países potenciais compradores de reator de pesquisa, mas nem todos tiveram o mesmo tratamento.

3. Proposta de Lloyd Berkner defendida em seu famoso relatório de 1950, *Science and Foreign Relations*, citado por Krige, 2006: 166.

Canadá, Reino Unido, Suíça e Bélgica foram privilegiados. Os dois primeiros, parceiros no Projeto Manhattan, assinaram acordos semelhantes sobre o uso civil da energia nuclear em 15 de junho, e o Reino Unido assinou um segundo acordo para a “cooperation regarding atomic information for mutual defense purposes” (Ordóñez & Sánchez-Ron, 1996: 198-199). A cooperação com o Canadá estava alicerçada no interesse americano pelas reservas de urânio sob o controle do governo. A Bélgica tinha grandes reservas em colônia na África, no Congo, que fornecia urânio ao Reino Unido e aos Estados Unidos desde 1940. Pela fidelidade durante a Segunda Guerra Mundial e o posterior suprimento de grandes quantidades de urânio, ambos se prontificaram a auxiliar o programa de pesquisa e desenvolvimento nuclear belga, conforme registrado no Art. 1º do acordo bilateral ajustado em julho de 1955 (Ordóñez & Sánchez-Ron, 1996: 197). Na prática, a Bélgica poderia receber informações sobre a tecnologia de reatores de potência se quisesse construí-los em seu território e em colônias, Congo Belga e Ruanda-Urundi. Diferente dos termos dos acordos assinados com o bloco dos outros dezesseis países, o documento assegurava à Bélgica: assistência técnica da AEC sobre componentes, materiais, engenharia e física de reatores, e a respeito de segurança no ambiente; autorização para técnicos belgas, depois de rigorosamente selecionados, acompanharem a construção e operação do primeiro reator PWR (na fábrica da *Westinghouse Electric Company*); e a obrigação da AEC transferir informações sobre projeto, construção e operação de reatores pressurizados a água leve ou pesada para fins industriais ou comerciais. Em contrapartida, a Bélgica se obrigava a não fornecer para nenhum outro país urânio que pudesse ser usado para fins militares, exceto aos Estados Unidos e Reino Unido, que também deveriam ser comunicados sobre qualquer transação envolvendo tório, urânio e outros materiais fissionáveis.

118

O acordo com a Suíça teve uma vantagem extra para os Estados Unidos, que lhe venderam um reator usado, em troca de 180 mil dólares e da neutralidade política, cuja posição geográfica fazia daquele país o lugar ideal para encontros internacionais nos conturbados anos da Guerra Fria. Ou seja, venderam o equipamento exibido durante a 1ª Conferência de Genebra para fazer autopromoção, eficiente marketing político e que tantas atenções despertara.

Os termos e as condições do Acordo de Cooperação para Uso Civil da Energia Atômica assinado entre o Brasil e os Estados Unidos, em 3 de agosto de 1955, eram idênticos aos quinze outros documentos firmados entre 10 de junho e 11 de agosto do mesmo ano, na seguinte sequência: Turquia, Israel, China, Líbano, Colômbia, Espanha, Portugal, Venezuela, Dinamarca, Filipinas, Itália, Argentina, Brasil, Grécia, Chile e Paquistão. Todos enviaram representante a Genebra, no entanto, não há registro de trabalho do Líbano, Chile, Colômbia, Turquia e Venezuela (Andrade & Silva, 2010). A venda de pequenos reatores e o fornecimento de urânio enriquecido em até 20% (sem exceder a 6 kg de urânio contendo U235 que, depois de usados, tinham de retornar para a AEC de forma inalterada) teve resultados diferentes e não se concretizou em alguns casos.

Sem as barreiras originais da Lei McMahon, havia expectativas no meio empresarial americano de ampliação dos acordos de 1955 para possibilitar a venda de projeto e de reatores de potência no mercado internacional. Na visão de um

contemporâneo, não podiam perder tempo: “depois da Guerra, com o aparecimento da bomba atômica, que veio mostrar de maneira dramática a importância da energia na fissão nuclear, todos os países se interessavam pelo desenvolvimento da energia nuclear” (Cadernos, 2006: v. 16, 7). Um dos delegados da União Soviética afirmou na Conferência de Genebra que o custo de produção do kWh em usina nuclear de 100.000 kW poderia vir a se equiparar ao custo do kWh de uma usina termelétrica a carvão com igual capacidade. Outros soviéticos, sem embargo, não esconderam que o preço de venda do kWh de sua primeira usina nuclear de 5.000 kW era superior aos preços médios do kWh de energia elétrica produzida em grandes termelétricas a carvão (Guilherme, 1957: 214).

Para fazer propaganda da contribuição do programa *Átomos para a Paz* e dos benefícios da energia nuclear, uma exposição itinerante patrocinada pela AEC correu o mundo: Japão, Paquistão, Líbano, Grécia, Tailândia, Iugoslávia, Espanha e outros países. No Brasil, a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) promoveu o evento nas cidades do Rio de Janeiro, São Paulo e em outras capitais, em 1961. A exposição “Átomos em Ação” promovia a imagem dos Estados Unidos associada às vantagens da nova fonte de energia, ao divulgar informações sobre suas aplicações na pesquisa científica, indústria e saúde. O evento foi um sucesso de público e para a popularização da ciência (Manchete, 1961: 23).

A exposição recorreu a imagens e argumentos para distanciar a ciência da guerra. Ciência e cientistas eram apresentados como internacionalistas, universais e promotores da paz. A energia nuclear era a porta de entrada para o mundo da abundância. A ciência para a paz construída em 1955 idealizava a atividade científica e seu papel na sociedade, assim como a importância de uma ciência direcionada do centro produtor para os países da periferia científica e política.

119

### 1.a. O Brasil na era atômica

O programa *Átomos para a Paz* foi oferecido pessoalmente por Eisenhower ao embaixador brasileiro em Washington, em 31 de maio de 1955, conforme registros fotográficos. Em meados de julho, foram firmados dois acordos bilaterais: o Programa Conjunto para o Reconhecimento dos Recursos de Urânio no Brasil e o Acordo de Cooperação para Usos Cívicos da Energia Atômica. A discussão de ambos envolveu uma delegação de especialistas americanos, majoritariamente constituída por membros da AEC, e, do lado brasileiro, uma Comissão Especial nomeada pelo presidente da República Café Filho, constituída por membros da Comissão de Energia Atômica do CNPq (CNPq, 1956: 7 e 28). Posteriormente, o Estado-Maior das Forças Armadas considerou os acordos de 1955 desastrosos para a política nuclear brasileira, lesivos aos interesses nacionais e reflexo da parcialidade do Ministério das Relações Exteriores (Guilherme, 1957: 195).

Durante o Simpósio sobre a Utilização da Energia Atômica para Fins Pacíficos no Brasil, em 1956, o físico Mario Schenberg fez contundentes críticas a seus colegas Marcello Damy de Souza Santos e Joaquim Costa Ribeiro, ambos integrantes da Comissão Especial. Argumentou que os acordos sobre prospecção de urânio e compra de um reator experimental criaram desconfianças: a versão firmada e



discutida pela Comissão Especial foi redigida nos Estados Unidos, não sofreu alterações e já havia sido divulgada na imprensa; os Estados Unidos exigiriam contrapartidas ao governo brasileiro por outras vias e a qualquer tempo; os Estados Unidos estavam atrasados no campo dos reatores; e a Inglaterra e a União Soviética não foram consultadas para cotação de preço de reator e obtenção de outras informações técnicas (Cadernos, 2006: v. 15, 32-45; Guilherme, 1957: 172-188).

Schenberg estava certo. O acordo para a venda do reator e arrendamento do combustível era idêntico ao firmado com outros quinze países; em 1956, a Comissão de Exportação de Matérias Estratégicas do Ministério das Relações Exteriores (CEME) firmou o 4º Acordo Atômico Brasil-Estados Unidos e um contrato secreto para venda de 300 toneladas de óxido de tório, alegando necessidade de salvar da falência a Orquima S.A. (Cadernos, 2006: v. 15, 70); contrariando a proposta da Comissão de Energia Atômica do CNPq, o Ministério das Relações Exteriores foi contra a rescisão do 3º Acordo Atômico Brasil-Estados Unidos por temer uma interferência negativa na negociação do programa *Átomos para a Paz*; e a União Soviética e a Inglaterra começaram a operar as usinas nucleares antes dos Estados Unidos.<sup>4</sup> Os dois acordos de cooperação 1955 levantaram tantas suspeitas que foram discutidos na Comissão de Inquérito Parlamentar do Congresso Nacional de 1956. A polêmica sobre a exportação dos chamados minerais radioativos atingiu o ápice.

Como a participação do Brasil no programa *Átomos para a Paz* foi formalizada antes da Conferência de Genebra, a delegação brasileira fez escala nos Estados Unidos para visitar centros de pesquisa e empresas interessadas em vender um reator de pesquisa, *Vitro Corporation* e *General Electric*. Na Universidade de Illinois, foram aconselhados por Donald Kerst a formular uma política de energia nuclear. Nada foi decidido sobre o tipo do reator a ser adquirido antes de Genebra.<sup>5</sup> Mas depois de discutir o assunto com os especialistas presentes no evento, Marcello Damy decidiu pelo reator do tipo piscina. Na volta ao Brasil pelos Estados Unidos, depois do evento científico, com a finalidade de examinar os detalhes do reator a ser adquirido pelo CNPq (Mattos Netto, 1955; Cadernos, 2006: v. 17, 12).

Os potenciais candidatos para receber o reator do tipo piscina eram a Universidade de São Paulo (USP) e a Universidade do Brasil, nas quais eram professores físicos com reconhecimento.<sup>6</sup> A única instituição existente e que foi criada exclusivamente para desenvolver pesquisas na área da física e engenharia nuclear, o Instituto de Pesquisas Radioativas, ainda não tinha tradição de pesquisa. Em contrapartida, o Departamento de Física da USP tinha reconhecimento internacional e era chefiado por Marcello Damy, que acabara de instalar um bétraton e ocupava postos-chaves no CNPq.

4. O 3º Acordo era importante para os EUA, que solucionavam dois problemas: mercado para seus excedentes agrícolas e matéria-prima para estocar como reserva estratégica, isto é, para reatores super-regeneradores de tório.

5. Donald Kerst inventor do bétraton e responsável pela construção dos laboratórios de alta atividade do reator experimental de Idaho.

6. Na década de 1960, a Universidade do Brasil passou a ser denominada Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ.

## 1.b. Sucesso na periferia

Em janeiro de 1956, o CNPq e a USP assinaram um convênio de cooperação; e, em agosto, fundaram o Instituto de Energia Atômica (IEA), sob a direção de Marcelo Damy, para ser instalado o reator do tipo piscina comprado da empresa americana Babcock & Wicox, pelo programa *Átomos para a Paz*.<sup>7</sup> Na época, considerava-se que esse tipo de reator tinha capacidade de produzir alto fluxo de nêutrons com baixo consumo de combustível, urânio enriquecido a 20% arrendado da AEC.

Os dois primeiros anos do Instituto de Energia Atômica foram marcados pela determinação de Marcello Damy: construir o prédio para abrigar o reator em tempo recorde; e investir na formação em física experimental e teórica de um pequeno grupo de professores da USP e de mais uma dezena de jovens magnetizados pelas perspectivas que a energia nuclear abria ao país. Foram eles os responsáveis pela instalação do reator IEA-R1 e por todos os testes do equipamento. As obras civis foram realizadas em ritmo acelerado diante do estímulo de um prêmio, anunciado pelo governo americano para a instituição estrangeira que concluísse em primeiro lugar a instalação de um reator experimental (CNEN, 1959). Em 1957, o reator IEA-R1 atingiu a criticalidade.

No dia das comemorações de 1958 do aniversário da cidade de São Paulo, o presidente da República Juscelino Kubitschek e o governador do estado Jânio Quadros inauguraram o reator adquirido pelo programa Eisenhower. Diante de dezessete delegações estrangeiras, professores, cientistas e políticos, Kubitschek recebeu o cheque-prêmio das mãos do embaixador americano.<sup>8</sup> O reator IEA-R1 foi apresentado como o mais importante equipamento para a medicina nuclear no país e imprescindível para os progressos tecnológicos do país.

121

Desde o início, o reator foi utilizado para formação de especialistas da Escola de Engenharia da Universidade de Minas Gerais, Escola Técnica do Exército, Escola Nacional de Engenharia e a Universidade do Rio Grande do Sul. A 2ª Conferência de Genebra, realizada em 1958, não teve o mesmo impacto do acontecimento de 1955, mas os 23 trabalhos espelharam o crescente grau de especialização da delegação brasileira.

Marcello Damy de Souza Santos assumiu a presidência da Comissão Nacional de Energia Nuclear em 1961, quando Jânio Quadros foi empossado presidente da República. O afastamento dos Estados Unidos tinha início, confirmando a mudança de orientação da política externa brasileira e de orientação da CNEN. Mesmo com a renúncia de Jânio, após sete meses de governo, e a posse de João Goulart, Damy permaneceu no cargo e implementou importantes modificações estruturais na CNEN.

7. Além da *Babcock & Wicox*, a *Bendix International*, *General Electric*, *Foster Wheeler & Co* e a *AMF Atomics* enviaram propostas. Ver: CNPq. Comissão, de Energia Atômica. Ata da 34ª sessão da Comissão de Energia Atômica em 12 de janeiro de 1956. p. 79; idem. Ata da 36ª sessão da Comissão de Energia Atômica em 27 de janeiro de 1956. p. 1 (Arquivo Leite Lopes).

8. O cheque era de 350 mil dólares (valor de 1958), quando se estimava um custo total de US\$800 mil para a compra e montagem.

A história do Instituto de Energia Atômica e do Instituto de Engenharia Nuclear tem um ponto em comum: ambos foram criados para instalar um reator. Mas o Instituto de Engenharia Nuclear (IEN) resultou dos esforços dos primeiros engenheiros bolsistas do programa *Átomos para a Paz*, brasileiros enviados aos Estados Unidos para estágio no *Argonne National Laboratory*. Ao retornarem à Escola Nacional de Engenharia da Universidade do Brasil, o grupo apresentou a proposta de construção de um reator experimental. O projeto foi viabilizado por meio de convênio entre a CNEN e a Universidade do Brasil, atual UFRJ, que resultou na fundação do IEN, em maio de 1962, no campus da Ilha do Fundão (Instituto, 2012).

O processo de decisão da construção do reator do IEN acentuou as diferenças entre os institutos de pesquisa associados à CNEN. Refletindo a orientação da política nuclear do governo João Goulart e a gestão de Marcello Damy na CNEN, caracterizadas pela busca da autonomia tecnológica, não mais se importou um reator fechado. O reator foi desenvolvido segundo projeto do laboratório americano de Argonne, que foi redesenhado no Brasil e construído com 93% de componentes nacionais, pela empresa CBV Ltda, no Rio de Janeiro. Batizado com o nome de Argonauta, utiliza urânio enriquecido a 20% e se tornou crítico em fevereiro de 1965. Desde então, o reator do IEN é utilizado para produzir radioisótopos utilizados como traçadores em pesquisas nas áreas do meio ambiente e industrial, e formação de pessoal.

Na direção oposta à mobilização de engenheiros e físicos em busca da autonomia nuclear, o marechal Castello Branco assinou, em 1965, o Acordo de Cooperação Referente aos Usos Cívicos da Energia Atômica com os Estados Unidos. Previa-se a troca de informações projeto, construção e operação de reatores de potência e de pesquisa, além do fornecimento de urânio enriquecido e plutônio.<sup>9</sup> Embora coerente com a política de reaproximação dos dois países, os Estados Unidos não o chancelaram.

122

### 1.c. Depois da Guerra Fria

Era impensável considerar a possibilidade de que algum dia a rota Norte-Sul seria usada no contrafluxo e que pesquisas dos Estados Unidos e da Europa seriam realizadas no IPEN, por meio de acordos de cooperação. Tal fato se deu pelas características do primeiro reator nuclear genuinamente nacional, o IPEN/MB-01, que entrou em operação em novembro de 1988. Desenvolvido por pesquisadores do IPEN, em parceria com a Marinha, o reator de 100 W foi construído para dar subsídios científicos ao projeto do submarino de propulsão nuclear fabricado no Brasil, mas foi disponibilizado às necessidades de outros projetos.

O reator Triga foi desativado e o Argonauta cumpriu sua missão, mas o IEA-R1 passou por várias reformas, inclusive com a ajuda de especialistas da Argentina. A

9. Decreto Legislativo n. 48 de 1966: aprova o Acordo de Cooperação para Usos Cívicos de Energia Atômica entre o Governo dos Estados Unidos da América e o Governo dos Estados Unidos do Brasil, assinado em Washington, em 8 de julho de 1965.

grande reforma de 1996/1997 aumentou a potência do reator de 2 MW para 5 MW, e passou a se chamar IEA-R1m. Para a medicina nuclear no Brasil essa mudança trouxe uma grande contribuição: a produção local de radioisótopos de última geração, o que gerou uma economia de divisas.

Com a expectativa de ser inaugurado em 2017, seis instituições de ciência e tecnologia participam do projeto do Reator Multipropósito Brasileiro, um reator de 20 MW planejado para produzir radioisótopos para uso médico, testar combustível nuclear e materiais estruturais de reatores de potência e realizar pesquisas com feixes de nêutrons.

O reator será construído no município paulista de Iperó, junto ao Centro Experimental de Aramar da Marinha, onde é desenvolvido o protótipo do submarino nuclear brasileiro. Além do apoio de instituições de fomento brasileiras, há um acordo de cooperação com a Comissão Nacional de Energia Atômica da Argentina (CNEA) para o desenvolvimento de projeto básico comum dos reatores multipropósitos do Brasil (RMB) e da Argentina (RA-10). A empresa argentina INVAP foi responsável pelo projeto do reator de pesquisas australiano OPAL, inaugurado em 2007, que servirá de referência para o RMB e o novo reator argentino.

## 2. A controvérsia sobre os reatores e os problemas das usinas

Todos os presidentes da República falaram à nação sobre a importância de se construir usina nuclear para complementar a produção das hidrelétricas.<sup>10</sup> Juscelino Kubitschek considerou a possibilidade de se associar à *American & Foreign Power Company*.<sup>11</sup> Nem as negociações evoluíram, como o desenvolvimento da ciência e tecnologia foi relegado no seu governo. As iniciativas da direção da CNEN para construir uma usina na baía de Angra dos Reis também fracassaram, mas inauguraram a controvérsia sobre o tipo do reator de potência. Diferente das conclusões dos estudos preliminares contratados em Londres, o grupo de trabalho do Instituto de Energia Atômica (IEA) e Furnas recomendou um reator de urânio natural e, para o futuro, o reator de tório.

O programa de governo de Jânio Quadros (1961) incluía a construção de reatores de urânio natural ou de urânio enriquecido no país. A opção refletia a orientação do físico Marcello Damy de Souza Santos, presidente da CNEN que permaneceu no cargo durante o governo de João Goulart (1961-1964), imprimindo na instituição a marca de uma independente política externa. Goulart foi contrário à transferência da CNEN para o Ministério de Minas e Energia e a transformou em autarquia federal, subordinada à Presidência; alterou a política nacional de energia nuclear; e decretou o monopólio da União dos minérios e materiais nucleares.

10. As principais fontes consultadas para esta parte do trabalho foram os relatórios de comissões de inquérito do Senado Federal e os relatórios anuais da CNEN. Ver também: Andrade, 2006.

11. O governo de Kubitschek (1956 -1960) foi marcado pela modernização baseada no capital estrangeiro.

O Plano Trienal de Desenvolvimento Econômico e Social (1963-1965) do economista Celso Furtado, política de longo prazo para vencer o ciclo do subdesenvolvimento, exaltava o emprego da energia nuclear para produção de energia elétrica. Também mencionava a decisão de se construir um reator de potência a urânio natural e de aproveitamento do plutônio em uma segunda linha de reatores, funcionando no ciclo tório-plutônio e tório-urânio233. A orientação técnica partiu do Grupo de Trabalho de Reator de Potência (GTRP), constituído por Marcello Damy com especialistas do IEA, CNEN, IPR e *Commissariat de l'Énergie Atomique*.<sup>12</sup> O relatório do GTRP foi entregue às vésperas do golpe militar de 1964 e recomendava: reator da linha urânio natural, moderado a grafite ou a água pesada, criação de subsidiária da Eletrobrás para construir e operar futura usina e de empresa estatal para cuidar da mineração, beneficiamento e comércio de minerais radioativos. Essas conclusões certamente desagradaram os Estados Unidos, diante da perda de um potencial mercado para os reatores PWR e do controle exercido através do monopólio de fornecimento do urânio enriquecido.

No início da ditadura militar houve queda nas expectativas de produção de energia nuclear e de incremento da pesquisa na CNEN. A prioridade era a reestruturação do setor elétrico a cargo da Eletrobrás, holding estatal responsável pelo processo de encampação das concessionárias estrangeiras de energia elétrica, iniciado no governo Goulart. No entanto, em 1965, o Comitê de Estudos do Reator de Potência (constituído por engenheiros e físicos da CNEN e dos três institutos de pesquisa do setor) deu parecer favorável à utilização da energia nuclear para produção de energia elétrica na região Centro-Sul, avaliou o estágio da prospecção mineral e as possibilidades de fornecimento da matéria-prima para o combustível, apontou as dificuldades tecnológicas dos reatores rápidos, concluindo que o tório era uma boa alternativa. Nascia o famoso Grupo do Tório do Instituto de Pesquisas Radioativas, cujas raízes remontam ao Grupo de Trabalho do Reator de Potência.

124

O Grupo do Tório investiu na engenharia de reatores em parceria com o *Commissariat de l'Énergie Atomique*, onde seus membros estagiaram e com o qual a CNEN mantinha convênio. Na primeira etapa das atividades, avaliaram a possibilidade de desenvolvimento da tecnologia de reatores a tório (Projeto Instinto), considerando potenciais reservas do minério em Minas Gerais e o desconhecimento sobre as reservas de urânio. A análise da utilização do tório foi baseada em um conceito definido de reator, que pudesse ser desenvolvido pela indústria brasileira em dez ou quinze anos. O reator seria resfriado e moderado por água pesada sob pressão, contido em um vaso de concreto-protendido. Semelhante tecnologia estava sendo desenvolvida na França, Alemanha e Suécia, i.e., o Brasil não estava sozinho nessa linha de investigação.

Como o tório não é fissionável, o Grupo ponderou que a opção pela mescla com urânio enriquecido, embora mais fácil, dependia dos Estados Unidos e que o uso do plutônio só seria exequível a longo prazo, ou após produzi-lo com urânio natural. O

12. Veja o relato de engenheiros Syllus & Lepecki, 1996: 2; CNEN, 1966: 11, 13.

Grupo do Tório tinha a expectativa da linha de reatores nacionais ser viável nas décadas de 1980 e 1990. Se o Grupo do Tório fez história, dois protagonistas registraram que a experiência produziu um resultado inesperado: “a conscientização da extrema dificuldade de se realizar a sua ambição inicial” (Lepecki & Syllus, 1996: 3).

## **2.a. Pragmatismo político**

O ano 1967 marca o início da ruptura da concepção de poder dos governos militares, que passaram a vincular o desenvolvimento econômico ao conceito de segurança nacional e aspirar ao status de grande potência. No plano da política externa, atuaram no sentido de reduzir a dependência dos Estados Unidos e de valorizar os vínculos com pequenas e médias potências no eixo Norte-Sul, diante da percepção de que o antagonismo Leste-Oeste da Guerra Fria se deslocara para a polarização entre os países do centro e da periferia política (Cervo & Bueno, 2002: 397-406). Diante disso, priorizou-se os convênios de cooperação técnica e científica para formação de especialistas em energia nuclear na França e República Federal da Alemanha.

Em diferentes situações, o general e presidente Costa e Silva (1967-1969) reafirmou que a energia nuclear era “o mais poderoso recurso a ser colocado ao alcance dos países em desenvolvimento para reduzir a distância que os separa das nações industrializadas” (Bandeira, 1989: 169) e que era propósito do governo construir uma usina nuclear. Na justificativa de criação do Grupo de Trabalho Especial no Ministério de Minas e Energia para esse fim enfatizou que “(...) tudo que diga respeito ao campo da energia nuclear, interessa à Segurança Nacional” (Decreto n. 60.890, 22 jun. 1967). Somente o general Dutra, presidente da República no imediato pós-guerra, dera tanta ênfase. A clareza das intenções se revelou quando Dutra justificou ao Congresso Nacional a necessidade de criação do Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq, 1952: 72).

125

No final dos anos 1960, o Grupo de Trabalho Especial do Ministério de Minas e Energia recomendou a construção de uma usina nuclear de 500 MW em 1976/1977, o Grupo do Tório entregou o relatório do Projeto Instinto, e técnicos da Divisão de Engenharia de Reatores do IPR concluíram ser viável construir usinas nucleares no estado do Pará, em plena Amazônia (Lepecki & Syllus, 1996: 4; CNEN, 1967: 30).

## **2.b. Angra 1**

Após o lançamento das Diretrizes da Política Nacional de Energia em janeiro de 1968, a CNEN transferiu para Eletrobrás a responsabilidade do processo decisório da primeira usina nuclear. A Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) enviou uma comissão técnica, liderada por James Lane, para trabalhar em parceria com técnicos da CNEN, Eletrobrás e dos institutos de pesquisa nuclear, IEA, IEN e IPR, inclusive com o Grupo do Tório. O relatório do Grupo Lane, confirmou a recomendação do Grupo de Trabalho Especial do Ministério de Minas e Energia, qual seja, a instalação de uma usina nuclear de 500 MW e estimou que, até o ano 2000, as necessidades brasileiras de energia nuclear seriam de cerca de 50.000 MW instalados. Mencionou que qualquer tipo de reator comercial seria adequado.

A preferência dos presidentes da CNEN e da Eletrobrás recaía sobre um reator de urânio natural e água pesada. A equipe do IPR concordou e ainda sugeriu a construção simultânea de um protótipo. Uma grande polêmica tomou conta da CNEN, sobretudo entre os que defendiam a alternativa de reator a água pesada e aqueles que propunham reatores a água leve, como o presidente empossado em 1969, Hervásio de Carvalho. As manifestações se tornaram públicas. Vários cientistas se colocaram contra a compra de reator a urânio enriquecido, por estabelecer dependência dos Estados Unidos, até serem silenciados pela força do AI-5, ato institucional de dezembro de 1968 que cassou dezenas de pesquisadores e induziu outros a viver no exterior.

Quando a CNEN foi transferida para o Ministério de Minas e Energia (Decreto n. 63.951, 31 dez. 1968), ficou claro que sua missão na ditadura militar era produzir energia nuclear para geração de energia elétrica. A Eletrobrás, por sua vez, delegou a tarefa de construir usinas nucleares para Furnas Centrais Elétricas S.A., onde o Departamento de Engenharia Nuclear se encarregou de Angra 1. Para facilitar o contato com Furnas, a CNEN criou o Departamento de Reatores e fixou normas de segurança. A praia de Itaorna, município de Angra dos Reis, foi escolhida para a instalação da usina, após a consultoria de empresas americanas, Universidade de Cornell e da Tecnosolo. Os critérios considerados foram: topografia, população, utilização das cercanias, hidrologia, meteorologia, sismologia, geologia, fundações da usina, acesso ao local, integração ao sistema de transmissão de energia elétrica e o destino a ser dado aos rejeitos radioativos.

126

Em meio às previsões alarmistas sobre futuros blecautes na região Sudeste, Angra 1 foi lançada hasteada na bandeira do Brasil Grande. Contratou-se consultoria da NUS Corporation e da brasileira SELTEC, e enviou-se engenheiros aos Estados Unidos, Canadá e Europa para avaliar os diferentes tipos de reator, assim como para aprender a organizar uma concorrência internacional.

Nenhuma empresa fabricante de reator a urânio natural se credenciou. Das seis empresas candidatas para a venda e montagem dos equipamentos, a vencedora foi a *Westinghouse Electric Company* (CNEN, 1970: 45). A americana *Gibbs & Hill* e a brasileira Promon Engenharia desenvolveram o projeto técnico, cuja concorrência para as obras civis foi vencida pela Construtora Norberto Odebrecht em 1972. O combustível para a primeira unidade da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto seria fabricado da seguinte maneira: o *yellowcake* seria comprado na África do Sul, a conversão em hexafluoreto realizada na Inglaterra e o enriquecimento feito nos Estados Unidos. Diversificou-se os parceiros, por orientação do Ministério das Relações Exteriores, mas continuava a dependência dos Estados Unidos, que detinham o monopólio do suprimento de urânio enriquecido no mundo Ocidental (Andrade, 2006: 133-136).

A participação da indústria nacional na fabricação dos equipamentos para Angra 1 foi pífia, já que o Eximbank exigia a realização de concorrência internacional. Na realidade, a *Westinghouse* vendeu uma caixa-preta lacrada e com inúmeros problemas técnicos, contendo um reator PWR -urânio enriquecido e água leve pressurizada (Bandeira, 1989: 224).



A solução foi considerada incompatível com os interesses nacionais por uma ala de militares, repudiada por parlamentares filiados ao partido de oposição e muito criticada nas universidades. Os últimos defendiam a compra de um reator do tipo CANDU (urânio natural e água pesada), argumentando que se tratava de uma tecnologia mais simples e fácil de ser transferida, além do país não ficar refém dos Estados Unidos. Foi a vitória do presidente da CNEN, o físico Hervásio de Carvalho, que defendia a alternativa de curto prazo, em detrimento da continuidade de investimento em pesquisa para a fabricação de reatores nacionais. Cálculos e experiências importantes para a continuidade do projeto de engenharia de reatores nacionais se perderam; o Grupo do Tório se extinguiu diante da opção pelos reatores PWR (CNEN, 1970: 60).

## **2.c. Angra 2**

A fase empresarial do setor nuclear brasileiro foi inaugurada com a Companhia Brasileira de Tecnologia Nuclear (CBTN), empresa de economia mista subsidiária da CNEN de 1971. A despeito do início de Angra 1, os estudos de viabilidade econômica conduzidos na CBTN recomendavam outra estratégia: transferência de tecnologia com participação crescente da engenharia e indústria nacionais; implantação gradativa das indústrias do ciclo do combustível; escolha de tecnologia adequada aos interesses nacionais a médio e longo prazos; padronização tecnológica de quatro usinas nucleares a serem construídas; negociação conjunta da importação dos equipamentos para as usinas, em contrapartida à transferência de tecnologia de reator e do ciclo do combustível, sobretudo as tecnologias sensíveis (enriquecimento e reprocessamento); e criação de empresas mistas, em parceria com o país fornecedor da tecnologia, para aperfeiçoar o processo (Lepecki & Syllus, 1996: 6, 12). Eram os fundamentos do futuro Acordo Nuclear Brasil-República Federal da Alemanha.

127

O presidente da República empossado em 1974, o general Ernesto Geisel, reorientou a política energética com empréstimos bancários internacionais, quando as contas do petróleo desequilibravam a balança comercial e a dívida externa era crescente. No mesmo ano, firmou-se o chamado Protocolo de Brasília com a Alemanha, para acelerar o ritmo da indústria do ciclo do combustível, substituiu a CBTN pela Empresas Nucleares Brasileiras S.A. (Nuclebrás) e reorganizou a estrutura dos institutos de pesquisa. Holding de várias empresas subsidiárias binacionais e subordinada ao Ministério de Minas e Energia, coube à Nuclebrás a execução do Programa Nuclear Brasileiro sob a presidência do embaixador Paulo Nogueira Batista.

Em junho de 1975, os ministros das Relações Exteriores do Brasil e da Alemanha assinaram, em Bonn, o Acordo sobre Cooperação no Campo dos Usos Pacíficos da Energia Nuclear e, em seguida, o Protocolo de Bonn, no qual foram ajustados os procedimentos comerciais, societários e contratuais. As negociações rápidas e secretas envolveram autoridades alemãs, o presidente da CNEN, o ministro de Minas e Energia e o presidente da Nuclebrás, caracterizando a supremacia da política sobre qualquer consideração de ordem técnica.



Geisel manteve os militares afastados, assim como Nogueira Batista ignorou os adidos militares da embaixada brasileira de Bonn (Gaspari, 2004: 131). Os acordos finais foram relativamente fáceis, pois o Acordo Nuclear Brasil-Alemanha estava alicerçado em acordos anteriores: o Acordo de Cooperação sobre as Utilizações Pacíficas da Energia Atômica entre o Brasil e a Euratom (1961), o Acordo de Cooperação Científica e Tecnológica entre o Brasil e a Alemanha (1969) e as Diretrizes para a Cooperação Industrial entre o Brasil e a Alemanha (1974), conhecidas como Protocolo de Brasília (Andrade, 2006: 139-143). O draconiano acordo de salvaguardas entre o Brasil, a Alemanha e a AIEA de 1976 incluía material e equipamento específicos, assim como informações tecnológicas relevantes (Marzo & Almeida, 2006: 198-199).

A Alemanha foi escolhida em detrimento dos Estados Unidos e da França, pelas seguintes promessas: transferência de tecnologia e implantação de todas as etapas do ciclo do combustível; capacidade de fabricação de reatores de grande porte; e identificação de reservas de urânio e tório. As vantagens para a Alemanha eram de âmbito comercial: utilização da capacidade ociosa da indústria nuclear; incremento das exportações; possibilidade de enriquecer urânio, pois era impedida pelo Euratom; e interesse nas reservas brasileiras de urânio.

O Acordo de 1975 previa a construção de oito usinas nucleares no Brasil, a capacitação de pessoal -cerca de dez mil técnicos de nível médio e superior, a participação da empresa Urangesellschaft na prospecção e mineração de urânio, em cooperação com a Nuclam, subsidiária da Nuclebrás (Medeiros, 2005: 72). Por se tratar de um negócio da ordem de dez bilhões de dólares e com duplas vantagens (para o capital industrial e também para o capital financeiro, que financiou a venda dos equipamentos), ficou conhecido internacionalmente como o acordo do século.

A censura à imprensa dispensou Geisel das explicações à sociedade sobre o Acordo teuto-brasileiro, limitando-se as justificativas às necessidades futuras de energia elétrica e à crise do petróleo de 1973. O cancelamento unilateral pelos Estados Unidos do fornecimento de urânio enriquecido para Angra 1 e para os três reatores de pesquisa existentes no Brasil, em 1977, foi usado a favor do Acordo (Bandeira, 1989: 224).

O conflito com os Estados Unidos estavam evidentes desde a insubmissão da política externa brasileira ao Tratado de Não Proliferação Nuclear de 1968. Agravaram-se na gestão de Jimmy Carter, após a inclusão da transferência de tecnologia de enriquecimento e reprocessamento de urânio no acordo com a Alemanha. Como o Brasil e a Alemanha não cederam às pressões, Carter contratou denunciando o desrespeito aos direitos humanos pelas autoridades brasileiras. A questão ecoou entre os militares, levando o Brasil a denunciar o acordo militar com os Estados Unidos, que vigorava desde 1952.

A possibilidade de transferência da tecnologia para o reprocessamento reascendeu a crise com o governo Carter, que desdobrou suas ações diplomáticas em gestões multilaterais e bilaterais mais complexas. As pressões se estenderam aos demais países envolvidos no comércio internacional de tecnologia nuclear, por meio de

diferentes estratégias. Até a pretensa rivalidade entre a Argentina e o Brasil foi usada pelo secretário de Estado Cyrus Vance, insinuando que ambos deveriam renunciar ao reprocessamento.<sup>13</sup>

Em 1978, as pressões americanas foram duplamente amparadas. Primeiro, pelo *Nuclear Non-proliferation Act*, que permitia ao governo americano suspender os contratos de fornecimento de urânio enriquecido. Foi o que Carter fez unilateralmente, a despeito da inspeção internacional, existência de contratos comerciais e do acordo de cooperação de 1955 para fornecimento de combustível aos reatores de pesquisa. O Projeto Cobra (*Cooperação Brésil Rapide*), firmado entre a CNEN e França em 1975 para a construção de um reator de pesquisa térmico-rápido, foi interrompido em 1979 por esse motivo (Instituto, 2012: 15). Posteriormente, as pressões aumentaram com a reformulação do Clube de Londres e as medidas para a plena vigência do Tratado de Tlatelolco, que, embora não lhes dissesse respeito, era uma forma de criar obstáculos para os países latino-americanos não signatários do TNP.

A Nuclebrás ficou encarregada da execução do Acordo, desde as atividades de pesquisa e prospecção de minerais nucleares, desenvolvimento do ciclo do combustível, construção das usinas, montagem de parque industrial destinado à fabricação de equipamentos e componentes para as usinas. Copiando o modelo adotado na época por empresas de capital privado nacional, constituiu subsidiárias sob a forma de joint ventures: a Nuclebrás Auxiliar de Mineração (Nuclam), com participação da *Urangesellschaft* (UG), para atuar na prospecção, pesquisa, mineração e beneficiamento de urânio; a Nuclebrás Engenharia (Nuclen), em associação com a *Kraftwerk Union* (KWU), grupo Siemens, para realizar serviços de engenharia; a Nuclebrás Equipamentos Pesados (Nuclep), em acordo com a KWU, a *Gute Hoffnungs Hütte* (GHH) e a austríaca Voest, para a fabricação de reatores, geradores de vapor, componentes pesados e protótipos de carros blindados; a Nuclebrás Enriquecimento Isotópico (Nuclei), em associação com a Steag e a Interatom, para a produção de urânio enriquecido; e a Nuclebrás-Steag Companhia de Exploração de Patentes de Enriquecimento por Jato-Centrífugo (Nustep), a única com sede na Alemanha e associada à *Trenndüsen Entwicklungs Patentverwertung GmbH & Co.* KG, criada para o desenvolvimento do método de enriquecimento por jato centrífugo. A Nuclebrás tinha participação majoritária no capital da Nuclam (51%), Nuclen e Nuclei (75%), e Nuclep (98,2%).

Furnas, responsável pela construção de Angra 2 e 3, assinou os contratos de compra de equipamentos com a KWU; a Nuclen ficou encarregada da parte de engenharia dos demais projetos. As obras de construção civil de Angra 2 foram iniciadas em 1977 e os primeiros problemas apareceram ainda na etapa da fundação, atrasando de forma irrecuperável o cronograma.

A exigência de reforço das fundações partiu da CNEN -órgão fiscalizador- e coincidiu com as primeiras críticas da Sociedade Brasileira de Física, que denunciou

13. Informação disponível no documento EG pr. 1974.0318 rolo 3. f. 4055 microfilme (Arquivo Ernesto Geisel).

que o Acordo não garantiria o domínio das tecnologias sensíveis. A comunidade científica, excluída do processo de decisão, questionava a necessidade de o Brasil adotar a energia nuclear em larga escala, contestando o argumento de crescimento da demanda de energia elétrica e escassez de recursos hidrelétricos. Havia também os defensores de opções brasileiras, como o aproveitamento do potencial hídrico da Amazônia, no lugar do emprego de tecnologia com risco de graves acidentes. Aos opositores do meio acadêmico, juntaram-se os ambientalistas, preocupados com o rejeito e lixo radioativos (Barros, 2006; CNEN, 1977, anexo: 6; Rosa, 2006: 44).

Se no plano internacional as relações estavam tensas, diante das pressões do governo americano contra a transferência de tecnologias sensíveis, nos canteiros de obras de Angra dos Reis a situação era complicada. Os problemas surgiram do erro estratégico de forçar a convivência diária das equipes ligadas à *Westinghouse* e à KWU, que tinha melhores instalações. A questão provocou ásperos diálogos entre o presidente da Nuclebrás Nogueira Batista, o ministro de Minas e Energia, o presidente Geisel e Hervásio de Carvalho, da CNEN, quem denunciou as péssimas condições de trabalho dos operários de Angra 1 e era contra acelerar o ritmo das obras em detrimento da segurança. Por detrás dos atritos entre o embaixador e o físico, estava o fato de que eles estavam em arenas opostas: o primeiro, defensor da autonomia tecnológica; o outro, um fiel aliado dos Estados Unidos.

O Acordo Brasil-Alemanha foi sobre-estimado: o Brasil pagou caro pelos equipamentos e não ocorreu a prometida transferência de tecnologia. O acidente de Three Mile Island foi um golpe na credibilidade internacional, mas não interferiu no Programa Nuclear Brasileiro; afinal, era uma questão de segurança nacional!

130

As obras civis de Angra 2 foram aceleradas, quando se observava a recessão econômica, espiral inflacionária e dificuldades correlacionadas com o segundo choque do petróleo. O último presidente militar, o general Figueiredo, ainda deu exclusividade para a Nuclebrás Construtora de Centrais Nucleares (Nucon) construir outras usinas. Mas era impossível dar prosseguimento ao Acordo devido à elevação dos custos financeiros. Assim, assistiu-se a sucessivos atrasos, depois à paralisação das obras de Angra 2; à ociosidade da fábrica de equipamentos pesados da Nuclep; ao insucesso da unidade de enriquecimento isotópico da Nuclei, devido à tecnologia alemã; à desativação da Nucon em 1984; e, por fim, ocorreu a redução geral das atividades da Nuclebrás e evasão do pessoal qualificado.

O Acordo não atingiu as metas: apenas a primeira etapa da Fábrica de Elemento Combustível foi inaugurada; as obras de Angra 2 se estenderam de 1976 a 2000; a transferência da tecnologia para enriquecimento do urânio nunca se materializou; e a construção de Angra 3 se arrasta. A exceção foi a prospecção mineral: as reservas de urânio identificadas ultrapassaram 300 mil toneladas, mesmo que apenas 25% do território nacional tenha sido prospectado.

A sociedade brasileira só tomou conhecimento do Programa Nuclear com o retorno à democracia, na década de 1980. A imprensa divulgava informações sobre os sucessivos defeitos do equipamento vendido pela *Westinghouse*, no Congresso Nacional uma comissão de inquérito examinou o Acordo Nuclear Brasil-Alemanha,

ocorreram diversas manifestações populares e ações judiciais contra o funcionamento de Angra 1, especialmente por falta de plano de emergência e contínuos defeitos. Finalmente a utilização da energia nuclear para a produção de energia elétrica deixou de ser um assunto de segurança nacional.

O Programa Nuclear foi revisto por uma comissão nomeada em 1985. Mesmo reconhecendo o fracasso e o alto custo do acordo com os alemães, a comissão recomendou a conclusão de Angra 2 e Angra 3, cujos equipamentos já haviam sido pagos, e a redução da Nuclebrás a uma empresa especializada nas atividades do ciclo do combustível e fabricação de equipamentos para reatores. Como os problemas do setor nuclear pareciam ter solução com a mudança de nome das instituições, a Nuclebrás foi transformada na Indústrias Nucleares do Brasil S.A. (INB), subsidiária da CNEN; a Nuclen em subsidiária da Eletrobrás, que devolveu a Furnas o gerenciamento da construção e operação das usinas nucleares (Decreto-Lei n. 2.464).

A construção de Angra 2 ficou paralisada de 1983 a 1994; em 2001 teve início a operação comercial com potência média de 1.300 MW sob a responsabilidade de empresa exclusiva, a Eletrobrás Termonuclear S.A (Eletronuclear) criada em 1997. Persistem as polêmicas sobre o depósito provisório de resíduos e muita preocupação em esconder os incidentes da sociedade.

A construção de Angra 3 foi autorizada no governo de Fernando Henrique, iniciada no governo de Luiz Inácio Lula da Silva e calcula-se que serão necessários 1,7 bilhão de dólares. Há setores da sociedade céticos quanto à conclusão de Angra 3 e outros permanecem radicalmente contra a usina. Em 2004, a Alemanha rompeu o acordo nuclear com o Brasil, sem causar danos nas relações políticas e comerciais. Para diplomatas brasileiros, o acordo de 1975 cumpriu seus objetivos centrais; para o historiador, o país hegemônico troca de estratégia em busca de vantagens comparativas, sejam no plano político ou no mercado internacional para seus novos produtos, serviços e tecnologias.

131

### **3. Tecnologias estratégicas e acordos sensíveis**

Na esfera das relações internacionais, a cooperação técnica e científica não se limita a simples permuta de informações, conhecimentos e métodos, ou venda, empréstimo e doação de equipamentos, insumos e outros bens. A cooperação é um instrumento de política e, muitas vezes, de propaganda política do país que se encontra em patamar superior em determinadas áreas do conhecimento ou que é hegemônico em dado contexto, para facilitar negociações futuras, abrir mercado, formar opinião, ganhar aliados, etc. Bons exemplos são o Acordo de Cooperação para Uso Civil da Energia Atômica assinado entre o Brasil e os Estados Unidos em 1955, que viabilizou o programa *Átomos para a Paz*, e o Acordo Geral sobre Cooperação nos Setores de Pesquisa Científica e do Desenvolvimento Tecnológico firmado entre o Brasil e a República Federal da Alemanha em 1969, que abriu as portas para acordo nuclear de 1975 em troca da capacitação de centenas de engenheiros, físicos, químicos para a área nuclear, como de biólogos e matemáticos, naquele país.

Os acordos de cooperação também devem ser examinados como uma estratégia dos países técnico e cientificamente periféricos para alavancar uma área do conhecimento. Foi o caso do Instituto de Energia Atômica (IEA), atual Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), cuja criação decorreu de convênio entre o CNPq e a USP para instalar um reator experimental previsto no acordo de cooperação com os Estados Unidos, de 1955. Embora a política dos *Átomos para a Paz* tivesse a real intenção de restringir as iniciativas voltadas para o desenvolvimento autônomo de tecnologia, direcionando a investigação e práticas nesse campo para a dependência de conhecimento, materiais e insumos (inclusive refém do urânio enriquecido para o reator), técnicos e cientistas aproveitaram as vantagens relativas de um acordo político de mais alto nível do qual não participaram. O reator IEA-R1 teve efeito multiplicador na formação de equipes para outros institutos e universidades, além de ter permitido a realização de vários experimentos e projetos de engenharia.

A busca da autonomia nuclear consumiu muitos investimentos, foi marcada pela descontinuidade da política para o setor e, principalmente, agregou décadas de trabalho de investigação no IEA/IPEN, IPR/CDTN e IEN, e em outras instituições pesquisa financiadas pelo CNPq e CNEN, tal como no Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), Instituto Militar de Engenharia -para o Grupo de Trabalho da Água Pesada- Unicamp, USP, dentre outras (CNEN, 1967: 47-49; CNEN, 1970: 120). Apesar de o empenho das equipes dos institutos, lutando contra uma série de adversidades, só a partir de 1967 que a política de ciência e tecnologia emergiu como uma alternativa de ação coordenada e o pragmatismo passou a orientar a política exterior brasileira. Rejeitava-se o poder associado à potência hegemônica ocidental, os Estados Unidos, que impediam a importação de tecnologias avançadas para o setor nuclear pela via da cooperação científica. Como a conquista da tecnologia nuclear tinha raízes no nacionalismo dos anos de 1950, que se fortalecia ao ser associado ao desenvolvimento econômico, os instrumentos de política foram articulados em vários níveis. Ou seja, a estratégia estava alicerçada na possibilidade de se conjugar dois níveis da política, a interna e a externa, para alcançar o desenvolvimento econômico autossustentado, não importa com quais parceiros, e, ao mesmo tempo, redefinindo a relação com os Estados Unidos, para limitar o grau de dependência financeira, tecnológica e cultural. A engenhosidade política causou impacto positivo em grupos de influência e a ambiguidade caracterizou as ações da política externa no período da ditadura militar (Cervo & Bueno, 2002: 398).

Como mencionado, a Companhia Brasileira de Tecnologia Nuclear (CBTN), empresa de economia mista subsidiária da CNEN de 1971, inaugurou a fase empresarial do setor nuclear. No marco do Acordo de Cooperação Científica e Tecnológica entre o Brasil e a Alemanha de 1969, redistribuiu as pesquisas relacionadas ao ciclo do combustível entre os três institutos que passou a coordenar.

O Projeto Hexafluoreto de Urânio (UF6) foi conduzido pelo IEA. O Projeto de Reprocessamento, a fim de extrair do combustível utilizado nos reatores o material físsil nele ainda contido ( $U^{235}$  e plutônio), foi implantado no IEN, com assessoria de especialistas alemães. O Projeto Tratamento de Rejeitos foi sediado no IPR, também teve assessoria de alemães. O Projeto Elemento Combustível foi subdividido: a

fabricação de pastilhas ficou a cargo do IEA; a fabricação de varetas, do IPR; a fabricação de componentes estruturais e a montagem do elemento combustível, do IEN; e o projeto da fábrica de elemento combustível se concentrou no IEN. Para o desenvolvimento do Projeto Enriquecimento, a mais complexa da etapa, a CBTN tornou-se membro da Association for Centrifuge Enrichment, formada pela Inglaterra, Holanda e Alemanha, que tinha por objetivo comercializar o processo de enriquecimento por ultracentrifugação. A CBTN ainda contratou a NUS Corporation (EUA) para dar consultoria sobre o assunto.

Em 1973, foi inaugurada no IPEN a planta piloto para produção de UF<sub>6</sub>. As atividades lá realizadas foram fundamentais para o domínio do processo de enriquecimento de urânio por ultracentrifugação, posteriormente desenvolvido em colaboração com o Centro Tecnológico da Marinha de São Paulo (CTMSP).

### 3.a. O programa da autonomia

A pressão dos Estados Unidos em torno da transferência da tecnologia de enriquecimento de urânio prevista no Acordo Nuclear Brasil-Alemanha terminou, após a avaliação do erro estratégico em 1977, da constatação de que o processo de jato centrífugo (jet nozzle) não representava nenhuma ameaça (Marques, 1992: 76) e que a tecnologia do processo por ultracentrifugação era de propriedade da Alemanha e de empresas da Inglaterra e da Holanda, que formaram o consórcio Urenco. Os holandeses foram contra transferência, em aliança com os Estados Unidos, com os quais tinham um acordo bilateral que permitia a esses estacionar armas nucleares na Europa.

133

Essas certezas eram compartilhadas entre militares das três armas envolvidos em pesquisas básicas e aplicadas na área nuclear, no final da década de 1970. Além disso, eram de opinião que os compromissos estabelecidos com a AIEA, expressos nos acordos tripartites de salvaguardas internacionais do Acordo Nuclear de 1975, limitavam a autonomia brasileira. Diante das dúvidas quanto à viabilidade técnica do método de enriquecimento negociado com a Alemanha, e mesmo a respeito da viabilidade econômica do acordo, a Marinha elaborou um programa paralelo, independente daquele conduzido pela Nuclebrás. A motivação imediata era o desenvolvimento da tecnologia nuclear para a propulsão de submarinos e, evidentemente, do combustível necessário. A cargo do Centro Tecnológico da Marinha de São Paulo, o programa começou com a construção do Centro Experimental Aramar, em Iperó (SP), sob o comando do almirante Othon Luiz Pimenta da Silva, principal coordenador do projeto. Em maio de 1978, ele havia apresentado um relatório ao Estado-Maior da Armada, a partir do qual a Marinha decidiu investir no ciclo do combustível nuclear pela via do método de ultracentrifugação.

Naquele ano era grande a preocupação com os rumos do acordo nuclear, que não previa uma planta para a produção de hexafluoreto de urânio (UF<sub>6</sub>) já que a Alemanha não fazia a conversão do *yellowcake* (U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>). Duas correntes se formaram em torno da questão: uma defendia a importação dessa tecnologia da França; a outra, era de opinião que o IPEN tinha capacidade de desenvolver a tecnologia de conversão com financiamento da CNEN e CNPq. Esta corrente saiu vencedora com o apoio da

Secretaria do Conselho de Segurança Nacional, à qual se juntaram as agências de fomento -CNPq, CNEN-, Nuclebrás e o Ministério das Relações Exteriores, como teve aval do general Geisel, dias antes de deixar o cargo de presidente, em 1979.

A Aeronáutica, através do Centro Tecnológico da Aeronáutica, que já promovia pesquisas utilizando o laser no enriquecimento isotópico do urânio em convênio com o IPEN, intensificou as atividades voltadas para o desenvolvimento de reatores rápidos e construiu uma base para testar artefatos nucleares na Serra do Cachimbo (PA). “Em consequência desse sigilo e falta de controle é que se desenvolveram atividades quase clandestinas dentro do próprio governo e que levaram aos planos de fazer armas nucleares” (Congresso, 1990: 88). Era o chamado Projeto Solimões, no qual cabia ao IPEN produzir o composto de urânio; desenvolver a tecnologia de reprocessamento e de separação de urânio metálico; fabricar equipamentos eletrônicos e materiais especiais; e exercer o controle radiométrico e ambiental das instalações.

A concomitância das pesquisas de enriquecimento de urânio nas duas instituições militares, mas por métodos diferentes, tinha autorização do presidente da República, a quem fora enviado uma Exposição de Motivos conjunta dos ministros da Marinha e da Aeronáutica nesse sentido. Queriam deixar claro que não havia nenhuma conotação de rivalidade entre os dois projetos.

O Exército, também em convênio com o IPEN, esteve envolvido até por volta de 1990 com o projeto de um reator a urânio natural e grafite no Centro Tecnológico de Guaratiba (RJ), para produção de plutônio (Congresso, 1990: 105).

O projeto exitoso foi o da Marinha, que teve o apoio inicial do superintendente do Instituto de Pesquisas Tecnológicas e do chefe da área de Processos Especiais do IPEN. Como o principal instituto brasileiro de pesquisas nucleares não era subordinado à Nuclebrás, não estava sujeito às salvaguardas internacionais. O projeto de enriquecimento de urânio tinha apoio de Rex Nazaré Alves, diretor executivo da CNEN, cujo presidente Hervásio de Carvalho negou o pedido de auxílio financeiro solicitado em 1979. Isto não impediu as atividades, até porque o projeto contava com o aval do general Figueiredo, sucessor de Geisel na Presidência da República. Em 1981, a Secretaria do Conselho de Segurança Nacional concedeu apoio; no final desse ano, estava concluída a primeira ultracentrífuga; e oito meses depois foi realizado o primeiro experimento de enriquecimento isotópico de urânio. Na mesma época, Rex Nazaré assumiu a presidência da CNEN, que passou a conceder recursos ao programa paralelo ou autônomo, como preferem chamar os protagonistas que nele estiveram envolvidos (Alves, 1998: 6; Congresso, 1990: 4-7).

O programa Marinha/IPEN envolveu diretamente sete engenheiros, liderados pelo almirante Othon Pinheiro da Silva, muitos consultores da comunidade tecnocientífica e setores da indústria verdadeiramente nacionais. Se empresas brasileiras não fossem capazes de fornecer e produzir determinados componentes para as centrífugas, o empreendimento não poderia se concretizado (Barros, 2006).



A primeira minicascata de centrífugas do Centro Tecnológico da Marinha de São Paulo (CTMSP) entrou em operação em 1984. O sucesso foi anunciado pelo presidente José Sarney em 1987 e, no ano seguinte, o programa paralelo da Marinha foi incorporado às pesquisas oficiais. Os programas do Exército e da Aeronáutica não tiveram o mesmo fim.

No Congresso Nacional, a Comissão Parlamentar Mista de Inquérito (CPI), destinada a Investigar o Programa Autônomo de Energia Nuclear ou as atividades secretas das Forças Armadas, data de 1990. O ex-ministro almirante Maximiano da Fonseca preocupou-se em esclarecer a finalidade do projeto da Marinha. Alegou em seu depoimento que o programa foi mantido em segredo “não para esconder da opinião pública, mas para proteger o projeto e o governo brasileiro da tremenda pressão internacional contrária” e justificou o dispendioso plano do submarino nuclear, lembrando que “a Argentina sofreu muito na guerra das Malvinas, por não dispor desse equipamento” (Congresso, 1990: 8).

O almirante Othon Luiz Pinheiro da Silva -gerente-responsável pelo Programa de Enriquecimento de Urânio com Ultracentrífugas Brasileiras e pelo Programa de Propulsão para o Submarino Nuclear Nacional- seguiu a mesma linha de argumentação. Fez ver aos membros da CPI que o Acordo Nuclear Brasil-Alemanha era basicamente industrial e que a tecnologia *jet nozzle* não era promissora. Advertiu que o país precisava também de um programa de desenvolvimento científico e tecnológico, “(...) mas não é um principal e outro paralelo. (...) Um não conflita com o outro de forma alguma. Mesmo que o programa industrial tivesse dado certo, teríamos que ter um programa industrial de desenvolvimento científico e tecnológico, porque a tecnologia evoluiu” (Congresso, 1990: 55-56).

135

A Comissão Parlamentar Mista de Inquérito demonstrou admiração pelo sucesso do programa de enriquecimento de urânio, contudo destacou que a sociedade precisa ter conhecimento dessas atividades e fez sugestões de formas para o controle (Congresso, 1990: 109).

### **3.b. A desconfiança internacional**

Depois de ter desenvolvido a tecnologia de enriquecimento isotópico do urânio para ser usado na propulsão nuclear, o Centro Tecnológico da Marinha de São Paulo transferiu as centrífugas para a Indústrias Nucleares do Brasil (INB), unidade de Resende (RJ). A autonomia do país na área nuclear despertou a desconfiança de observadores da AIEA e, em particular, dos Estados Unidos. Quando a capacidade de produção industrial de UF<sub>6</sub> enriquecido tornou-se pública, a imprensa americana igualou o Brasil aos países do Oriente Médio que julgavam ser uma ameaça em potencial.

Os embates se acirraram com o início dos testes das centrífugas instaladas na INB Resende, provocando um contencioso político entre a AIEA e o Brasil. O governo brasileiro impediu o acesso dos inspetores à área das centrífugas e defendeu o seu direito de preservar tecnologia estratégica desenvolvida para fins pacíficos. Os



inspetores que estiveram em Resende (RJ), em 2004, ficaram separados dos equipamentos por um painel e só puderam ver válvulas e conexões.

Na ocasião foram levantadas duas hipóteses para a realização de inspeção mais minuciosa. De um lado, o trauma do terrorismo que assolou os Estados Unidos depois do 11 de setembro de 2001, aliado ao falso discurso de que o crescimento da esquerda populista na América do Sul contaminaria o continente. E bem mais factível, de outro lado, o interesse de conhecer os aprimoramentos técnicos introduzidos nas centrífugas brasileiras. Na verdade, as pressões sobre o Programa Nuclear Brasileiro continuavam sendo orquestradas de Washington, para serem usadas como moeda de troca no jogo das negociações próprio da política e do comércio internacionais. Em meio às tensões, o secretário de Estado Collin Powell tentou atenuar o conflito e declarou à imprensa que seu governo não via o Brasil como uma ameaça nuclear e que era absurda a suspeita de que se estivesse enriquecendo urânio para desenvolver armas. O país era signatário do Tratado de Não Proliferação (TNP) desde 1997. O urânio enriquecido a 3,5% na INB Resende atende pequena parte das necessidades de Angra 1 e 2. O restante da matéria-prima para a fabricação das pastilhas de urânio, que compõem os elementos combustíveis usados nos reatores, continua sendo produzido pela Urenco.

Transcorridos mais de quarenta anos da compra do reator da Westinghouse, urânio das jazidas brasileiras até os reatores de potência percorre um caminho alternativo, mais desimpedido e com menos barreiras políticas. Diferente do previsto naquele tempo, no século XXI o trajeto é outro: o *yellowcake* é produzido com urânio brasileiro na INB Caetité; convertido em hexafluoreto de urânio (UF<sub>6</sub>) no Canadá, de onde grande parte vai para uma das fábricas associadas à Urenco para ser enriquecido. Da Europa, vem para a INB Resende, onde é reconvertido e utilizado para a fabricação de pastilhas. Entretanto, há um atalho independente e seguro: uma parte do UF<sub>6</sub> vem direto do Canadá para ser enriquecido nas centrífugas da INB Resende, desde 2006.<sup>14</sup>

136

## Conclusões

Há consenso nos debates em torno do singular papel desempenhado pela energia nuclear no mundo contemporâneo, bem como de que sua utilização é marcada pela dicotomia entre fins pacíficos e militares. Do mesmo modo que o monopólio da tecnologia nuclear diferenciou os Estados Unidos dos demais países durante um longo período da Guerra Fria, o Tratado de Não Proliferação Nuclear (TNP), que estabeleceu o direito de apenas alguns países possuírem armas nucleares, diferenciam os Estados nacionais. Se o pretexto sobre a finalidade de programas nucleares de determinados países marcam o cenário das relações internacionais, é tênue a diferença, se é que existe, entre fabricar artefatos nucleares para a defesa e para a guerra. Em meio à polêmica, muitos asseguram que todo programa nuclear

14. O Brasil tem a tecnologia da conversão, mas economicamente é mais interessante realizar em outro país.

está associado às aspirações militares, i.e., tem fins bélicos. Devido às etapas de enriquecimento e de reprocessamento, o desenvolvimento do ciclo do combustível está sujeito às salvaguardas da AIEA. Logo, o debate envolve questões gerais relacionadas à guerra, segurança mundial, autonomia tecnológica e hegemonia política, como aos riscos de acidentes.

Setor privilegiado do sistema de ciência e tecnologia, pelo potencial de aproveitamento e necessidade de grandes investimentos em pesquisa e para a produção industrial, a energia nuclear tem um significado particular para as Forças Armadas e na política de relações internacionais, e, ao mesmo tempo, distinto da percepção na sociedade. Se o domínio da tecnologia nuclear é considerado um ícone do poder militar e da autonomia de um país, o comércio de tecnologias sensíveis, a venda de minerais radioativos, os acordos de cooperação técnico-científica e tratados firmados entre Estados e/ou organismos internacionais têm especificidades. Sem desconsiderar os riscos da atividade, as relações internacionais entre os Estados são permeáveis às políticas de energia nuclear e ao grau de domínio da tecnologia nuclear. Tratados e acordos regionais buscaram estabelecer normas de coexistência pacífica entre os povos. Um dos mais polêmicos instrumentos, o TNP, em vigor desde 1970, na prática dividiu as nações em duas categorias: as potências nucleares e as potências não nucleares, proibidas de adquirir tecnologias sensíveis ou de fabricar artefatos nucleares, ainda que para fins de defesa.

A presença de militares no cenário internacional dessas decisões é indissociável na história no Brasil, revelando os fortes vínculos entre energia nuclear, guerra e segurança nacional. Tanto assim que, por receio de a presença dos militares causar apreensão no meio internacional, os adidos e assessores militares foram afastados da cena das negociações do Acordo de Cooperação Técnico-Científica para Uso Pacífico da Energia Nuclear firmado entre o Brasil e a República Federal da Alemanha em 1975. Para recuperar a dimensão política da questão, dois acontecimentos chamaram a atenção. De um lado, a perplexidade da sociedade brasileira com a descoberta de que as três armas mantinham projetos secretos para desenvolver a tecnologia do enriquecimento de urânio e o gesto simbólico de um presidente da República fechando o buraco para testes nucleares da Aeronáutica. Do outro lado, a imagem forjada na sociedade americana pelos gestores de sua política externa de que o antigo fiel aliado tornara-se um perigo em potencial por dominar a tecnologia e estar enriquecendo urânio. A reação de cientistas aprofundando as centrífugas transferidas pela Marinha para a Indústria Nucleares Brasileira e das autoridades exigindo um tratamento equânime para o país no que diz respeito aos limites da inspeção da AIEA, somaram-se aos tratados firmados com países do continente e com o fato de existir, desde 1991, a Agência Brasileiro-Argentina de Contabilidade e Controle de Materiais Nucleares (ABACC) para dissipar os temores internacionais quanto aos fins exclusivamente pacíficos dos programas de ambos.

## Referências bibliográficas

ALVES, R. N. (1998): "Entrevista", *Brasil Nuclear*, nº 17, pp. 4-7.

ANDRADE, A. M. R. (1999): *Físicos, mésons e política: a dinâmica da ciência na sociedade*, São Paulo, HUCITEC.

ANDRADE, A. M. R. (2001): "Ideais políticos. A criação do Conselho Nacional de Pesquisa", *Parcerias Estratégicas*, vol. 11, pp. 221-242. Disponível em: <http://www.cgee.org.br/parcerias>

ANDRADE, A. M. R. (2006): *A opção nuclear. 50 anos rumo à autonomia*, Rio de Janeiro, MAST.

ANDRADE, A. M. R. (2010): "Acordos e desavenças na política nuclear", em M. Domingos Neto (coord.): *O militar e a ciência no Brasil*, Rio de Janeiro, Gramma, pp. 117-150.

ANDRADE, A. M. R. e MUNIZ, R. P. A. (2006): "The quest for the Brazilian synchrocyclotron", *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences*, vol. 36, pp. 311-327.

ANDRADE, A. M. R. e SANTOS, T. L. (2010): "A criação da CNEN no contexto do governo JK", *Parcerias Estratégicas*, vol. 14, pp. 225-235. Disponível em: <http://www.cgee.org.br/parcerias>

ANDRADE, A. M. R. & SILVA, B. J. (2010): "Ciência e Política em Genebra", em *Anais do 12º Seminário Nacional de História da Ciência*, Salvador, SBHC.

BANDEIRA, M. (1989): *Brasil-Estados Unidos. A rivalidade emergente*, Rio de Janeiro, Civilização Brasileira.

BARROS, F. de S. (2006): *Palestra no Museu de Astronomia e Ciências Afins em mesa redonda*, Rio de Janeiro, MAST.

CADERNOS SBPC (2006): *Ata do Simpósio sobre a utilização da energia atômica para fins pacíficos no Brasil*, São Paulo, SBPC. 3 v.

CERVO, A. L. e BUENO, C. (2002): *História da política exterior do Brasil*, 2 ed., Brasília, UNB.

CNEN (1959): *Átomos pela paz*, Rio de Janeiro, CNEN.

CNEN (1966): *Relatório Anual de 1966*, Rio de Janeiro, CNEN.

CNEN (1967): *Relatório anual de 1967*, Rio de Janeiro, CNEN.

CNEN (1970): *Relatório anual de 1970*, Rio de Janeiro, CNEN.

CNEN (1977): *Relatório anual de 1977*, Rio de Janeiro, CNEN.

CNPq (1955-1956): *Atas de Reunião*. mss (Arquivo CNPq/ Centro de Memória do CNPq).

CNPq (1951): *Anais da 19ª sessão do Conselho Deliberativo do CNPq*. mss (Arquivo CNPq/ Acervo MAST)

CNPq (1952): *Relatório de Atividades do Conselho Nacional de Pesquisas em 1951, apresentado ao Exmo. Sr. Presidente da República Dr. Getúlio Dornelles Vargas*, Rio de Janeiro, Imprensa Nacional.

CNPq (1956): *Relatório de Atividades do Conselho Nacional de Pesquisas em 1955*, Rio de Janeiro, Jornal do Commercio.

CONGRESSO (1990): *Relatório da Comissão Parlamentar Mista de Inquérito, destinada a Investigar o Programa Autônomo de Energia Nuclear, mais conhecido por Programa Paralelo*, Brasília, Centro Gráfico. [versão original]

EISENHOWER, D. (1953): *Discurso na Assembleia das Nações Unidas, em 8 dez. 1953*. Disponível em: [http://www.iaea.org/About/history\\_speech.html](http://www.iaea.org/About/history_speech.html).

FISCHER, D. (1997): *History of the International Atomic Energy Agency. The first forty years*, Viena, The Agency.

GASPARI, E. (2004): *A ditadura encurralada*, São Paulo, Companhia das Letras.

GORDON, A. M. (2003): *Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN-CNEN-SP). Um estudo de caso à luz da história da ciência, tecnologia e cultura do Brasil*. [tese de doutoramento. Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras Humanas. USP].

GUILHERME, O. (1957): *O Brasil e a era atômica*, Rio de Janeiro, Vitória, 1957.

HIRST, M. (1990): *O pragmatismo impossível: a política externa do segundo governo Vargas (1951-54)*, Rio de Janeiro, CPDOC.

INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR (2012): *IEN 50 anos: tecnologia nuclear para o Brasil*, Rio de Janeiro, IEN.

KRIGE, J. (2006): "Atoms for Peace, Scientific Internationalism and Scientific Intelligence", *OSIRIS*, vol. 21, pp. 160-166.

LEPECKI, W. e SYLLUS, C. (1996): *Gênese do programa brasileiro de centrais nucleares*. Rio de Janeiro, Nuclen, 1996. [mss]

MANCHETE (20 de maio de 1961): *Rio de Janeiro*, Bloch Ed., p. 23.

MARQUES, P. (1992): *Sofismas nucleares: o jogo das trapaças na política nuclear do país*, São Paulo, HUCITEC.

MARZO, M. A. S. e ALMEIDA, S. G. de (2006): *A evolução do controle de armas nucleares. Desarmamento e não-proliferação*, Rio de Janeiro, Ciência Moderna.

MATTOS NETTO, B. de (1955): *Relatório da Conferência Internacional da Energia Atômica para fins Pacíficos*. CNPq.T.3.3.015 - 01 (Arquivo CNPq/ Acervo MAST)

MEDEIROS, T. R. (2005): *Entraves do desenvolvimento da tecnologia nuclear no Brasil. Dos primórdios da era atômica ao Acordo Brasil-Alemanha*. Dissertação (Mestrado), Belo Horizonte, CEDEPLAR - UFMG.

ORDONEZ, J. e SÁNCHEZ-RON, J. M. (1996): "Nuclear energy in Spain. From Hiroshima to the sixties", en P. Forman & J. M. Sánchez-Ron (coord.): *National military establishments and the advancement of science and technology*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 1996. pp. 185-213.

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA (1962): *Plano Trienal de desenvolvimento econômico e social. 1963-1965*. (síntese), Brasília, Imprensa Oficial.

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA (1977): *O programa nuclear brasileiro*, Brasília [s.n.].

140 ROSA, L. P. (1985): *A política nuclear e o caminho das armas atômicas*, Rio de Janeiro, Editora J. Zahar.

ROSA, L. P. (2006): "A batalha atômica", *Nossa história*, vol. 3, n. 3, pp. 40-47.

SALLES, D. (1958): *Energia atômica: um inquérito que abalou o Brasil*, São Paulo, Fulgor.

SANTOS, M. D. DE SOUZA (1985): *Papel do tório no aproveitamento industrial da energia atômica*, Rio de Janeiro, Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas.

SENADO FEDERAL (1983): *A questão nuclear. Política Nuclear*, Brasília, Senado Federal, 3 v.

SILVA, B. J. (2010): *A Primeira Conferência Sobre Usos Pacíficos da Energia Atômica*, Rio de Janeiro, UERJ. (monografia de curso de graduação)

## **Poder político y poder tecnológico: el desarrollo nuclear español (1950-1975)**

### ***Political power and technological power: Spanish nuclear development (1950-1975)***

**Ana Romero de Pablos \***

Este trabajo tiene como objeto analizar cómo la influencia del desarrollo nuclear en España fue mucho más allá del espacio científico y tecnológico. La llegada a España de los primeros reactores de investigación y de potencia incidió en la física nuclear que se hacía en esos momentos, en su institucionalización y en los desarrollos científicos y tecnológicos que a partir de entonces se pusieron en marcha. Pero los políticos, los diplomáticos, las empresas eléctricas y los demás gestores de la administración que participaron de estos procesos también tuvieron que innovar y ensayar nuevas formas de consensuar y conseguir acuerdos. La política y el poder fueron importantes en la toma de decisiones de apariencia estrictamente técnicas. En el desarrollo nuclear confluyeron intereses científicos, políticos y empresariales que cohesionaron y articularon el Estado español en las décadas de 1960 y 1970.

141

**Palabras clave:** energía nuclear, Junta de Energía Nuclear, reactores, centrales nucleares, España, años sesenta y setenta

*This paper analyzes the influence of nuclear development in Spain, an influence that went far beyond the scientific and technological area. The arrival in Spain of the first reactors affected the nuclear physics of the time, its institutionalization and the scientific and technological developments that were put in place after their arrival. But politicians, diplomats, companies and other administrative managers who participated in these processes also had to innovate, test new forms of consensus and reach agreements. Politics and power were important in making decisions that were of purely technical appearance. With the country's nuclear development, scientists, politicians and business leaders had to come together and help to articulate the Spanish State during the decades of 1960 and 1970.*

**Key words:** nuclear energy, Nuclear Energy Board, reactors, nuclear power, Spain, sixties and seventies

\* Instituto de Filosofía, Centro de Ciencias Humanas y Sociales del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), España. Correo electrónico: ana.romero@cchs.csic.es.

## Introducción

La noticia del lanzamiento, en agosto de 1945, de las bombas sobre Hiroshima y Nagasaki quedó puntualmente reflejada en la prensa española. A partir de entonces la energía nuclear pasó a ser un tema político prioritario en las agendas de los Estados, también en España.

Los primeros años del desarrollo nuclear español estuvieron marcados por dos circunstancias fundamentales: la situación sociopolítica en la que quedó España tras la segunda guerra mundial y la necesidad de buscar marcos y modelos políticos - institucionales, económicos y legales- que ayudaran a incorporar los nuevos retos. Por ello fue necesario acomodar políticas -económicas, científicas e industriales-, cambiar las formas de acordar decisiones e introducir nuevos actores y nuevos protagonistas. El desarrollo nuclear español abrió nuevos espacios por donde circularon nuevas prácticas científicas y tecnológicas, y también políticas, convirtiendo el desarrollo nuclear en un programa de reafirmación nacional.

Este trabajo tiene como objeto analizar la influencia que tuvieron en la física nuclear que se hacía en esos momentos en España la llegada de los primeros reactores de investigación, en concreto la compra e instalación del Jen 1, y la de los reactores de potencia. Cómo afectó todo ello a la institucionalización de la disciplina, qué desarrollos científicos y tecnológicos se pusieron en marcha, y qué políticas y relaciones fue necesario establecer tanto en el interior como en el exterior del país. Además queremos preguntarnos sobre el peso que tuvo la energía nuclear en la construcción del Estado. Cómo repercutió estar en los foros de discusión, qué nuevas prácticas y maneras políticas y científicas se introdujeron (en los laboratorios y fuera de ellos), qué espacios abrieron (disciplinares, políticos, industriales, de opinión). Buscamos, en definitiva, profundizar en el espacio sociopolítico y el papel que jugó la energía nuclear en la articulación del Estado español en la década de 1960 y 1970.

Aunque España oficialmente se mantuvo neutral durante la Segunda Guerra Mundial, su alineación ideológica con la Alemania de Hitler y la Italia de Mussolini condicionaron las relaciones internacionales del gobierno español. La Asamblea General de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) vetó, en 1946, la presencia de España como miembro de los organismos internacionales, situación que se mantuvo hasta noviembre de 1950 (Portero, 1989; Leonart et al, 1978). Fue un aislamiento político que condicionó prácticamente todos los aspectos de la vida nacional. Era necesario encontrar apoyos no sólo en el ámbito político, también en el económico, en el industrial y en el científico (Romero de Pablos, 2000; Presas, 2000).

En 1946 el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) primero, y el Instituto Geológico y Minero después, crearon unas comisiones especializadas en temas nucleares. La afinidad con los italianos explica la visita que en 1949 realizó a España Francesco Scandone, director de una importante casa constructora de instrumental científico, la casa Galileo de Milán, y asesor del *Centro di Informazioni, Studii ed Esperienze*. En esta temprana visita, que sirvió para establecer los primeros contactos con el extranjero, se acordó que a cambio de formación de técnicos españoles e información sobre técnicas nucleares, el estado español proporcionaría

el mineral de uranio del que Italia carecía. Con este motivo se iniciaron trabajos conjuntos de prospección del mineral en zonas de Cáceres, Salamanca, Coruña y Zamora, que pusieron de manifiesto las ventajas de trabajar con la instrumentación adecuada: a partir de entonces, en el Laboratorio Taller de Investigación del Estado Mayor de la Armada (LTIEMA) se comenzó a investigar en prototipos de gammascopios más ligeros siguiendo los modelos de los que tenía la Comisión de Energía Atómica americana (Romero de Pablos y Sánchez Ron, 2001: 27-28). A este primer contacto le siguieron muchos otros. Los viajes a los centros de investigación de Italia, Suiza, Alemania, Bélgica y Francia marcaron las referencias y los modelos que inspiraron la estructura y organización primero de la JIA y después de la JEN (Romero de Pablos, 2000; Romero de Pablos y Sánchez Ron, 2001: 30-40). Comenzaba así una circulación de saberes y prácticas que fue posible gracias a nuevas alianzas políticas y el desarrollo de nuevos modelos económicos e industriales. Las nuevas formas de conocimiento dieron también lugar a nuevas experiencias sociales.

Eran los años en que comenzaba a perfilarse el grupo que dirigió primero la Junta de Investigaciones Atómicas (JIA) y después la Junta de Energía Nuclear (JEN), organismo estatal creado para dirigir el desarrollo y las políticas nucleares en España.<sup>1</sup> El ingeniero de Artillería de la Armada, José María Otero Navascués; Manuel Lora Tamayo, catedrático de Química Orgánica de la Universidad de Madrid; Armando Durán, catedrático de la Facultad de Ciencias de la misma Universidad y jefe de la Sección de Óptica Geométrica y Cálculo de Sistemas del Instituto de Óptica del CSIC; y José Ramón Sobredo, oficial del Cuerpo de Intendencia de la Armada y miembro del Cuerpo Diplomático, formaron el núcleo inicial.<sup>2</sup> A ellos se unieron después el matemático, físico e ingeniero Esteban Terradas, el físico Ramón Ortíz Fornaguera, los ingenieros de minas José María Ríos, Demetrio Santana y José Romero Ortíz de Villacián y el industrial Antonio Colino López.<sup>3</sup> A la muerte de Terradas, en mayo de 1950, el General Vigón fue quien se hizo cargo de la presidencia primero de la JIA y después de la JEN.

143

Si los viajes mencionados tuvieron importancia -relaciones y contactos, organización y estructura del organismo-, fue la Conferencia celebrada en Ginebra en 1955 la que marcó el punto de inflexión en la relación de España con el exterior. El programa estadounidense *Átomos para la Paz* se convirtió en un elemento importante en las nuevas relaciones internacionales que estableció el gobierno franquista a mediados de la década de los cincuenta (Ordóñez y Sánchez Ron, 1996; Presas, 2005). La presencia en la Conferencia de Ginebra de una delegación española, formada por científicos, políticos y representantes del sector industrial, supuso un giro

1. La Junta de Investigaciones Atómicas se creó bajo el nombre de una sociedad comercial denominada EPAL (Estudios y Proyectos de Aleaciones Especiales). Decreto Reservado firmado por Franco en San Sebastián el 6 de septiembre de 1948. Archivo de Presidencia de Gobierno (APG). La JEN se creó mediante Decreto Ley de 22 de octubre de 1951. Publicado en el BOE de 24 de octubre de 1951.

2. José María Otero Navascués fue presidente de la Junta de Investigaciones Atómicas (JIA) de 1948 a 1950; vicepresidente ejecutivo y director general de la JEN de 1951 a 1958; y presidente de la JEN de 1958 a 1974. Apuntes biográficos sobre Otero Navascués en Homenaje al Excmo. Sr. D. José María Otero de Navascués, 1983; Villena, 1983; De Andrés Martín, 2005.



importante en las relaciones internacionales que -no sólo en lo relativo a las investigaciones sobre energía atómica- se habían venido manteniendo. Abrió la puerta a la circulación y transferencia de nuevos conocimientos, tecnologías y prácticas (compra del reactor y formación de técnicos para la industria), y también dio la posibilidad a los políticos españoles de participar de las nuevas formas de cooperación científica. La presencia en este foro internacional, que se articuló fundamentalmente en torno a tres temas claves -reactores, yacimientos de uranio y torio, y radiactividad y biología y medicina-, marcó el inicio de una nueva forma de hacer política: la entrada de España en el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) y en la Agencia Europea de Energía Nuclear (ENEA) de la OCDE, ambas en 1959, y en el *Conseil Européen pour le Recherche Nucléaire* (CERN) en enero de 1961, son buenos ejemplos del cambio en las relaciones con el exterior con respecto a los años del primer franquismo.

## La investigación

El primero de los reactores de investigación que adquirió la JEN fue el Jen 1. Su compra hay que situarla en el seno de la campaña que puso en marcha EEUU tras la Conferencia de Ginebra con *Átomos para la Paz*. A este le siguieron la construcción por la propia JEN de los reactores ARGOS y ARBI, encargos de las Escuelas de Industriales de Barcelona y Bilbao respectivamente, el Jen 2 y el CORAL 1. El proyecto DON, aunque nunca pasó de ser eso, un proyecto, resultó interesante, tanto por las líneas de investigación que se pusieron en marcha como por su repercusión en la organización propia del organismo.

144

### El Jen 1

Los primeros pasos hacia la campaña de *Átomos para la Paz* los dio el Presidente Eisenhower el 8 de diciembre de 1953 cuando propuso ante la ONU la creación de un organismo internacional de energía atómica, la *International Atomic Energy Agency* (OIEA), con el objeto de apoyar y poner en marcha proyectos atómicos pacíficos que dejaran en el olvido los desastres ocasionados por las bombas.<sup>4</sup> Otro gesto importante fue la organización en junio de 1954 de un Congreso Internacional de Ingeniería Nuclear para la difusión de información y conocimientos nucleares. Por

3. Ramón Ortiz Fornaguera fue discípulo de Terradas con quien entró en contacto en Madrid en 1946. Considerado uno de los principales físicos teóricos, destacan sus trabajos sobre la teoría cuántica del campo electromagnético (Baig et al, en prensa) así como otros relacionados con la relatividad general (Soler, en prensa: "La Teoría de la Relatividad en la ciencia española entre 1940 y 1970"). Dirigió la división de Física Teórica primero y de Reactores después de la JEN. Formó parte de ese grupo inicial de investigadores que se formaron gracias a esas políticas de intercambio que favorecieron los contactos con Italia y Alemania: de septiembre de 1948 a junio de 1949 estuvo con el grupo de Bruno Ferretti en Milán para estudiar cálculo de reactores nucleares. De septiembre de 1949 a noviembre de 1950 estuvo en Chicago como *research associate* en el instituto que dirigía Enrico Fermi. Posteriormente, en 1953 y 1954, realizó una estancia en la Universidad de Gotinga, que dirigía Werner Heisenberg.

4. Los estatutos que ordenaron el funcionamiento de este organismo quedaron establecidos el 30 de junio de 1957.

último en noviembre del mismo año el embajador de Estados Unidos ante Naciones Unidas anunció, dentro también del programa *Átomos para la Paz*, la disponibilidad de un depósito de 100 kg de material fisionable para uso en trabajos de investigación, entrenamiento de personal y producción de radioisótopos.

La prensa española se hizo amplio eco del programa americano propuesto: a los países interesados en el uso pacífico de la energía nuclear el Estado americano les ofrecía sufragar la mitad del coste de las instalaciones de los reactores experimentales, además de suministrar la materia prima necesaria como combustible. Y lo mismo ocurrió con la primera Conferencia de Ginebra. Durante el mes de agosto de ese año -la reunión transcurrió del 8 al 20 de agosto de 1955-, este conclave ocupó páginas y páginas en la prensa española. Junto a los numerosos artículos donde se informa de lo ocurrido, hay otros donde se busca formar y otros donde el objetivo era crear opinión. Por ejemplo, en el *ABC* hay cuatro artículos contemporáneos a la reunión que, encabezados por una entradilla “Al margen de la Conferencia de Ginebra ¿Sabe usted que...?”, van seguidos de puntos que plantean de forma casi telegráfica diferentes cuestiones y términos que no era frecuente encontrar en la prensa diaria de la época. Definiciones de torio y uranio, de isótopos radiactivos y sus utilidades médicas, de átomos “trazadores”, las instalaciones pioneras y demás.<sup>5</sup> Mientras Miguel Sánchez-Mazas fue el corresponsal destacado en Ginebra por el *ABC* para seguir la Conferencia, por *La Vanguardia* estuvo Miguel Masrriera, quien tuvo un papel realmente activo en la construcción de lo que él mismo llamó “cultura atómica” en España (Nieto-Galán, en prensa).

El interés y la repercusión mediática que tuvieron la explosión de las bombas atómicas primero, y todo lo relacionado con la energía nuclear en España después, se vieron reflejados también en la publicación de libros de divulgación. Entre estos libros destacan los publicados en 1945 y 1947 respectivamente por el sacerdote jesuita Ignacio Puig, director del Observatorio del Ebro y de la revista *Ibérica*, y por el físico Julio Palacios (Baig et al, en prensa).

Todo este material sugiere que, tras el discurso americano sobre los usos pacíficos de la energía atómica, estaba la voluntad de ocupar espacios e intereses muy diversos: interesaba convencer a los poderes económicos y también llegar a otros espacios disciplinares. De hecho, gran parte de la prensa española transmitió toda una serie de noticias a través de artículos más o menos documentados, donde parecía que la obtención de energía eléctrica mediante reactores nucleares era un problema técnicamente resuelto, económicamente viable y que todos los países debían lanzarse por ese camino si no querían quedar atrasados. En un artículo en la tercera de *ABC*, Alfredo Kindelán manifestaba su sorpresa porque a la reunión de Ginebra acudieran además de técnicos especializados, 600 congresistas con perfiles de economistas, gestores de empresas, comerciantes, industriales, agentes de bolsa de toda Europa y de América del Norte.<sup>6</sup> Tras la idea de apertura, democratización y

5. *ABC*, 12 de agosto de 1955, p. 18. *ABC*, 13 de agosto de 1955, p. 18. *ABC*, 14 de agosto de 1955, p. 52. *ABC*, 17 de agosto de 1955, p. 20.

6. “Bajo el dintel de una grandiosa era”, *ABC*, 22 de mayo de 1956.

trasvase de información que articuló la reunión se consiguió llegar a sectores ajenos hasta entonces al desarrollo nuclear. La energía nuclear pasó de ser una amenaza a percibirse como un posible negocio, y sobre todo como una tecnología que abría nuevas y buenas expectativas para la medicina (Santesmases y Romero de Pablos, 2003; Santesmases, 2006 y 2009; Herrán, 2009).

Tanto la compra e instalación del reactor de investigación Jen 1 como la de los reactores de potencia que en la década de los sesenta y setenta fueron puestos en marcha en España, enfrentaron a los técnicos y científicos españoles a situaciones hasta entonces inéditas. Pero no solo a ellos. Los políticos, diplomáticos y demás gestores de la administración que participaron de estos procesos, tuvieron también que innovar y ensayar nuevas formas de consensuar y conseguir acuerdos.

La correspondencia que se cruzaron a comienzos de los cincuenta José María Otero Navascués y José María de Areilza, embajador español en Washington entre 1954 y 1960, indica que estaban informados de las novedades que se estaban produciendo, pero sobre todo estos documentos ilustran bien cómo transcurrieron y en qué consistieron las negociaciones previas a la firma del tratado de colaboración con los norteamericanos -realizadas fundamentalmente a través del personal de la embajada-, y quiénes fueron sus actores. La correspondencia sugiere que España trabajó para no quedar fuera de la ola nuclear, pero al tiempo su lectura transmite la conveniencia, posiblemente estratégica, de intentar contener la euforia que todo lo relacionado con lo nuclear había desatado.<sup>7</sup>

146

El 2 de diciembre de 1954 Otero Navascués escribía al embajador español lo siguiente:

“Ahora, con la creación de este ‘pool’ atómico, nos interesaría formar parte de él para tener una situación ventajosa en cuanto a información y, sobre todo, para obtención de materiales fisiónables que nos permitieran rápidamente, dado el equipo de técnicos con el que contamos, construir un reactor experimental...”

Apenas cinco días después Areilza contestaba:

“Existe, efectivamente, en las Naciones Unidas un proyecto debido a la iniciativa de la delegación norteamericana en la ONU, que lleva el nombre genérico de ‘átomos para la paz’ ...Ese plan, perfectamente instrumentado a continuación por la delegación norteamericana ... Ha culminado en una reciente propuesta en que

7. Carta de José María Otero Navascués a José María de Areilza, 2 de diciembre de 1954. AGA 71/8471. Archivo General de la Administración, Madrid. Carta de José María de Areilza a José María Otero Navascués, 7 de diciembre de 1954. AGA 71/8471. Archivo General de la Administración, Madrid. Carta de José María de Areilza a José María Otero Navascués. 29 de junio de 1955. MAE 4276/12. Archivo General del Ministerio de Asuntos Exteriores, Madrid. Citadas y transcritas en parte en Romero y Sánchez Ron, 2001, pp. 128-130.

la delegación norteamericana, secundada por la inglesa y alguna otra, ofrecieron una cierta cantidad de material desintegrable para servir de base a los reactores de carácter industrial que podrían construirse en las naciones que pidan acceso a dicho 'pool'. El plan obtuvo la aprobación unánime de todos los países, incluido la Unión Soviética y países satélites. La puesta en marcha de este plan de 'átomos para la paz' va a ser según todas las informaciones que poseo, cosa muy lenta y complicada. Me atrevería a decir que hay más de arma dialéctica y de instrumento de propaganda manifestado en la ONU, que de efectiva aplicación práctica..."

Por ello recomendaba:

"Lo que realmente tiene interés para España es, a mi juicio, la ley 703 del 831 Congreso (secciones 123, 124 y 144) que permite a esta nación establecer acuerdos bilaterales con países a fin de promover y llevar a término proyectos de construcción de reactores nucleares con fines pacíficos. La ley es muy amplia y permite que se lleven a cabo estos proyectos dentro de un variado campo de fórmulas y sistemas de cooperación. Esa ley prevé que, a propuesta de la Comisión de Energía Atómica, puede sancionar el Jefe del Estado esos tratados bilaterales, sin necesidad de pedir su aprobación al Parlamento. En la práctica no se ha llevado a cabo todavía ninguno de esos tratados bilaterales. Pero yo entiendo que ese es el cuadro legal que podría ajustarse el acuerdo eventual que se realice con España."

147

A la iniciativa enérgica de Otero Navascués se contraponía la manera pausada y reflexiva del diplomático que quizá pensaba en que para negociar mejor podía resultar contraproducente secundar la euforia que transmitía la mayor parte de la prensa española.

Finalmente el acuerdo bilateral de colaboración entre España y Estados Unidos se firmó el día 19 de julio de 1955. Por parte española lo hizo el embajador en Washington José María de Areilza y, por parte americana, firmaron Walworth Barbour Secretario Auxiliar Adjunto de Estado para Asuntos Europeos, y el Presidente de la Comisión de Energía Atómica de los Estados Unidos Lewis L. Strauss.<sup>8</sup>

8. Acuerdo de colaboración entre el Gobierno de España y el Gobierno de los Estados Unidos de América, sobre usos civiles de la Energía Atómica. Firmado en Washington el 19 de julio de 1955. MAE 4276/12. A comienzos de los sesenta, los Estados Unidos habían firmado acuerdos bilaterales para investigación nuclear, con veintinueve países (Argentina, Austria, Chile, China, Colombia, Costa Rica, Cuba, Dinamarca, República Dominicana, Ecuador, Grecia, Guatemala, Irak, Irán, Irlanda, Israel, Japón, Corea, Líbano, Nueva Zelanda, Nicaragua, Pakistán, Filipinas, Portugal, Suiza, Tailandia, Turquía, Uruguay y Venezuela), y convenios referentes a reactores para producción de energía con otras quince naciones (Australia, Bélgica, Brasil, Alemania, Canadá, Francia, Italia, Inglaterra, Holanda, España, Noruega, Perú, Suecia, Suiza y África del Sur). En virtud de estos acuerdos bilaterales, los Estados Unidos se comprometían a suministrar una cantidad de uranio (normalmente no superior a 6 kg. de uranio enriquecido al 20%) e información técnica para la construcción de reactores con destino a la investigación o a la producción de energía.

Tres fueron los temas sobre los que este convenio permitía intercambiar información: proyecto, construcción y funcionamiento de reactores de investigación; problemas de sanidad y seguridad relacionados con el funcionamiento y uso de reactores; y empleo de isótopos radiactivos en investigaciones físicas y biológicas, terapéutica médica y agricultura e industria.

En el contrato que estableció la JEN con la *General Electric Company*, empresa constructora del reactor, los norteamericanos se comprometían a suministrar todos los elementos que no podían ser producidos por la industria española. Por el contrario, en los elementos convencionales, comunes a cualquier laboratorio de experiencias, sólo debían incorporarse equipos y materiales nacionales. El tipo de reactor era el *swimming pool* ("tipo piscina"), modelo que había sido el centro de atención al ser exhibido en funcionamiento en la conferencia de Ginebra y que fue el que Estados Unidos puso en el mercado acompañando los acuerdos bilaterales de cooperación.<sup>9</sup>

Con la instalación y puesta en marcha del reactor surgieron toda una serie de preguntas a las que se tuvieron que ir dando respuestas. Los técnicos y personal de la JEN tuvieron que dar soluciones a cómo establecer los sistemas de refrigeración; cómo mantener la limpieza del agua utilizada como moderador y refrigerante; estudiar los drenajes de la piscina; el sistema de ventilación del edificio del reactor -importante no sólo por proteger a los operarios del reactor, sino también para impedir que salieran a la atmósfera partículas sólidas activadas que pudieran contaminar zonas próximas; y por último se tuvo también que pensar en la instalación eléctrica más adecuada. Cuestiones relacionadas con el blindaje del reactor también ocuparon y preocuparon al personal de la JEN.

Con la entrada en funcionamiento del reactor, otro foco importante de atención fueron los temas relacionados con la seguridad y la protección radiológica. Una de las facetas más importantes a que obligó la utilización del Jen 1 fue el desarrollo de nueva instrumentación y nuevas técnicas auxiliares para el control del reactor. La construcción de cámaras de ionización, de cámaras de fisión miniatura, y la instalación de un dispositivo que controlase y determinase los radioelementos presentes en la piscina, son un ejemplo de ello.

Con la llegada del Jen 1, pudieron iniciarse en España investigaciones de carácter más básico que hasta entonces no había sido posible su desarrollo. Así, por ejemplo, físicos de la JEN trabajaron sobre las propiedades fundamentales del neutrón, las secciones eficaces de interacción entre el neutrón y el núcleo, o las interacciones del neutrón con redes cristalinas

9. Otero Navascués, a su vuelta de Suiza, expresaba: "Dos exposiciones sobre aplicaciones pacíficas de la energía nuclear, una de ellas organizada por los propios organismos oficiales de los Estados, y la otra por las industrias, estuvieron abiertas durante la Conferencia, siendo una de las máximas atracciones de las mismas un reactor nuclear tipo 'swimming pool' llevado por los Estados Unidos y exhibido en funcionamiento [...] en un barracón 'ad hoc' situado contiguo al Palacio de las Naciones [...]". Y en el apartado dedicado a las sesiones científicas dedicadas al estudio de los reactores decía: "El interés quedó centrado en los tipos 'swiming pool' de gran potencia [...]". Memoria de la Conferencia de Ginebra sobre usos pacíficos de la Energía Nuclear. Septiembre de 1955. AGA 71/8470. Archivo General de la Administración, Madrid, p. 1 y 19.

Y desde el punto de vista de la química, el JEN 1 también ofreció nuevas posibilidades, sobre todo para la producción de isótopos radiactivos. La utilización de isótopos que ya se comenzaba a hacer a finales de la década de los cincuenta y comienzos de los sesenta, en la medicina, la industria y la agricultura, los convertía en un objeto con un valor importante en el mercado. El Jen 1 fue, por tanto, un reactor donde se ensayaron nuevos elementos combustibles, se calibró diferente instrumentación nuclear, sirvió de fuente de neutrones para experimentar diversos ensayos en física nuclear y fue un gran productor de isótopos. También tuvo su protagonismo en la formación de personal: muchos de los técnicos que formaron las plantillas de las centrales nucleares, realizaron su aprendizaje práctico con este reactor.

El Jen 1 fue un instrumento que al tiempo de integrar prácticas y saberes políticos y científicos jugó también un papel importante en la construcción y organización, física y conceptual, de la JEN (Romero de Pablos, 2003). Jugó un papel vertebrador en el crecimiento y edificación del resto de dependencias de lo que se llamó Centro Nacional de Energía Nuclear “Juan Vigón”. En la construcción del “edificio del reactor” participaron diferentes empresas españolas: la Oficina Técnica CAL desarrolló el proyecto arquitectónico de construcción y obra civil bajo la dirección del arquitecto Cayetano Cabanyes Mata.<sup>10</sup> Ramón Beamonte fue el contratista general para la nave principal del reactor, edificio, obras civiles e instalaciones. Ricardo Barredo, el subcontratista que realizó el pretensado de la nave principal del reactor y los anillos de los depósitos enterrados. La empresa C. ARA (Ingenieros) fue la que se ocupó de las instalaciones de ventilación, calefacción y fontanería, así como del acondicionamiento del aire en los laboratorios calientes. ISOLUX, S.A., la encargada de las instalaciones eléctricas en alta y baja tensión. Construcciones Aeronáuticas S.A. (CASA) fabricó, en aluminio, el recubrimiento de la sección de alta potencia del reactor y la compuerta estanca que separaba la parte de alta y baja potencia de la piscina. Talleres Grasset S.A. construyó e instaló un puente grúa de 15 toneladas en la nave principal del reactor. *Babcock & Wilcox* fabricó parte de las tuberías de acero inoxidable necesarias para los circuitos de refrigeración del reactor. Maquinista Terrestre y Marítima suministró el grupo de reserva de 200 kVA. Por último, Boetticher y Navarro fue la empresa que suministró las puertas estancas.

149

El Jen 1 funcionó desde 1958 hasta 1979, año en que se decidió su clausura junto con la de los laboratorios adyacentes de producción y distribución de isótopos.

10. Cayetano Cabanyes Mata fue también el arquitecto que proyectó a comienzos de los setenta un edificio para albergar el entonces recién creado Centro de Biología Molecular. Este centro, que finalmente se acomodó en la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de Madrid ya que el edificio no se llegó a construir, fue creado desde el Ministerio de Educación y Ciencia -cuyo titular era entonces José Villar Palasí- y la Dirección General de Sanidad. Sobre la creación de este centro, sus impulsores, los modelos en los que se inspiraron, las circunstancias políticas y económicas que lo condicionaron, véase Salas, 2005.

## Los reactores ARGOS y ARBI

Los reactores ARGOS y ARBI fueron los siguientes reactores de investigación que se construyeron en España. Encargados el primero por la Escuela de Ingenieros Industriales de Barcelona y el segundo por el Laboratorio de Ensayos e Investigaciones Industriales, anexo a la Universidad de Bilbao -ARGONAUT Bilbao-, comenzaron a funcionar en 1961 y 1962 respectivamente.

El reactor ARGONAUT (*Argonne Nuclear Assembly for University Training*) se había dado a conocer en 1958, en la Segunda Conferencia de Ginebra. Recordemos que en la primera, en 1955, los estadounidenses habían llevado el reactor “tipo piscina”. En la construcción y diseño de estos dos reactores fue importante la formación que habían recibido dos investigadores de la JEN en los Estados Unidos. Carlos Fernández Palomero había asistido en 1957 primero a un curso de la *International School of Nuclear Science and Engineering* y después se incorporó, junto a Helios Bergua, al grupo de investigación y desarrollo del ARGONAUT en el Laboratorio Nacional de Argonne. Fernández Palomero fue el encargado de la construcción de los reactores y Bergua de todo lo relacionado con el combustible. Pero fue importante también la voluntad y el convencimiento de los responsables de los centros de enseñanza de la importancia que para ellos tenía contar con una instalación semejante. El director del Laboratorio de Ensayos e Investigaciones Industriales era José Torrontegui, que fue director también de la Escuela de Ingenieros de Bilbao -desde 1954 y hasta 1957- y director gerente de *Babcock & Wilcox* en España. Fue uno de los integrantes de la delegación española que asistió a la primera Conferencia de Ginebra y jugó un papel importante también en la configuración del nuevo mapa del desarrollo nuclear industrial español con la llegada de los reactores de potencia y la entrada en funcionamiento de las primeras centrales nucleares (Romero y Sánchez Ron, 2001: 249 y 262; Romero de Pablos, en prensa).

150

Aunque los reactores ARGOS y ARBI quedaron instalados lejos de Madrid, su diseño y construcción dejó huella tanto en la investigación que a partir de entonces se realizó en la JEN como en la propia arquitectura del complejo: por primera vez en España se procedió a la fabricación del elemento combustible, lo que ocasionó por un lado cambios en los trabajos que a partir de entonces se realizaron en las divisiones de materiales y metalurgia, y por otro cambios físicos en las edificaciones con la construcción de cajas de guantes donde manipular el material combustible altamente tóxico. (Romero y Sánchez Ron, 2001: 164-169). Con la construcción e instalación de estos dos reactores comenzó a romperse el centralismo que hasta entonces había dominado las políticas relacionadas con la energía nuclear. A partir de entonces Barcelona y Bilbao contaron con reactores donde formar a nuevos técnicos. Gracias a ellos se introdujo en las escuelas de ingeniería españolas la energía nuclear (Barca y Poch, en prensa).

## El CORAL 1

La investigación sobre reactores rápidos comenzó en la JEN en la década de 1960 con la construcción del CORAL 1 (Conjunto Rápido I).



Los modelos que entonces había para inspirarse eran los tipos AFSR (*Argonne Fast Source Reactor*) y el ZPR (*Zero Power Reactor*). Si bien lo que resultaba más atractivo y ambicioso era montar un reactor tipo ZPR, esto chocaba con la realidad española: sólo resultaría útil en caso de contar con suficiente uranio enriquecido que permitiera experimentar con estructuras que simularan reactores de potencia elevada. Lo más realista, teniendo en cuenta las posibilidades españolas de gasto en investigación, parecía ser construir un reactor tipo AFSR. Se optó finalmente por unir los dos tipos. El reactor se diseñó a lo largo de 1965. A finales de 1967 se terminó su construcción y comenzaron a realizarse pruebas mecánicas y electrónicas, aunque sin cargar el núcleo. El primero problema que se tuvo que resolver fue cómo contar con los 25 Kg. de uranio enriquecido al 93,5%, necesario para que el reactor pudiera funcionar.

La Junta estudió y tanteó con los responsables de diferentes organismos internacionales distintas formas para no tener que comprar la totalidad del combustible: “El Gobierno español no dispone del uranio enriquecido que necesita para el combustible del CORAL 1 y, por ello, debe proveerse de él, y en este sentido desearía que la compra fuese en la cantidad menor posible, tratando de obtener el resto bien en concepto de ayuda, bien en concepto de préstamo”.<sup>11</sup> Una manera era ampararse en el acuerdo bilateral firmado con los norteamericanos. Otra era el acuerdo que habían concertado el 11 de mayo de 1959 el Organismo Internacional de Energía Atómica y los Estados Unidos, en virtud del cual el segundo se comprometía a proporcionar al primero determinadas cantidades de material fisionable especial.

El 17 de enero de 1966, Durán recibió la respuesta del OIEA. Su Director General manifestaba con toda claridad que, mientras obtener el uranio de los Estados Unidos en forma de arriendo era posible, no lo era tanto por medio de un préstamo: “En cuanto a la posibilidad de obtener en préstamo el combustible para el reactor CORAL 1, hasta ahora no ha habido precedentes y considero muy poco probable que se pueda llevar a cabo la operación; en todo caso, tendría que tratarse de un proyecto que se ejecutase en cooperación con España, los Estados Unidos y quizá otros países”.<sup>12</sup> Finalmente el problema se zanjó con la firma de dos acuerdos de colaboración, uno con la OIEA y otro con los Estados Unidos representados por la AEC, para obtener ayuda técnica para el proyecto, en el primer caso, y para el préstamo del uranio enriquecido, en el segundo. Ambos acuerdos entraron en vigor el 23 de junio de 1967 e hicieron posible que el proyecto del CORAL 1 se hiciera realidad: “El 23 de marzo de 1968, a las cuatro y media de la tarde, el CORAL-I, primer reactor rápido experimental español, empezó a funcionar en el Centro Juan Vigón, de la Junta de Energía Nuclear”.<sup>13</sup>

Tan sólo un año después de la puesta en funcionamiento del CORAL 1, la JEN puso en marcha una comisión para estudiar y preparar un programa nacional de

11. Carta de Armando Durán, Vicepresidente de la JEN a Sigvard Eklund, director general de la OIEA. 30 de diciembre de 1965. MAE 8022/30.

12. Carta del Director General de la OIEA a Armando Durán. 17 de enero de 1966. MAE 8022/30.

13. “Editorial”, *Energía Nuclear*, año 12, 1968, p. 318.



investigación para valorar la viabilidad en España de este tipo de reactores. En esta comisión estaba representado el Estado, pero también lo estuvieron las eléctricas y las empresas productoras de bienes de equipo.<sup>14</sup>

Fueron varios los factores que ayudan a explicar el interés que llevó a dar el paso hacia los reactores rápidos. El importante desarrollo que había alcanzado la industria nuclear a principios de la década de 1970, por medio del uso e instalación masiva de los reactores térmicos, llevó al planteamiento de dos cuestiones con gran repercusión en el plano económico. En primer lugar, la gran demanda de óxido de uranio que se había generado en ningún caso se veía cubierta por las reservas conocidas entonces. Por otro lado, se había generado un incremento importante en las reservas de plutonio producidas por los reactores térmicos. Estas dos circunstancias se solucionaban con la comercialización de los reactores rápidos, ya que permitían la utilización de plutonio como material fisionable, disminuyendo así las necesidades de material fértil. Esta importante ventaja de los reactores rápidos (el bajo coste del combustible) chocó por un lado con dificultades técnicas, y por otro con la falta de apoyo de los programas militares, éstos siempre más interesados en los térmicos. Todo ello hizo que, aunque las investigaciones llevaran ya un tiempo en marcha, no fuera hasta principios de los setenta cuando comenzaran a dar frutos. A los inconvenientes técnicos (parte de su núcleo tenía que trabajar a unas densidades de potencia diez veces superior a la de los térmicos) había también que añadir problemas de logística: los reactores rápidos requerían inicialmente una carga importante de plutonio, material que no podían producir ellos mismos a la velocidad necesaria. Estas dificultades sólo se solucionaban invirtiendo elevadas cantidades de dinero, lo que suponía un gran esfuerzo para un país como España.

152

Hubo otro tipo de factores, de carácter más político, que sirvieron también para argumentar la necesidad de que España iniciara este tipo de estudios: la adopción de los reactores rápidos permitía un alto grado de “nacionalización” de la industria nuclear. En primer lugar, al no tratarse de sistemas de altas presiones y no precisar una tecnología complicada, se podía entrar en la fabricación de componentes y favorecer así la industria nacional. En segundo lugar, el no necesitar uranio enriquecido como combustible permitía que se pudiese utilizar plutonio nacional. El

14. Un repaso a sus miembros da idea del amplio grupo interesado en el desarrollo de esta nueva tecnología. De la JEN figuraban su presidente, José María Otero Navascués, y su vicepresidente, Antonio Colino López; como representantes del Ministerio de Industria estaban el director general de Energía y Combustible, Bernardo López Majano, y el presidente del Instituto Nacional de Industria, Julio Calleja González-Camino. También aparecía el presidente de la ponencia de investigación del Plan de Desarrollo, José María Sendagorta, fundador y presidente de SENER, quien, como ingeniero aeronáutico, había desempeñado un papel importante en el grupo de combustión del INTA (Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial). Como representantes de las eléctricas estaban Manuel Gutiérrez Cortines, vicepresidente ejecutivo de Centrales Nucleares del Norte S.A. (NUCLENOR), Julio Hernández Rubio, presidente de Unión Eléctrica Madrileña (UEM), y Carlos Mendoza Gimeno, presidente de Sevillana de Electricidad y de Unidad Eléctrica S.A. (UNESA). Por último, y como representante de la empresa productora de equipos, estaba el consejero delegado de Babcock & Wilcox, Gregorio Millán Barbany, ingeniero aeronáutico y antiguo miembro destacado del INTA. Esta comisión estuvo siempre asesorada por un grupo de expertos de la JEN: Sánchez del Río, entonces director de la Dirección de Física de Reactores; Francisco Pascual Martínez, secretario general técnico; José Antonio Ruiz López-Rúa, jefe adjunto de la División de Ingeniería; y Luis Palacios Súnico, jefe de la Sección de Planificación de la Secretaría General Técnica.

país quedaba así liberado de las gravosas importaciones de uranio que, de seguir el desarrollo de los reactores térmicos, parecían inevitables.

La amplia representación de la industria privada en la comisión creada por la JEN para determinar el interés de los reactores rápidos ponía de manifiesto la voluntad, por parte de las empresas eléctricas, de apoyar un tipo de reactor que apuntaba unas economías hasta entonces no conocidas (se podía obtener un alto grado en la “nacionalización” de la industria), aunque dejaban en un segundo plano las posibles economías de combustible. Frente al interés de las eléctricas, el Estado, por el contrario, vio más atractivo el potencial de ahorro en las necesidades de combustible y servicios de su ciclo, así como el grado de independencia energética que ello permitía alcanzar. Y aunque los intereses de uno y otro divergieran, ambos fueron conscientes de la necesidad de apoyo mutuo.

Pero en la década de 1970 las circunstancias políticas y económicas cambiaron, lo que se tradujo también en cambios en los desarrollos tecnológicos. La crisis del petróleo de 1973 produjo un encarecimiento del uranio, lo que generó al tiempo un fuerte deseo de independencia energética. Por otro lado, las incertidumbres técnicas que hasta entonces tenían este tipo de reactores se redujeron en gran medida y emergieron dos tipos de reactores rápidos, promovidos por franceses y alemanes con unas perspectivas comerciales parecidas, lo que hacía absurdo iniciar actuaciones autónomas. La decisión del presidente de los Estados Unidos, Jimmy Carter, de suprimir el programa estadounidense de reactores rápidos alimentados con plutonio reafirmó una vez más la necesidad de contar con combustible nacional. Los reactores rápidos se convirtieron de nuevo en la pieza clave para los países europeos que no contaban con las reservas necesarias de uranio. Los norteamericanos también tomaron entonces la determinación de prohibir la reelaboración comercial en los Estados Unidos del combustible irradiado. Los países con programas de reactores rápidos debían pensar en la instalación de sus propias fábricas de reelaboración, o en posibles asociaciones multinacionales, lo que dificultaba en gran medida los procesos.

153

España aprobó en 1975 un ambicioso plan energético en el que la industria nuclear de bienes y servicios participó de forma importante en las llamadas centrales de segunda y tercera generación.

### **Entre la investigación y la potencia: el proyecto DON**

En 1957, la JEN comenzó a pensar la posibilidad de construir una planta nuclear de uso múltiple: buscaban una instalación que sirviera para probar materiales, para generar energía y para fabricar isótopos. Con este objeto, en 1958 los responsables de la JEN solicitaron la realización a distintas empresas extranjeras de un estudio con el fin de ver la viabilidad técnica y económica. De las siete empresas que respondieron a la JEN, tres de ellas respondieron mejor a las necesidades del organismo español. Fueron *Atomics International*, *International General Electric Company* y *Westinghouse Electric Company* las empresas elegidas para desarrollar

sus propuestas.<sup>15</sup> La JEN buscaba con ello elegir el proyecto que mejor encajara con sus necesidades. Por ello puso como condición que en el desarrollo de los mismos formaran parte investigadores del INI, de la empresa privada española y de la JEN. Esto no sólo supuso una novedad con respecto a como se había procedido situaciones análogas anteriores, introdujo nuevos actores en los procesos de toma de decisiones y además hizo posible la circulación de prácticas y conocimiento entre el laboratorio y la industria y viceversa, algo que, como veremos, resultó también fundamental en la década de los sesenta con la construcción de las tres primeras centrales de potencia españolas.

La propuesta elegida fue la presentada por *Atomics International*.<sup>16</sup> El resultado del proyecto fue un reactor moderado por agua pesada, refrigerado por un compuesto orgánico y con uranio natural como combustible. Pero ni la colaboración con la AEC, que contemplaba el intercambio de información -los norteamericanos ofrecían sus experiencias en la construcción de un reactor moderado por agua pesada y refrigerado por líquido orgánico de 300Mwe, proyecto HWOCR-, la posibilidad de la utilización de las patentes sin pagos de ningún tipo y las garantías de que la central estuviera en explotación a finales de 1971; ni el compromiso de *Atomics International* de que la central estaría construida para su entrada en funcionamiento en diciembre de 1969, impidieron que problemas fundamentalmente económicos truncaran la finalización del proyecto.<sup>17</sup>

El 25 de junio de 1966, el presidente de la JEN escribió al director general de Energía lo siguiente:

154

“No puede considerarse nuestra cuota del CERN como una tarea que deba ser objeto de prioridad por parte de la JEN ya que esta debe ceñirse a las específicas de la misma. En este orden de ideas el Consejo de la JEN siempre ha considerado que la prioridad máxima se refiere al ciclo del combustible y al proyecto DON... Por ello, si las autoridades financieras obligasen a determinar prioridades absolutas en la JEN, esta daría las mismas al ciclo del combustible y al reactor DON, ... dejando a la decisión del gobierno todo lo que se refiere a la participación en la política europea de altas energías (CERN y supermáquina)”.<sup>18</sup>

Aunque los costes de ejecución eran altos, los gestores de la JEN defendieron y argumentaron que eran mayores los beneficios que reportaría la finalización del

15. Las empresas que respondieron fueron *Atomic International*, *Canadian General Electric Company Ltd.*, *General Electric Company*, *General Nuclear Engineering Corporation*, *Internuclear Company*, *Nuclear Development Corporation of America* y *Westinghouse Electric Company*.

16. Informe de la Junta de Energía Nuclear sobre la evaluación de las propuestas para un reactor de uso múltiple. Madrid, 3 de abril de 1958. AGA 71/8502.

17. Informe sobre el estado actual de las negociaciones en relación a la central prototipo DON. Madrid, 19 de julio de 1965. AGA 71/21896.

18. Carta del presidente de la JEN al director general de Energía de 25 de junio de 1966. AGA 71/21897.

proyecto.<sup>19</sup> Pero eran los años en los que el gobierno estaba discutiendo la permanencia española en el CERN, y aunque desde la JEN siempre se priorizó el proyecto DON, al final los dos proyectos se truncaron: España abandonó el CERN en 1969, aunque la decisión estaba tomada desde 1968, y el proyecto DON nunca llegó a ser una realidad.

## La potencia

El desarrollo nuclear español no sólo creó nuevos espacios para la investigación: también favoreció el que se abrieran otros horizontes para el desarrollo industrial. La investigación que desarrolló la JEN favoreció e impulsó el desarrollo industrial que comenzó con la construcción y posterior puesta en marcha de las centrales nucleares. La inauguración de las tres primeras centrales, las conocidas como de “primera generación” -Zorita (1968), Santa María de Garoña (1971) y Vandellós 1 (1972)- y la perspectiva, tras la aprobación en 1969 del Plan Eléctrico Nacional para el período 1972-1981, de la construcción de otras muchas, hizo que una parte importante de los investigadores de la JEN dirigieran sus trabajos a este nuevo sector, entonces todavía en sus comienzos.<sup>20</sup>

Hubo también otros cambios durante la década de los cincuenta y primeros sesenta que afectaron a la JEN, resultado fundamentalmente de las variaciones que se habían dado en España, especialmente en el ámbito socioeconómico. Si desde su creación en 1951 la JEN se había consolidado como el gran centro de investigación y único asesor del gobierno en temas de energía nuclear, a partir de 1964, con la aprobación de la ley 25/1964 del 29 de abril sobre energía nuclear, tuvo que compartir este espacio de influencia con otros organismos.<sup>21</sup> El peso que en estos años adquirieron las empresas eléctricas, mermó el liderazgo que hasta entonces había mantenido la JEN en investigación, asesoría, seguridad y protección y desarrollo industrial nucleares. Además Gregorio López Bravo, ministro de Industria entre 1962 y 1969, pasó la responsabilidad de la contratación de las centrales a las propias empresas eléctricas, dejando al margen al Estado y por tanto al organismo responsable, la JEN.

Al igual que hemos visto con los reactores de investigación, las centrales nucleares que se inauguraron en España entre 1968 y 1988 se convirtieron en lugares por los que circularon y transitaron nuevas prácticas científicas y tecnológicas, donde se inauguraron nuevas políticas y alianzas y donde se ensayaron nuevas formas de gestionar no sólo las políticas sino los asuntos que, relacionados con la sociedad, derivaron de los nuevos desarrollos científicos y tecnológicos.

19. En el caso de un reactor de 30 MWe de potencia el coste ascendía a 1.059,8 millones de pesetas, y en el de 100 MWe a 1.925,1 millones de pesetas. Informe sobre el estado actual de las negociaciones en relación a la central prototipo DON. Madrid, 19 de julio de 1965. AGA 71/21896.

20. Sobre las repercusiones económicas del desarrollo nuclear véase: Catalán, 1994 y 1995; Sudriá, 1987.

21. Ley 25/1964, de 29 de abril sobre energía nuclear. BOE de 4 de mayo de 1964, p. 5688-5695. Hasta la promulgación de esta ley el marco legal de referencia para todo lo relacionado con la energía nuclear era lo contenido en el Decreto fundacional de la JEN de 1951. Decreto Ley de 22 de octubre de 1951. BOE de 24 de octubre de 1951.

El llamado Pacto de Olaveaga -la reunión celebrada en 1956 en la localidad bilbaína de José María de Oriol-, entre éste, Leandro José de Torrontegui y José María Otero Navascués, hay que entenderla en el marco de la euforia despertada tras la primera Conferencia de Ginebra. Se sentaron a una misma mesa representantes respectivamente del sector eléctrico, la industria y la administración: fue el punto de partida de la puesta en marcha del desarrollo industrial de la energía nuclear en España. Una de las primeras iniciativas fruto de aquella reunión fue la creación de tres sociedades: Centrales Nucleares S.A. (CENUSA), Centrales Nucleares del Norte S.A. (NUCLENOR) y el centro de estudios de técnicas atómicas llamado TECNATOM, para desarrollar el uso de energía nuclear para la producción de energía eléctrica. Dos años después, en 1958, NUCLENOR y CENUSA hicieron público su deseo de construir dos centrales nucleares, una en el norte y otra en el sur de la Península. En España se llegaron a proyectar veintiséis centrales nucleares. Once de ellas (Zorita, Garoña, Vandellós 1, Almaraz 1 y 2, Ascó 1 y 2, Cofrentes, Trillo 1 y 2, y Vandellós 2) fueron las que llegaron a conectarse a la red eléctrica.

Más que entrar en una historia detallada de la construcción de las mismas (Romero y Sánchez Ron, 2001: 249-270 y 276; Romero de Pablos, en prensa), vamos a centrarnos en los problemas -técnicos, políticos y sociales- que generaron la puesta en marcha de estas instalaciones y las soluciones y respuestas que se fueron dando.

El primer problema que se planteó fue la elección del tipo de reactor. Una elección que no resultaba banal, pues esto implicaba también decantarse por un tipo de combustible. La historia de la construcción de Zorita, Garoña y Vandellós 1, las tres primeras centrales que entraron en funcionamiento, puso sobre la mesa los problemas técnicos a los que España tuvo que enfrentarse, pero también los problemas políticos y económicos. En cada una de ellas se optó por un modelo de reactor diferente (Zorita, PWR; Garoña, BWR; y Vandellós 1, GCR). El hecho de que en España se optara por tres modelos diferentes de reactor, respondió a razones que fueron más allá de lo estrictamente científico y tecnológico.<sup>22</sup>

La llegada de Gregorio López Bravo al Ministerio de Industria supuso optar por la política de lo que se llamó compra "llave en mano" -adquisición de reactores de fabricación extranjera- frente a la política autárquica del primer franquismo liderada desde el sector industrial por Juan Antonio Suanzes y a lo que desde la JEN se había defendido, que era el apoyo y fomento de la investigación y desarrollo tecnológico propio del país.

La opción por los reactores de potencia (PWR) y los de ebullición (BWR), caso de todas las centrales españolas salvo la de Vandellós 1, implicaba el uso de uranio enriquecido como combustible. Las centrales tipo GCR usaban como combustible uranio natural.

22. Zorita, *Power Water Reactor* (PWR); Santa María de Garoña, *Bowler Water Reactor* (BWR); Vandellós 1, *Gas Cooled Reactor* (GCR); Almaraz 1 y 2, PWR; Ascó 1 y 2, PWR; Cofrentes, BWR; Trillo 1 y 2, PWR; Vandellós 2, PWR.

En la primera Conferencia de Ginebra ya quedó clara la existencia de posiciones bien diferenciadas con respecto al uso de combustible. Estados Unidos y la Unión Soviética eran los principales partidarios de la utilización como combustible de uranio enriquecido, mientras que Francia, Inglaterra, Suiza, Suecia y Canadá orientaban sus proyectos al uso de uranio natural. Por un lado estaban los países que abordaban el enriquecimiento del combustible, y por el otro los que, conscientes de las dificultades y altos costes que el enriquecimiento del uranio entrañaba, optaban por el uso del uranio natural y evitar así la servidumbre de la dependencia. Estas opciones implicaban capacidades tecnológicas pero también y sobre todo mostraban posiciones de poder: fundamentalmente por la estrecha relación entre enriquecimiento de uranio y fabricación de armas atómicas.

Técnicamente España no podía enriquecer uranio, pero sí tenía uranio natural que quería emplear. Y Estados Unidos era el único país occidental que entonces podía prepararlo, pero tenía por norma no aceptar para enriquecer más de un 50% de uranio de procedencia extranjera. Esta circunstancia hacía que los costes del combustible se pusieran en unas cifras difíciles de asumir por España. Por ello los gestores españoles tuvieron que desplegar todas sus artes para conseguir que las condiciones para la adquisición del uranio enriquecido fueran lo más favorables a los intereses españoles. Buen ejemplo de estas negociaciones fueron las realizadas para la central de Zorita por Otero Navascués y el embajador de España en Washington, José María de Areilza, con los responsables de la *Atomic Energy Commission* de los Estados Unidos (AEC) (Romero de Pablos, en prensa).

Por lo tanto, las opciones eran el uso de uranio enriquecido más caro que el natural y con la dependencia que esto suponía de los Estados Unidos, o el uso de uranio natural que abarataba costes en el combustible aunque encarecía de manera considerable la construcción de la central, caso de Vandellós 1. Finalmente, el conjunto de las centrales que entraron en funcionamiento en España contaron con reactores tipo PWR -salvo Garoña y Cofrentes, que contaron con un reactor tipo BWR, y Vandellós 1, con uno CGR- y utilizaron uranio enriquecido como combustible. Paradójicamente los cambios introducidos con la llegada de los tecnócratas al poder, lejos de favorecer el desarrollo tecnológico e industrial del país, lo lastraron y lo hicieron más dependiente del exterior.

No queremos terminar este repaso por lo que supuso el desarrollo nuclear en España sin referirnos a la central nuclear de Lemóniz.<sup>23</sup> Esta central, propiedad de Iberduero, que se comenzó a construir en 1974 y tenía prevista su entrada en funcionamiento en 1979, nunca llegó a funcionar y es quizá la que mejor ilustra la nueva etapa del mundo nuclear, fuertemente condicionada no sólo por los desarrollos técnicos y por los intereses políticos, sino también por la respuesta social. La situación particular de España, los primeros años de la transición, la animadversión frente a todo lo nuclear, y el emplazamiento elegido, a pocos kilómetros de Bilbao, fueron aprovechados tanto por los independentistas vascos como por el resto de los

23. La central de Lemóniz perteneció, junto a Almaraz 1 y 2, Ascó 1 y 2 y Cofrentes, a la segunda generación.

partidos políticos.<sup>24</sup> Lemóniz fue utilizada por unos y por otros en función de unos intereses que iban más allá de los propiamente científicos, tecnológicos o industriales. Los atentados terroristas que sufrieron tanto las instalaciones de Lemóniz como sus trabajadores y responsables hicieron que la situación se hiciera insostenible.

En 1967, Iberduero presentó a la JEN una solicitud para construir a orillas del río Murguía una central nuclear. Pero no fue hasta 1972 cuando la solicitud comenzó a ser tenida en cuenta, aunque la autorización del Ministerio de Industria para su construcción no se hizo efectiva hasta 1974. Un crédito del banco americano EXIMBANK a Iberduero para comprar bienes y servicios a los Estados Unidos hizo posible encargar el proyecto de dos unidades de reactores de agua a presión (PWR) a *Westinghouse*.

El cambio de la calificación del suelo donde se iba a construir la central -de rural a industrial- fue lo que aglutinó inicialmente los movimientos vecinales que fueron poco a poco organizándose en movimientos sociales más amplios. Los atentados terroristas, primero contra unas oficinas Iberduero en septiembre 1977, y después, en marzo de 1978, contra la misma central (dos muertes), marcaron el principio del fin del proyecto. Pero ni la tensión política ni los atentados ni la respuesta social impidieron que el presidente de Iberduero anunciara a la Junta General de Accionistas, en junio de ese año, que la central estaría a pleno rendimiento en un plazo de 20 meses. Esta circunstancia caldeó todavía más el ambiente.

158

Todo ello, unido al entonces reciente accidente ocurrido en marzo de 1979 en la central nuclear de *Three Miles Island*, llevó a que el Consejo General Vasco solicitara al OIEA estudiar y valorar la construcción y puesta en marcha de la central. En mayo de 1978, expertos de este organismo internacional, representantes del Ministerio de Industria y del Consejo General Vasco visitaron Lemóniz con objeto de redactar un informe. Las protestas sociales continuaron. En junio de 1978 se produjo un segundo atentado dentro de la central que causó una nueva víctima. Un año después, en julio de 1979, el ayuntamiento de Munguía denegó la licencia definitiva de construcción de la central a pesar de que el informe redactado por la OIEA había sido favorable. El Gobierno Vasco comenzó también a retirar su apoyo. La actuación de unos y otros iba complicando cada vez más la situación. En enero de 1981 se produjo el secuestro de un ingeniero de la central, que un mes más tarde fue encontrado asesinado. Iberduero suspendió entonces temporalmente los trabajos, pero fue obligada por el parlamento vasco a reanudarlos.

A lo largo de 1981 continuaron los atentados sufridos por Iberduero y sus filiales. En mayo Pedro Areitio, presidente desde 1977, presentó su dimisión. Aunque el parlamento vasco expresó que la central cumplía los requisitos legales y aprobó, con los votos a favor del Partido Nacionalista Vasco (PNV), Unión de Centro Democrático (UCD) y Alianza Popular (AP), y en contra del Partido Socialista Obrero Español

24. La respuesta internacional en contra del desarrollo nuclear se acrecentó en gran medida en marzo de 1979 cuando se produjo el accidente en la central nuclear de *Three Mile Island*.



(PSOE) y de Euskadiko Ezkerra (EE), los informes técnicos de seguridad, insistieron en la sanción pública del proyecto a través de un referéndum, solicitud que fue rechazada por el gobierno central. En marzo de 1982 el gobierno vasco, el central e Iberduero, acordaron crear el Ente Vasco de la Energía (EVE). Cuando parecía que se desbloqueaba la situación, Ángel Pascual, ingeniero jefe de la central, fue asesinado en mayo de 1982. Ante este nuevo atentado Iberduero manifestó su voluntad de abandonar el proyecto, pero de nuevo el gobierno vasco dejó clara su voluntad de continuar: para entonces se había alcanzado el 95% de la obra civil y el montaje electromecánico en la unidad 1, y el 70% en la unidad 2. En agosto de 1982 el Gobierno intervino la central. Desde entonces los rumores sobre su paralización se dispararon, aunque esto no llegaría hasta trece años después.

El desarrollo nuclear español pone en entredicho el éxito de las políticas autárquicas (Roqué, en prensa) y la idea tecnócrata de que la modernización, la apertura y el desarrollo económico, científico y tecnológico son posibles al margen de la política y la ideología. Las decisiones políticas tuvieron costes que trascendieron los espacios de las propias centrales y de las políticas científico-tecnológicas y llegaron también al espacio social (Hecht, 1998; Sánchez Ron, 2007; Rentetzi, 2008; Carson, 2010).

## Conclusiones

La documentación manejada evoca políticas, ideas y prácticas en las que participaron grupos heterogéneos de personas y que repercutieron de muy diversas maneras en espacios físicos, sociales y disciplinares.

159

La JEN, los reactores de investigación y las centrales nucleares que se instalaron en España fueron laboratorios donde no sólo se ensayaron nuevas tecnologías, sino que también se desarrollaron nuevas alianzas políticas y nuevos modelos económicos e industriales. Fueron laboratorios experimentales y también laboratorios experienciales donde se crearon nuevas formas de conocimiento y donde también se dieron nuevas experiencias sociales.

En este texto se pone de manifiesto la complejidad que albergan las prácticas y toma de decisiones de carácter científico y tecnológico. Lo que pudiera parecer a simple vista un proceso tecnológico que pretendía dar respuesta a las necesidades energéticas de un país se convirtió en un complejo proceso que implica a múltiples actores. Además, los aspectos políticos, económicos e industriales fueron decisivos a la hora de tomar elecciones de carácter tecnológico. Decisiones que en este caso fueron tomadas la mayor parte de ellas en un régimen dictatorial -Franco muere en 1975- en el que la opinión pública no tenía otra opción que recibir de forma pasiva las decisiones políticas. Situación que, como se apunta con el caso de la central de Lemóniz, experimentó un cambio radical a partir de 1970, precisamente a partir del movimiento anti-guerra y anti-nucleares que provocó una nueva relación entre sociedad civil y ciencia.



Las decisiones que se tomaron a la hora de optar por un tipo u otro de reactor -tanto en el caso de los de investigación como en los de potencia- implicaron decisiones no solo científicas y tecnológicas, sino también políticas y económicas que marcaron un modelo de país. Las opciones -uranio enriquecido frente a uranio natural- implicaban capacidades tecnológicas pero también, y sobre todo, mostraban posiciones de poder. La estrecha relación entre enriquecimiento de uranio y fabricación de armas atómicas cargaba la opción de algo más que de decisiones técnicas.

Por lo tanto, sugiero que las prácticas científicas y tecnológicas y también las políticas que circularon y los nuevos espacios que se abrieron con el desarrollo en España de la energía nuclear jugaron un papel determinante en la construcción, pública y colectiva, de la España de mediados del siglo XX.

## Bibliografía

BAIG, M., GIMENO, G. y XIPELL, M. (en prensa): "La introducción de la mecánica cuántica en España: Las primeras lecciones y los primeros textos", en X. Roqué y N. Herrán (eds.): *La física en España (1939-1975)*, Barcelona, UAB.

BARCA, F. X. y POCH, A. (en prensa): "Física nuclear para la formación de ingenieros", en X. Roqué y N. Herrán (eds.): *La física en España (1939-1975)*, Barcelona, UAB.

CARSON, C. (2010): *Heisenberg in the Atomic Age. Science and Public Sphere*, Cambridge, Cambridge University Press.

CATALAN, J. (1994): "Industrialización difusa y desarrollo económico: el retroceso de 1939-58", en Nadal y Catalan (eds.): *La cara oculta de la industrialización española. La modernización de los sectores no líderes (siglos XIX y XX)*, Madrid, Alianza.

CATALAN, J. (1995): *La economía española y la segunda guerra mundial*, Barcelona, Ariel.

HECHT, G. (1998): *The radiance of France. Nuclear Power and National Identity after World War II*, Cambridge, The MIT Press.

HERRAN, N. (2009): "Isotope networks: training, sales and publications, 1946-1965", *Dynamis*, vol. 29, pp. 285-306.

LLEONART J.; CASTIELLA, F. (1978): *España y la ONU: la cuestión española*, Madrid, CSIC.

NIETO-GALÁN, A. (en prensa): "Miguel Masriera (1901-1981) y la divulgación de la "cultura atómica" en la España de Franco", en X. Roqué y N. Herrán (eds.): *La física en España (1939-1975)*, Barcelona, UAB.

ORDÓÑEZ, J. y SÁNCHEZ RON, J. M. (1996): “Nuclear Energy in Spain: from Hiroshima to the Sixties”, en P. Forman y J.M. Sánchez Ron (eds.): *National Military Establishments and the Advancement of Science and Technology*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, pp. 185-213.

PORTERO, F. (1989): *Franco aislado: La cuestión española (1945-1950)*, Madrid, Aguilar.

PRESAS i PUIG, A. (2000): “La correspondencia entre José María Otero Navascués y Kart Wirtz, un episodio de las relaciones internacionales de la Junta de Energía Nuclear”, *Arbor*, vol. CLXVII, n° 659-669, pp. 527-602.

PRESAS, A. (2005): “Science on the periphery. The Spanish reception of nuclear energy: an attempt at modernity?”, *Minerva*, vol. 43, pp. 197-218.

RENTETZI, M. (2008): *Trafficking Materials and Gendered Experimental Practices. Radium Research in Early 20th Century Vienna*, New York, Columbia University Press.

ROMERO DE PABLOS, A. (2000): “Un viaje de José María Otero Navascués. Los inicios de la energía nuclear en España”, *Arbor*, vol. CLXVII, n° 659-660, pp. 509-526.

ROMERO DE PABLOS, A. (2003): “El primer reactor experimental instalado en España”, en Santesmases y Romero de Pablos (editoras): *La Física y las ciencias de la vida en el siglo XX: radiactividad y biología*, Madrid, Universidad Autónoma de Madrid/Consejo de Seguridad Nuclear, pp. 23-40.

ROMERO DE PABLOS, A. (en prensa): “Energía nuclear e industria en la España de mediados del siglo XX”, en X. Roqué y N. Herrán (eds.): *La física en España (1939-1975)*, Barcelona, UAB.

ROMERO DE PABLOS, A. y SÁNCHEZ RON, J. M. (2001): *Energía nuclear en España. De la JEN al CIEMAT*, Madrid, Ediciones Doce Calles/CIEMAT.

ROQUÉ, X. (en prensa): “España en el CERN (1961-1969), o el fracaso de la física autárquica”, en X. Roqué y N. Herrán (eds.): *La física en España (1939-1975)*, Barcelona, UAB.

SALAS, M. (2005): “La creación del Centro de Biología Molecular Severo Ochoa”, en Salas y Romero de Pablos (eds.): *Ochoa y la ciencia en España*, Madrid, Sociedad Estatal de Conmemoraciones Culturales/Residencia de Estudiantes, pp. 163-174.

SÁNCHEZ RON, J. M. (2007): *El poder de la ciencia*, Barcelona, Crítica.

SANTESMASES, M. J. (2006): “Peace Propaganda and Biomedical Experimentation: Radioisotopes in Endocrinology and Molecular Genetics, and their influence in Spain (1950-1971)”, *Journal of the History of Biology*, vol. 39, pp. 765-798.

SANTESMASES, M. J. (2009): "From prophylaxis to atomic cocktail: Circulation of radioiodine", *Dynamis*, vol. 29, pp. 337-364.

SANTESMASES, M. J. y ROMERO DE PABLOS, A. (2003): *La Física y las ciencias de la vida en el siglo XX: radiactividad y biología*, Madrid, Universidad Autónoma de Madrid/Consejo de Seguridad Nuclear.

SOLER, P. (en prensa): "La Teoría de la Relatividad en la ciencia española entre 1940 y 1970", en X. Roqué y N. Herrán (eds.): *La física en España (1939-1975)*, Barcelona, UAB.

SUDRIÁ, C. (1987): "Un factor determinante: la energía", en Nadal, Carreras y Sudriá (comp.): *La economía española en el siglo XX. Una perspectiva histórica*, Barcelona, Ariel.

## **Cultura tecnológico-política sectorial en contexto semiperiférico: el desarrollo nuclear en la Argentina (1945-1994)**

### ***Techno-political and sectorial culture in a semi-peripheral context: nuclear development in Argentina (1945-1994)***

**Diego Hurtado \***

A partir de la caracterización de la Argentina como país semiperiférico, el presente trabajo analiza la conformación de una “cultura nuclear” y de un “régimen tecnopolítico nuclear” -definido por la búsqueda de la autonomía tecnológica y el liderazgo regional y por la promoción de una industria nuclear nacional- que tuvieron como epicentro institucional a la Comisión Nacional de Energía Atómica y mantuvieron su vigencia hasta comienzos de los años noventa. El artículo se enfoca en tres ejes: el desarrollo de reactores de investigación; los procesos de toma de decisiones alrededor para la compra y construcción de las centrales de potencia; y la forma en que los distintos regímenes políticos por los que atravesó la Argentina -períodos de democracia, “semi-democracia” y dictadura- y regímenes de acumulación -industrialización sustitutiva y, desde la última dictadura, desregulación de la economía- impactaron y dejaron sus marcas sobre la evolución del régimen tecnopolítico nuclear. Este último punto también considera las presiones internacionales como componente crucial.

163

**Palabras clave:** energía nuclear, Argentina, semiperiferia, régimen tecnopolítico, cultura nuclear

*Considering Argentina as a semi-peripheral country, the present article analyzes the establishment of a nuclear culture and a nuclear technopolitical regime -aimed at seeking technological autonomy and regional leadership as well as the promotion of a national nuclear industry- that have the Argentine Atomic Energy Commission as institutional epicenter and kept some of their main traits and orientation until the beginnings of the 1990s. The article focuses mainly on three aspects: the development of nuclear research reactors; the processes of decision-making about the purchase and construction of the country's two power nuclear plants; and the way the various political regimes that Argentina went through -democratic, semi-democratic and dictatorial periods- and regimes of accumulation -substitutive industrialization and, since the last military dictatorship, economic deregulation- impacted and left their mark on the evolution of the nuclear technopolitical regime. Within this last point, international pressures are assumed as a crucial component.*

**Key words:** nuclear energy, Argentina, semi-periphery, technopolical regime, nuclear culture

\* Centro de Estudios de Historia de la Ciencia José Babini, Universidad Nacional de San Martín, Argentina. Correo electrónico: dhurtado@retina.ar.

## Introducción

El desarrollo nuclear en la Argentina presenta rasgos que hacen posible evaluarlo como la evolución -crecimiento y diversificación- de una trayectoria sectorial en contexto de país semiperiférico. Impulsado inicialmente por un proyecto político de industrialización, vinculado a símbolos de modernización y autonomía, el desarrollo nuclear en la Argentina mantuvo una orientación programática relativamente nítida entre los inicios de la década de 1950 y comienzos de los años noventa. Si bien se desdibuja por poco más de una década, reaparece durante 2006 con algunos de sus rasgos históricos adaptados a los nuevos tiempos.

Desde una perspectiva económica, la categoría de semiperiferia se refiere a los países de la periferia con capacidad industrial. Wallerstein (1974) asoció la noción de semiperiferia a los procesos de desarrollo dependiente. Siguiendo a Wallerstein y Amin, Evans (1979: 33-34) sostiene: “La posición distintiva de la semiperiferia en la economía internacional hace que el curso del desarrollo dependiente en estos países sea crítico para el futuro del imperialismo”. Una consecuencia de esta afirmación es que justamente los países de la semiperiferia son, por un lado, los que se presentan como mercados de tecnología codiciados por los países avanzados -ventas “llave en mano”, derechos de patente, asistencia técnica- y, por otro lado, los que suelen ser objeto de las estrategias de obstaculización o bloqueo de aquellos desarrollos tecnológicos que puedan significar una alteración del “equilibrio” o de la “estabilidad” -militar y comercial- del sistema mundial.

164

De esta forma, los procesos de desarrollo tecnológico en contextos semiperiféricos no pueden entenderse como procesos de construcción de “sistemas nacionales de innovación” en entornos institucionales robustos que favorecen, protegen, subsidian y regulan tanto los “sectores estratégicos” como los procesos de competencia schumpeteriana. Por otra parte, la aspiración a “ascender” en la jerarquía de estados rígidamente estratificada que configura el sistema mundial, sostienen Hall y Chase-Dunn (2006: 49), motiva a las sociedades semiperiféricas a impulsar iniciativas que se proponen transformar la lógica de desarrollo del sistema mundial. El desarrollo nuclear de países como la Argentina, Brasil, India, Paquistán o Sudáfrica parece adecuarse a esta caracterización.

En este artículo panorámico, nos interesa presentar el desarrollo nuclear como un proceso de conformación de lo que vamos a caracterizar como una cultura nuclear -cultura organizacional, material, discursiva y simbólica- para aludir a la conformación de una comunidad de investigación y desarrollo que creció y se diversificó alrededor de un proyecto de construcción de un sistema tecnológico -entendido como red de artefactos, organizaciones, conocimientos, recursos naturales y regulaciones que operan de manera coordinada para alcanzar una serie de objetivos materiales-, alrededor del cual se configuraron códigos de identidad y legitimación (Hughes, 1989: 51-52).

Ahora bien, la conformación de esta cultura nuclear no es comprensible si no se considera el sentido político asignado a los objetivos tecnológicos. Hecht (1998: 15) habla de tecnopolítica para caracterizar “la práctica estratégica de diseñar o usar la

tecnología para constituir, encarnar o impulsar objetivos políticos”. En nuestro caso, este concepto remite no solo a las relaciones de poder locales que se constituyen y ponen en juego en el proceso de persecución de los objetivos tecnológicos, sino también -y centralmente- a las que son producto del carácter semiperiférico.

De esta forma, nos interesa hablar de cultura nuclear para delimitar un campo de prácticas portadoras de representaciones, creencias, valores y proyectos en el que intervienen múltiples sectores y tipologías de actores -científicos, ingenieros, técnicos, políticos, militares, administrativos, diplomáticos, empresarios- que asociaron un proyecto de desarrollo tecnológico a componentes de política nacional, como la búsqueda de la autonomía tecnológica -entendida como la capacidad del país para alcanzar objetivos tecnológicos sin interferencias o restricciones externas-, el impulso del proceso de industrialización y el liderazgo científico-tecnológico regional, por momentos conceptualizado como parte del proyecto de integración regional, por momentos desde los intereses comerciales proyectados sobre la potencialidad de un mercado nuclear regional.<sup>1</sup>

Estos objetivos, ya presentes de forma nítida en el discurso de algunos actores influyentes de CNEA durante la década de 1960, pueden encuadrarse en lo que Hecht caracterizó como régimen tecnopolítico. Dice esta historiadora: “Estos regímenes, basados en instituciones, consisten en vínculos entre grupos de gente, prácticas ingenieriles e industriales, artefactos tecnológicos, programas políticos, e ideologías institucionales, los cuales actúan juntos para gobernar los desarrollos tecnológicos y perseguir tecnopolíticas”. Y agrega que el concepto de régimen tecnopolítico “provee una buena aproximación a la estrecha relación entre las instituciones, la gente que las dirigen, los mitos e ideologías que los guían, los artefactos que producen, y la tecnopolítica que persiguen” (Hecht, 1998: 16-17).

165

Finalmente, si bien lo que llamaremos cultura nuclear y régimen tecnopolítico nuclear en la Argentina tienen como enclave o matriz de producción de sentidos dominantes una institución de investigación y desarrollo -CNEA-, es posible teorizar a partir de estos conceptos en la medida en que aquellos sentidos desbordaron este ámbito institucional y serán asimilados, refractados y empleados como materia prima para la producción de nuevos sentidos -culturales, políticos y económicos- en otras esferas de la actividad social, como diversos espacios del sector público, empresas, universidades, grupos de militares, así como en el ámbito de las relaciones internacionales. Que durante algunos períodos del desarrollo nuclear en la Argentina se produzcan debates que serán reproducidos en periódicos nacionales e internacionales, o que del ámbito nuclear surjan referentes latinoamericanos del pensamiento sobre políticas tecnológicas son otros indicios que permiten pensar que la influencia y persistencia de la cultura nuclear es una condición de posibilidad para entender el sector nuclear en la Argentina como una singularidad.

Uno de estos referentes afirmaba a comienzos de los años setenta: “Lo atómico ha dejado pues de ser un tema académico y de laboratorio, y se ha integrado a la trama

1. Una discusión sobre la noción de “autonomía” en América latina, puede verse Russell y Tokatlian (2003).

socio-político-económica argentina, a la que sin duda agregará color y textura y de quien recibirá influencias beneficiosas y deformaciones perjudiciales” (Sabato, 1973a). Desde la década de 1980, no es poco común encontrar en la prensa norteamericana referencias que, al hablar de la Argentina, aluden al “conspicuo lugar del programa nuclear en la conciencia nacional” (*New York Times*, 1984). Como corolario de todo lo anterior, agreguemos que sería de esperar que los distintos regímenes políticos por los que atravesó la Argentina -períodos de democracia, “semidemocracia” y dictadura- y regímenes de acumulación -industrialización sustitutiva previa al golpe de estado de 1976 y, desde entonces hasta 2001, apertura y desregulación de la economía- hayan dejado sus marcas, tanto sobre la cultura nuclear como sobre la evolución del régimen tecnopolítico nuclear.

En síntesis, este artículo se propone un esbozo histórico del proceso de conformación y evolución de una cultura nuclear de escala nacional, y de un régimen tecnopolítico asociado, que impulsó la construcción de un sistema tecnológico de envergadura -que llamaremos “desarrollo nuclear argentino”- en un contexto de país semiperiférico.

### **Peronismo, desarrollismos y reactores de investigación**

El gobierno de Perón (1946-1955) se esforzó por integrar el factor tecnológico a su programa de gobierno, dando visibilidad al impulso de sistemas tecnológicos de diversas escalas -en las áreas de energía, aeronáutica, infraestructura e ingeniería civil, por ejemplo- como marca política del peronismo y rasgo para ser asimilado a la identidad nacional (Hurtado y Feld, 2010). Desde 1950, este gobierno concretó algunos pasos claves en el impulso inicial del área nuclear. Luego del fracaso del proyecto de fusión impulsado por el físico austríaco Ronald Richter,<sup>2</sup> en 1952, el desarrollo en el campo nuclear fue transferido de manos del Ejército a la Marina, quedando a cargo el capitán de Fragata Pedro Iraolagoitia. Mientras que en 1950 había sido creada la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) como soporte administrativo de las actividades del físico austríaco y dependía directamente del Poder Ejecutivo, al año siguiente se creó la Dirección Nacional de Energía Atómica (DNEA), como organismo dependiente del Ministerio de Asuntos Técnicos. Las iniciativas de la DNEA se concentraron en el entrenamiento de científicos y técnicos locales, y en la consolidación de algunas áreas, como la radioquímica y la física de reactores primero y, un poco más tarde, la metalurgia. En el otoño de 1955, por convenio entre la Universidad Nacional de Cuyo y CNEA, se creó el Instituto de Física de Bariloche (hoy Instituto Balseiro; López Dávalos y Badino, 2000).

En el plano internacional, el programa *Átomos para la Paz*, promovido por el presidente norteamericano Eisenhower desde fines de 1953, fue decisivo. Programa polivalente, concebido como instrumento de lo que Eisenhower llamó “guerra psicológica”, *Átomos para la Paz* se propuso, entre otros objetivos, que la industria

2. El relato más detallado y exhaustivo sobre el “affaire Richter” se encuentra en Mariscotti (1985).

norteamericana fuera la primera en establecer vínculos comerciales con los estados iniciales de los programas nucleares de los países en desarrollo. Como explica Medhurst (1997: 588), “una vez establecida, la tecnología norteamericana sería difícil, sino imposible, de sustituir”.

La Argentina se integró al programa *Átomos para la Paz* y el 29 de julio de 1955 firmó un acuerdo de cooperación con los Estados Unidos -idéntico al firmado por otros 25 países entre 1955 y 1961- el cual sostenía que este país suministraría el uranio enriquecido para los futuros reactores de investigación argentinos.<sup>3</sup> El objetivo del programa nuclear argentino durante estos años era la instalación de reactores de investigación y el acceso a toda la ayuda técnica y financiera extranjera que fuera posible (Sabato, 1973b: 23).

En la Primera Conferencia Internacional sobre Usos Pacíficos de la Energía Nuclear, realizada en Ginebra en agosto de 1955, la delegación argentina aportó 37 trabajos, entre los cuales el grupo de radioquímica de la DNEA presentó trece nuevos radioisótopos (Martínez Vidal, 1994: 178-79; Radicella, 2001: 25). El golpe militar de septiembre de 1955 trajo consigo el cambio de autoridades y la reestructuración del área nuclear, que continuaría bajo la jurisdicción de la Armada. La DNEA dejó de existir en términos formales y su patrimonio pasó a CNEA.

El nuevo presidente de la CNEA, el capitán (más tarde contralmirante) Oscar Quihillalt, no alteró las principales líneas de acción iniciadas por Iraolagoitia. Cuando Quihillalt quedó al frente de CNEA trabajaban allí alrededor de 250 científicos y 300 técnicos (Alegria et al. 1972, 9). La primera manifestación de que se comenzaba a pensar en el mediano plazo fue la decisión de no comprar, sino de construir en el país el primer reactor de investigación argentino, el RA-1 -reactor tipo Argonaut, que se había inaugurado pocos meses atrás en el Argonne National Laboratory de Chicago-, que alcanzó estado crítico en enero de 1958. Habían participado 32 empresas argentinas en la construcción del RA-1. Al poco tiempo, el know-how de sus elementos combustibles fue vendido a una empresa alemana.<sup>4</sup>

La Argentina colaboró con el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) -creado en julio de 1957- y promovió el envío de sus expertos para asistir principalmente, aunque no únicamente, a países de América latina.<sup>5</sup> A comienzos de los años sesenta, el uso intensivo de radioisótopos en agricultura y medicina impulsó la integración de las actividades de CNEA a los sectores del Estado dedicados a tecnología agraria y salud. CNEA ya utilizaba entonces más de treinta laboratorios

3. Entre 1955 y 1961, la US AEC firmó 25 acuerdos para cooperar en investigación; 14 para cooperar en investigación y en producción de potencia; 11 acuerdos con propósitos de defensa mutua, y tres acuerdos especiales con el OIEA y EUROATOM (organización multilateral para la integración del desarrollo nuclear europeo). Acuerdos idénticos al de la Argentina fueron firmados con Washington por Colombia (19 de julio), España (19 de julio), Portugal (21 de julio), Venezuela (21 de julio), Brasil (3 de agosto) y Chile (8 de agosto). Ver: Hewlett y Holl (1989: 236, 581); Ordóñez y Sánchez-Ron (1996: 195-197).

4. Un relato detallado acerca de la construcción del RA-1, puede verse en Hurtado de Mendoza (2005).

5. Puede verse la sección “*Technical Assistance Experts in the Field*” de *IAEA Bulletin* durante los años sesenta.



pertenecientes a centros de investigación de universidades y hospitales (OIEA, 1962a: 15-17; 1962b: 9). El gobierno de orientación desarrollista de Arturo Frondizi declaró el programa nuclear de “alto interés nacional”, aunque, como parte de las medidas de austeridad, el presupuesto de CNEA fue reducido a casi la mitad (CNEA, 1970: 78).

En los nueve años que siguieron a la entrada en operación del RA-1, CNEA consolidó una línea de diseño y construcción de reactores de investigación, que también se proponía promover la participación de la industria local a través de su incorporación como proveedores. Con este objetivo, en enero de 1961, la Asociación de Industriales Metalúrgicos y el Departamento de Metalurgia, a cargo de Jorge Sabato -actor central de estos años, que había ingresado a CNEA a fines de 1954- habían creado la firma SATI (Servicio de Asistencia Técnica a la Industria) como organismo mixto sin fines de lucro. Por iniciativa de Sabato, el plan original era realizar investigación y desarrollo a partir de problemas relacionados con la metalurgia, pero que fueran planteados por las propias industrias locales. Esto, a su vez, haría posible difundir nuevos métodos de producción, el uso de nuevos metales, materias primas, máquinas e instrumentos, desarrollar mejores métodos de control de calidad, adecuarse a las características propias del mercado local y, en palabras de Sabato, “preparar a la industria del país para la profunda transformación tecnológica que se producirá en los próximos años”. Para 1964 se habían recibido 280 consultas desde diferentes sectores de la industria metalúrgica local (Martínez Vidal, 1994: 80-83; Sabato, 1964: 4-8).

168

En 1960 se finalizó el RA-0, concebido como un equipo auxiliar para ensayar mejoras de diseño para el RA-1.<sup>6</sup> La demanda creciente de radioisótopos para usos médicos impulsó el proyecto de diseño y construcción de un reactor de mayor potencia. Para hacer estudios preliminares sobre posibles configuraciones de su núcleo se diseñó y construyó una facilidad crítica, el RA-2, que fue finalizada en 1966. En paralelo a su construcción, el grupo de materiales de CNEA también diseñó y construyó los elementos combustibles. Para esto fue necesario uranio enriquecido al 90%, que fue provisto como donación por los Estados Unidos. Luego de algunos atrasos, el reactor de 5 MW, bautizado RA-3, fue puesto a crítico en el Centro Atómico Ezeiza a mediados de mayo de 1967, aunque por problemas de diseño fue inaugurado a fines de diciembre y comenzó a operar regularmente a comienzos de 1969.<sup>7</sup> Este nuevo reactor, que contó con un subsidio de la US Atomic Energy Commission (US AEC) de 350.000 dólares del programa *Átomos para la Paz*, era componente clave en la estrategia de ir ganando escala de forma incremental. En su construcción participaron 67 empresas argentinas. Junto a este reactor fue construida una planta de producción de radioisótopos, que había tomado como modelo una planta construida en Saclay (Francia) y que comenzó a operar en 1971 (Quihillalt, 1967; Recondo, 1995: 29-31; CNEA, 1967: 16-17; Coll y Radicella, 1998: 103).

6. Más tarde, el RA-0 fue transferido a la Universidad Nacional de Córdoba.

7. Todos sus componentes fueron manufacturados en la Argentina, incluyendo el 90% de la electrónica y el equipo de control (Sabato, 1973: 28).

Si se suma a este escenario la preocupación por la producción de energía eléctrica, puede pensarse que a mediados de los años sesenta ya está delineada una tecnopolítica nuclear sobre la base de tres componentes: el desarrollo de capacidad tecnológica autónoma, la conformación de una industria nacional sectorial y la búsqueda del liderazgo nuclear regional. Así, además de metalurgia, radioisótopos, reactores de investigación y apoyo a la industria, los otros dos objetivos centrales de CNEA eran la prospección, extracción y procesamiento del uranio argentino y, en el horizonte, comenzar a pensar en la compra de la primera central de potencia.

En cuanto al uranio, las exploraciones habían comenzado en 1950. Sin embargo, al organizarse el departamento de materias primas en 1955 y al asumir CNEA la tarea de realizar la prospección sistemática del territorio nacional en búsqueda de minerales nucleares -en ese momento disponía de un grupo de alrededor de treinta geólogos-, aún no existía el instrumento legal para esta actividad. El decreto-ley fue promulgado a fines de 1956 y su reglamentación en enero del año siguiente. Si bien, por un lado, la política asumida fue la de considerar a los minerales nucleares como bienes del Estado -por ser fuentes energéticas-, por otro lado, se incentivaba el apoyo necesario de la iniciativa privada. A fines de los años cincuenta, como complemento de las tareas de prospección, CNEA se proponía ganar experiencia de diseño y operación de plantas industriales para el procesamiento del uranio. El objetivo de mediano plazo era asegurar el autoabastecimiento de combustible para los futuros reactores de potencia. Para ese momento ya funcionaban dos plantas piloto de tratamiento de minerales con equipos de fabricación nacional, una en Malargüe (provincia de Mendoza), vecina al yacimiento de Cerro Huelmo, y la otra en la ciudad de Córdoba (provincia de Córdoba), y una planta piloto de producción en Ezeiza (provincia de Buenos Aires). Las dos primeras plantas recibían el mineral de los yacimientos y efectuaban el proceso de concentración del mineral hasta llegar a un óxido de uranio conocido como *yellow-cake* (concentrado de uranio). La fábrica instalada en Ezeiza recibía dicho óxido y lo reducía hasta llevarlo a uranio de pureza nuclear. Pocos años más tarde, con el objetivo de bajar costos, se comenzaría a construir en Malargüe una planta más moderna, diseñada en CNEA, con capacidad 10 veces mayor, se desmantelaría la planta de Ezeiza y se construiría otra en Córdoba también de mayor capacidad (CNEA, 1959: 23-24; 1961: 10-12; 1962: 18).

169

### **Industria nuclear y “penetración socio-cultural”**

A comienzos de la década de 1960, CNEA contaba con un personal del orden de los 2000 agentes y un presupuesto de alrededor de 400 millones de pesos moneda nacional (aproximadamente 4,8 millones de dólares; CNEA, 1961: 8-9). La mejora y operación del RA-1, la explotación minera y el procesamiento de uranio, la creación del SATI, las actividades de producción y fraccionamiento de radioisótopos y el proyecto de diseño y construcción del RA-3, pensado para abastecer la demanda interna de radioisótopos, pueden interpretarse como la consolidación de un perfil de institución que, a diferencia de las universidades o el CONICET -anclado en una concepción internacionalista vinculada al reclamo de libertad de investigación-, se orientó hacia el desarrollo de tecnología considerada estratégica, la construcción de una doble articulación con la industria local -ofreciendo competencias para la

resolución de algunos de sus problemas tecnológicos e incentivando su participación en la red de proveedores de los proyectos nucleares- y la realización de actividades de formación y asistencia con el objetivo de comenzar a construir una posición de influencia regional.

En 1963 se creó el Comité de Centrales Nucleares, presidido por Quihillalt, para iniciar los estudios económicos, de ubicación, de mercado eléctrico y de seguridad para los futuros reactores de potencia. En ese momento se encontraban en operación en el mundo 50 reactores nucleares para la producción de energía eléctrica -la gran mayoría en Estados Unidos, Gran Bretaña y la Unión Soviética- con una potencia total instalada es de 4000 MW -cantidad que era del orden de la potencia instalada en la Argentina-, otros 6000 MW estaban en construcción y se estimaba un ritmo de crecimiento para los próximos años de aproximadamente 1500 MW anuales (Wortman, 1996: 28; CNEA, 1962: 26).

Aceptadas las estimaciones que afirmaban que la potencia eléctrica del Gran Buenos Aires-Litoral se incrementaría en 1300 MW en el período 1966-1972, se decidió que la central nuclear debía ubicarse en esta región. CNEA propuso no contratar una empresa extranjera para que realizara el informe de factibilidad. Para respaldar esta decisión también se argumentó que ninguna de las plantas hidroeléctricas que estaban siendo construidas iba a estar terminadas antes de 1972 (Alegria et al., 1964: 11; Quihillalt, 1969: 435; Sabato, 1973a: 30). A comienzos de 1965, los diarios de Buenos Aires anunciaban que el presidente Arturo Illia había firmado el decreto que encargaba a CNEA los estudios preliminares para una central nuclear de potencia que suministraría electricidad a la zona del Gran Buenos Aires-Litoral. La Secretaría de Energía facilitaría a CNEA toda la información necesaria y el plazo concedido era de catorce meses. Finalmente, se asignaban hasta 88 millones de pesos moneda nacional (aproximadamente 350.000 dólares) para este objetivo.

CNEA formó un equipo especial de trabajo integrado por un comité directivo, presidido por Quihillalt, que contaba con dos vocales, el ingeniero Celso Papadópolos, gerente de Energía, y Sabato, gerente de Tecnología, y un equipo técnico con un jefe, el ingeniero Bela Csik (La Nación, 1965a). A mediados de febrero, se anunciaba que habían comenzado "las conversaciones" entre funcionarios de la Secretaría de Energía y Combustibles, de Servicios Eléctricos del Gran Buenos Aires (SEGBA), de Agua y Energía Eléctrica y CNEA, representada por Quihillalt, Papadópolos y Csik. En esta primera reunión, el subsecretario de Energía, Juan Sabato -tío de Jorge Sabato-, mencionaba que "hasta el momento que entren en funcionamiento las centrales hidroeléctricas de Salto Grande y Chocón-Cerros Colorados, será necesario aumentar en 1 millón de KW [kilowatts] la potencia actual de las centrales térmicas". También afirmaba que en el país había uranio suficiente "para autoabastecerse durante los próximos 50 años, por lo menos" y que, considerando el potencial técnico de la industria nacional, estaban dados todos los elementos que permitirán, "a través de una promoción activa e inteligente, el nacimiento de una industria nuclear argentina" (*La Nación*, 1965b).

Sin embargo, estas afirmaciones eran relativizadas por la realidad política. A fines de junio de 1966, se produjo un nuevo golpe de estado, que era parte de un proceso

de surgimiento sincrónico de dictaduras en América latina lideradas por sus fuerzas armadas en pleno proceso de asimilación de la Doctrina de la Seguridad Nacional, que sostenía que la seguridad del Estado estaba amenazada por “el enemigo interno”. Esta ideología desacoplaba el problema de la defensa del objetivo de la industrialización y construía una nueva unidad programática con las nociones de desarrollo y seguridad. Este proceso se completaba, de acuerdo con Azpiazu et al (1988: 38, 44), con el avance del “capital extranjero industrial” y su capacidad de ejercer “un alto poder oligopólico en los mercados industriales más dinámicos” y con el consecuente desplazamiento de empresas de capital nacional, con especial impacto entre las empresas pequeñas y medianas. Por su parte, O’Donnell ([1982] 2009: 117) caracteriza este momento de la Argentina como “capitalismo extensamente industrializado, dependiente, desequilibrado y profundamente penetrado por el capital transnacional”. Como se verá a continuación, la decisión de comprar la primera central de potencia a la empresa alemana Siemens no parecía ser una excepción a la regla.

Si desde el punto de vista ideológico y sectorial la compra de un reactor de potencia parecía oponerse a este proceso de profundización de la dependencia económica al crear un ámbito de participación de la industria local, desde el punto de vista macroeconómico se trataba de una compra onerosa a una empresa extranjera. Es en esta angosta cornisa donde se consolida una tecnopolítica con fuerte contenido pragmático, que no logra cerrar un sentido más allá de una “lógica” sectorial. El propio Sabato (1973b: 35), arquitecto de la oposición sectorial a esta tendencia, explicaba que comprar o vender una central nuclear de potencia “es mucho más que una simple operación comercial”. Para el país comprador e importador, “porque al hacerlo ingresa a la ‘era nuclear’, con todas sus implicancias y consecuencias políticas, técnicas y socio-culturales”. Y esto también era cierto para el país vendedor y exportador, “porque significa la apertura de un nuevo mercado y también un camino para aumentar la influencia política sobre, y la penetración técnica y socio-cultural en, el país que está comprando”.

171

A estas contradicciones se sumaban algunos conflictos. Si bien se estimaba un nivel de potencia para Atucha entre 500 y 550 MW, de acuerdo con Jorge Sabato, “había en las altas esferas del Gobierno un poderoso grupo, respaldado por la Secretaría de Energía, completamente en contra a cualquier planta nuclear. Solamente después de una dura batalla, se aceptó la idea de una planta de 300 MW de potencia [...]” (Sabato, 1973: 32).

El llamado a ofertas tuvo dos aspectos claves: (1) debido al hecho de que CNEA había decidido por adelantado que no pediría financiamiento a agencias internacionales, tales como el Banco Mundial, el financiamiento propuesto tenía que ser incluido explícitamente en las ofertas de manera detallada; (2) solamente aquellas ofertas que consideraran una intensa participación de la industria local serían tenidas en cuenta (Quihillalt, 1969: 438; Sabato, 1970: 37; Sabato, 1973b: 30-32). A mediados de 1967, 17 ofertas fueron presentadas por compañías francesas, canadienses, americanas y alemanas. SATI organizó un comité para relevar la capacidad industrial y asegurar la participación adecuada de la industria local. La selección favoreció a la

empresa alemana Siemens, que había ofrecido el cien por ciento del financiamiento, incluido los costos locales (Sabato, 1970: 38).

El costo de la planta era de 70 millones de dólares, sin incluir el agua pesada y el combustible. Si se consideraban este y otros puntos adicionales, el costo de la planta ascendía a 105 millones de dólares. Las 300 toneladas de agua pesada serían adquiridas a los Estados Unidos y los elementos combustibles deberían ser fabricados con uranio procesado por CNEA (OIEA, 1969b: 28). Finalmente, el contrato sobre Atucha I fue “semi-llave en mano”, clave tanto para promover la participación de la industria local como para abrir “cajas negras” tecnológicas. Así, se asumió que no habría dominios reservados, lo que hizo posible que, en 1970, CNEA mantuviera dieciséis técnicos en la casa Siemens, en Alemania. “Hay equipos argentinos metidos en todos los recovecos de esta central”, explicaba Sabato (1970: 38).<sup>8</sup>

### Los peligros del desarrollo periférico

La importancia que comenzaba a tener para CNEA la creación de vínculos de colaboración regional resultaba evidente en el envío de científicos e ingenieros argentinos para asistir principalmente, aunque no únicamente, a países de la región. Si la Argentina aspiraba a tener algún protagonismo en la producción y uso de tecnología nuclear era claro que su esfera de influencia inicial debía ser América latina y, en segundo lugar, el resto de los países del entonces llamado Tercer Mundo. Durante la década de 1960, por ejemplo, científicos argentinos viajaron a Paraguay, Bolivia y El Salvador para capacitar científicos y técnicos en aplicaciones médicas de radioisótopos, a Colombia en radioquímica, a Guatemala para introducir el tema de la producción de energía nuclear. En 1967, el ingeniero Humberto Ciancaglini viajó a Irán para colaborar en la construcción y puesta en marcha del primer reactor de investigación de este país. Esta colaboración iba a poner en movimiento una prolongada participación argentina en el desarrollo nuclear de Irán, que llegó hasta comienzos de los años noventa. Finalmente, algún experto argentino también viajó a Paquistán.<sup>9</sup>

La Argentina se encontró entre los firmantes del anteproyecto de resolución titulado “Desnuclearización de la América latina”, presentado y aprobado en la Asamblea General de Naciones Unidas en noviembre de 1963 (Ornstein, 1970: 81-82). Luego de un proceso de negociación de tres años, el 14 de febrero de 1967 se abrió a la firma el Tratado para la Proscripción de las Armas Nucleares en la América latina, conocido como Tratado de Tlatelolco. La Argentina firmó el 27 de septiembre de 1967.<sup>10</sup>

8. La caracterización “semi-llave en mano” fue sugerida al autor por Santiago Harriague.

9. Sobre la colaboración con Irán, puede verse Hurtado (2006).

10. La intención de este tratado era crear una zona libre de armas nucleares, prohibiendo, entre otras cosas, la instalación de bases militares con este tipo de armas.

Desde el mismo día de su aprobación algunos de sus artículos fueron fuente de controversias. No resultaba claro si el tratado autorizaba las “explosiones pacíficas” o si esto ocurriría solamente cuando existiera un mecanismo para distinguirlas de las explosiones con fines bélicos. La segunda interpretación, apoyada por Estados Unidos, significaría la veda de las explosiones pacíficas por tiempo indefinido. Para no dejar dudas de su posición, al suscribir el tratado el gobierno argentino formuló una declaración. Allí sostuvo que el artículo 18 “reconoce el derecho de las partes contratantes a realizar, por sus propios medios o en asociación con terceros, explosiones de dispositivos nucleares con fines pacíficos, inclusive explosiones que presupongan artefactos similares a los empleados en el armamento nuclear”. Una declaración similar efectuó Brasil al firmar el tratado. Finalmente, la Argentina no ratificó su firma (Carasales, 1997: 505-506).

Para poner en contexto la posición diplomática argentina, digamos que en junio de 1957, desde el *Livermore Laboratory* (California), se promovía el diseño de dispositivos nucleares para aplicar en excavación de canales, puertos y embalses, acceso a depósitos minerales y petróleo y la creación de cavernas subterráneas para almacenar fluidos. El reporte semestral de enero de 1958 de la US AEC al Congreso de Estados Unidos describía el proyecto y sugería la aprobación de un programa que se llamaría “*plowshare*” (“Arado”). El nombre tenía su origen en una sentencia bíblica: “Y transformaron sus espadas en arados”. En 1961, US AEC creó la División de Explosivos Nucleares Pacíficos (Hewlett y Holl, 1989: 528-529). Durante los años sesenta, Glenn Seaborg, presidente de la US AEC, propuso que Estados Unidos impulsara explosiones pacíficas de bajo costo para países que no tenían armas nucleares. Según su razonamiento, esto evitaría la proliferación y abriría un mercado internacional de explosiones pacíficas para Estados Unidos que aumentaría la popularidad de la tecnología nuclear y promovería dentro del Congreso de este país el consenso para un aumento de presupuesto para la US AEC (Seaborg, 1987: 350-352).<sup>11</sup>

173

Mientras en Estados Unidos se exploraba la potencialidad comercial de los artefactos nucleares, en julio de 1968 se abrió a la firma el Tratado de No Proliferación de Armas Nucleares (TNP), que fue aprobado por 95 votos a favor, 4 en contra y 21 abstenciones. En este último grupo se encontraba la Argentina, junto con Brasil, India, Israel, Pakistán, Sudáfrica, Francia, Portugal y España, entre otros (OIEA, 1968: 11). José María Ruda, el representante argentino ante Naciones Unidas, expuso en mayo de 1968 el pensamiento argentino respecto del TNP. La abstención se fundamentó en dos consideraciones. La primera, que el TNP congelaba la situación existente, esto es, un panorama internacional con países nucleares y no nucleares. Esto significaba un riesgo a la seguridad de los miembros de la comunidad internacional. La segunda (y central) era la protección del avance tecnológico de los países en desarrollo. Ruda sostuvo ante la Asamblea General que para el gobierno argentino “tiene importancia fundamental que este Tratado pueda suponer en grado alguno, un escollo a nuestro

11. El programa Plowshare realizó en total 41 explosiones atómicas, la mayoría entre 1963 y 1968, y fue cancelado en 1978.

desarrollo económico por una parte y, por la otra, que pueda constituir la base jurídica de una dependencia tecnológica que se ha venido acentuando cada vez más en los últimos tiempos”. Como contraparte, los países nucleares no asumían ningún compromiso concreto. Ruda pronunció una frase que adquirió cierta popularidad: “Este Tratado significa paradójicamente el desarme de los desarmados” (Ruda, 1970: 77, 79). Desde entonces, la Argentina y Brasil repitieron durante más de un cuarto de siglo que el TNP les resultaba inaceptable por su carácter discriminatorio y por violar la igualdad legal de los Estados (Garasino, 1970: 72-74).

### Los laberintos del uranio

El levantamiento de trabajadores y estudiantes producido en Córdoba en mayo de 1969, el “Cordobazo”, llevó a la cúpula militar a destituir, en junio de 1970, a Onganía y a designar en su lugar al general Roberto Levingston. A inicios de 1971, Levingston aprobó los planes para una segunda central de potencia. El agravamiento de los conflictos sociales motivó, sin embargo, la expulsión de Levingston y su reemplazo, en marzo de 1971, por el general Alejandro Lanusse, quien anunció oficialmente que la segunda central de potencia, a un costo aproximado de 150 millones de dólares, sería construida en Río Tercero, provincia de Córdoba (*Nuclear News*, 1971: 60).

En 1972 se desencadenó una discusión que alcanzó amplia difusión pública acerca del tipo de reactor que debía adquirirse para la central de Río Tercero en la que participaron científicos de varias universidades, la Asociación Física Argentina, la Asociación de Profesionales de la Comisión Nacional de Energía Atómica, algunos periódicos y la televisión (Gorenstein y Lezama, 1981: 24; Solingen, 1996: 43). Sabato veía en “el agitado debate que se libra actualmente con referencia al combustible atómico que alimentará a la central de Río Tercero” una “dramática muestra de la vigencia alcanzada por la energía atómica en la Argentina” (Sabato, 1973b).

La evaluación de las ofertas para la segunda central de potencia fue realizada por 80 científicos e ingenieros de CNEA. El dictamen fue elevado al Poder Ejecutivo y la junta de comandantes finalmente decidió a favor de una central que, como Atucha, utilizara uranio natural. Entre los fundamentos de esta decisión se encontraba la disponibilidad de uranio y el énfasis en el incremento de capacidades autónomas en sectores claves de la industria nuclear, entre ellos la manufactura del combustible para las dos centrales de potencia argentinas. En contra de lo que aparecía como una tendencia que favorecía a las centrales de uranio enriquecido -a comienzos de los años setenta, Francia abandonaba, luego de ingentes inversiones a lo largo de más de dos décadas, sus propios desarrollos en uranio natural para pasarse a la línea del uranio enriquecido- la elección a favor del uranio natural se transformaba en un elemento central de la tecnopolítica nuclear argentina. Sin embargo, seguir la opción del uranio natural no significaba que había que cancelar las investigaciones en plutonio o uranio enriquecido (Sabato, 1973c).

Por esos días se extrajo del reactor MZFR del Centro de Investigaciones Atómicas de Karlsruhe (Alemania) el primer elemento combustible de potencia manufacturado



por la División de Metalurgia de CNEA, en colaboración con la empresa argentina SIAM electromecánica. “Se hizo así no porque SIAM tuviera experiencia en metalurgia nuclear (en realidad no tenía ninguna) sino para comenzar a interesar a la industria argentina en lo que va a ser -en pocos años- un gran negocio”, sostenía Sabato (1972: 8).

Poco antes de las elecciones del 11 de marzo de 1973, convocadas por el presidente de facto, se difundió que el consorcio integrado por la empresa estatal canadiense AECL y la italiana Italmimpianti había sido seleccionado para construir en la provincia de Córdoba un reactor tipo CANDU (CANadian Deuterium Uranium) de 600 MW. El 20 de diciembre, CNEA, AECL e Italmimpianti firmaron los contratos por la venta del reactor por 420 millones de dólares. Entre las razones que habían inclinado la balanza a favor de AECL estaba el acuerdo de transferencia de tecnología, que había sido concebido durante el proceso de adjudicación. Canadá se comprometía a asegurar la participación de un 50% de firmas argentinas, y a gestionar la transferencia a CNEA de la tecnología completa de los reactores CANDU -en manos de fabricantes canadienses-, incluyendo la tecnología de fabricación de sus elementos combustibles, y a ceder a CNEA los derechos para el empleo de esta tecnología dentro del territorio argentino sin pago adicional por el uso de licencias, regalías o cualquier otro concepto (*Nuclear Industry*, 1973: 49-50; Quilici, 2008: 8-10).

CNEA impulsó la creación de dos consorcios, NUCLAR y ARGATOM, donde intervenían empresas argentinas de ingeniería y montaje, y acordó con estos consorcios una serie de condiciones para favorecer procesos de aprendizaje en temas como especificaciones y regulaciones sobre calidad en la industria nuclear y tarifas de personal y de alquiler de equipamiento para grandes obras, entre otras cuestiones. En el caso de NUCLAR, integrado por las cinco empresas constructoras más importantes, el objetivo era, de acuerdo a Oscar Wortman, ingeniero que trabajaba en CNEA desde los años cincuenta como miembro del grupo de metalurgia de Sabato, “armar un contratista lo suficientemente fuerte como para competir en el exterior”, estrategia que no había sido empleada hasta ese momento “ni en los programas hidráulicos, ni en los programas ferroviarios, ni en los programas militares”. Wortman comenta que a pesar del “pésimo nivel” de los dirigentes de las empresas que componían NUCLAR y de que “no comparten un objetivo común sino que hay intereses encontrados entre los socios, prácticamente desde el inicio”, el consorcio llegó a cotizar el montaje de una central de la empresa norteamericana *Westinghouse* en Egipto (citado en Quintana, 1995: 136-137).

El peronismo ganó las elecciones y Perón volvió a la Argentina luego de un exilio de 18 años. Iraolagoitia reemplazó a Quihillalt que, después de casi dos décadas al frente de CNEA, se marchó a Irán para trabajar como asesor del programa nuclear iraní (Clarity, 1974: 2). La central Atucha I, luego de varios retrasos en el calendario, entró en operación el 20 de marzo de 1974. SATI había conseguido colocar una lista que representaba el 12% de las órdenes de compra de los ítems electromecánicos y el 90% de la obra civil, lo que permitía concluir que la participación de la industria nacional era de alrededor del 40% (Quilici, 2008: 7).



La explosión nuclear realizada por la India a solo dos meses de la inauguración de Atucha alteró de manera irreversible el panorama. Para “expertos” como Redick (1975: 419-20), el programa nuclear argentino mostraba una “ semejanza perturbadora” con el de la India: ambos países contaban con excelentes cuadros de especialistas; ambos se decidieron por la línea de reactores de uranio natural, la cual presenta, se decía, ventajas militares; finalmente, ambos habían acumulado la cantidad necesaria de experiencia como para no depender de la tecnología extranjera. Y concluía: “[...] es difícil escapar a la conclusión de que cada paso del programa nuclear argentino parece haber sido diseñado para poder pasar rápidamente al desarrollo de armas”.

Este tipo de afirmaciones fueron enfáticamente desmentidas por varios portavoces civiles de CNEA. “No tenemos un programa militar y, lo que es más importante, no podemos tenerlo en este momento”, sostenía públicamente Jorge Cosentino, que estaba a cargo del funcionamiento de la central Atucha I. También Mario Bíncora, al frente de la División de Reactores de CNEA, sostenía: “Lo único que la bomba india hizo por nosotros fue complicar terriblemente nuestras vidas” (Novitski, 1974).

Las presiones políticas se reflejaron de forma inmediata en el cambio de posición canadiense. El ministro de Energía canadiense anunció en diciembre un dramático viraje en la política canadiense de exportación de reactores. El objetivo era introducir exigencias de salvaguardias más rigurosas y renegociar en el nuevo escenario que planteaba la prueba nuclear india.<sup>12</sup> El contrato original firmado con la Argentina aceptaba el compromiso argentino de firmar un acuerdo de salvaguardias con la OIEA. A las nuevas exigencias canadienses, la Argentina respondía, en septiembre de 1974, comprometiéndose a no utilizar tecnología, material o competencias canadienses para producir cualquier tipo de explosivo nuclear. Ahora bien, poco tiempo más tarde Canadá intentó avanzar en un segundo acuerdo, que se proponía renegociar el contrato comercial de Embalse. Para los canadienses, las previsiones del contrato original -que suponían un ajuste máximo del 25% anual, en concepto de inflación, sobre los pagos de la Argentina- resultaban inadecuadas en un contexto hiperinflacionario, que a finales de 1975 alcanzaba una tasa de inflación mensual del 30%. La muerte de Perón a fines de 1974 y la polarización social creciente, que incluía la violencia armada, agregaron nuevos elementos de incertidumbre. Frente a este panorama, la empresa canadiense insistía en la necesidad de protegerse contra las pérdidas adicionales de trabajar en la Argentina (Bratt, 2006: 118-119, 131-132, 135).

A pesar de este complejo panorama, CNEA ya aparecía en el escenario local como una singularidad. A mediados de la década de 1970, Oszlak (1977: 85-86) señalaba que, mientras CNEA se había “fijado como prioridad el desarrollo de una política nuclear”, los programas y planes de trabajo de otras instituciones “no se inscriben por lo general en el marco de una política C&T para sus respectivos sectores”.

12. La noción de salvaguardias se refiere al compromiso de un país de aceptar la sujeción a inspección y control por parte del OIEA. La Argentina aceptaba la inspección sobre las instalaciones adquiridas, pero no sobre todas las instalaciones nucleares argentinas que se hubieran desarrollado autóctonamente.

## Autonomía e industrialización en contexto autoritario y desindustrializador

A mediados de los años setenta el desarrollo nuclear argentino era considerado, detrás de la India, el más avanzado de los países en desarrollo.<sup>13</sup> A partir del golpe militar que expulsó de la presidencia a María Martínez de Perón a fines de marzo de 1976, el desarrollo nuclear comenzó a acelerarse. La economía maltrecha heredada del breve interregno democrático no fue un obstáculo para que el nuevo gobierno de facto anunciara las enormes inversiones que se esperaban concretar en el área nuclear. La nueva dictadura nombró como presidente de CNEA al capitán (más tarde vicealmirante) Carlos Castro Madero, que había egresado de la Escuela Naval, igual que Iraolagoitia y Quihillalt, y se había doctorado en física en el Instituto Balseiro.

En los primeros meses de gestión, Castro Madero sostuvo públicamente que el monto estimado de inversiones en el área nuclear en los próximos diez años iba a ser “del orden de 5500 millones de dólares, de los cuales 3500 millones serán insumos nacionales que deberán ser provistos por el Tesoro Nacional” (Castro Madero, 1976a: 10). También sostuvo que la Argentina ya estaba capacitada para “asumir la responsabilidad de la dirección, construcción, montaje y puesta en operación de las próximas centrales”. El objetivo era liberar cuanto antes al país de los contratos “llave en mano”. Desde el comienzo, la retórica analítica de Castro Madero ponía en un primer plano la necesidad urgente de alcanzar el dominio del ciclo completo del combustible nuclear y la insistencia en la orientación pacífica del programa nuclear argentino. Ahora bien, el hecho de estar al frente del proyecto nuclear de una dictadura genocida iba a debilitar las argumentaciones de Castro Madero, que a lo largo de toda su gestión, igual que en sus escritos posteriores, evitó cualquier alusión a las prácticas de terrorismo de Estado. Trabajaban 4000 personas en CNEA, de las cuales 1900 eran profesionales y técnicos (Castro Madero, 1976; CNEA, 1978: 27).

177

Los anuncios del nuevo presidente de CNEA parecían ir a contramano de la ambiciosa política económica orientada a un perfil de ortodoxia liberal que iniciaba un proceso de “adaptación” compulsiva a las condiciones dominantes en el sistema financiero internacional, que Schvarzer caracteriza por el brusco incremento de la liquidez mundial, que tenía entre sus causas la acelerada transferencia de ingresos por el alza del precio del petróleo y la desaceleración del crecimiento de las economías centrales. A través de enormes costos sociales, sostiene Schvarzer (1998: 34, 39-42), los primeros cinco años de política económica de la dictadura iban a “modificar la estructura de poder económico (y político) en favor de los dueños del dinero y, sobre todo, de aquellos que operan en el mercado financiero”. Una concepción que se presentaba como antiestatista y antiproteccionista se articulaba con la necesidad de ir eliminando del mercado a la “pléyade de pequeñas y medianas empresas” (Pucciarelli, 2004: 113).

Frente a este escenario, el desarrollo nuclear era uno de los focos de tensión dentro de la propia cúpula militar. Como sostiene Sidicaro (1996: 17), desde los comienzos

13. Ver, por ejemplo: Redick (1975).

del gobierno militar coexistieron dos proyectos divergentes. Junto al programa de apertura indiscriminada impulsado por el equipo económico de Martínez de Hoz, aparece una concepción neodesarrollista que continúa asignando un papel estratégico al Estado en la determinación de los objetivos económicos y sociales. En síntesis, en este panorama económico híbrido, como explican Novaro y Palermo (2003: 51-65), la cúpula militar gobernante, a pesar de los enfrentamientos internos, tuvo la capacidad de construir un consenso por el cual los desarrollistas no planteaban una oposición irreductible a las reformas económicas del grupo de Martínez de Hoz y, a cambio, los liberales aprobaban los gastos militares, el sostenimiento de las empresas del Estado y el plan de obras públicas.

En este escenario, el desarrollo nuclear no es una excepción dentro de la nueva configuración de relaciones corporativas entre segmentos del Estado y un sector privilegiado de grandes empresas oligopólicas vinculadas a los capitales transnacionales. Como sostiene Pucciarelli (2004: 113-114), este segmento privilegiado de empresas fue promovido por la proliferación de contratos por la provisión de obras, de bienes, materiales estratégicos y asistencia tecnológica “a las nuevas ramas en expansión monopolizadas por el Estado, tales como la industria bélica, aeronáutica, y nuclear”, además de otros beneficios vinculados a la ley de promoción industrial y el nuevo panorama de negocios relacionado con la valorización financiera.

Así, la transformación traumática del contexto socio-económico, que es condición de posibilidad del salto de escala en la dimensión financiera del programa nuclear, resignificaba el sentido y los objetivos del régimen tecnopolítico nuclear, que en términos ideológicos parecía mantener fijo el rumbo. La consecuencia más visible de esta resignificación fue un desdoblamiento. Por un lado, las grandes obras nucleares impulsadas durante la última dictadura desplazaron el foco desde los objetivos industrialistas, que con la creación del SATI en los años sesenta proponía orientarse principalmente al apoyo de lo que tradicionalmente se conoció como industria nacional -que incluía a las pequeñas y medianas empresas-, hacia el grupo de capitales concentrados privilegiados por su cercanía y funcionalidad al poder de facto y a su capacidad de *lobby* en el ámbito de los capitales transnacionales. Por otro lado, como veremos, algunos de los objetivos delineados en los años sesenta por el régimen tecnopolítico nuclear mantenían su vigencia.

Ahora bien, el complemento necesario de una política económica que inauguraba un proceso acelerado de desindustrialización y precarización laboral fue la construcción de una estructura represiva que se propuso la aplicación a escala nacional de prácticas de terrorismo de Estado. Estas prácticas, que alcanzaron la dimensión de genocidio, tuvieron sus consecuencias en CNEA. Hoy se sabe que, durante el período 1976-1983, veinticinco miembros de CNEA fueron secuestrados, de los cuales 15 figuran hoy en la lista de desaparecidos, y más de doscientos fueron despedidos (CDHPCNEA, 2006).

Desde el plano internacional, los planes iniciales de Castro Madero se vieron obstaculizados por las iniciativas acordadas por los países exportadores de tecnología nuclear contra el desarrollo de planes nucleares de países en desarrollo.

Por iniciativa de los Estados Unidos, se iniciaron en 1974 reuniones secretas de los países exportadores de tecnología nuclear, más tarde conocido como el “Club de Londres” (Redick, 1995: 19). El objetivo explicitado era poner restricciones al comercio de equipos y tecnologías nucleares y evitar que la competencia entre los países exportadores debilitara las salvaguardias. Finalmente, ignorando al OIEA, fueron redactadas en secreto y aprobadas en septiembre de 1977 las llamadas “Pautas de Londres”, aunque finalmente fueron comunicadas al OIEA en notas de enero de 1978 (Hofmann, 1976).

Este proceso acompañó el endurecimiento de la posición de los Estados Unidos. La administración Carter prohibió a proveedores norteamericanos de tecnología nuclear toda venta a países que no hubieran firmado el TNP. A partir de este momento, la administración Carter tendrá como temas centrales de su agenda con la Argentina la cuestión de los derechos humanos y la ratificación de los tratados de no proliferación. Canadá se sumó a la política de presiones de los Estados Unidos, desconociendo los compromisos adquiridos con la Argentina, entre ellos el acuerdo de transferencia de tecnología (Castro Madero y Takacs, 1991: 59-60).

Esto ocurría mientras funcionarios de CNEA, a comienzos de noviembre de 1977, se encontraban firmando un acuerdo con Perú para la construcción de un Centro de Investigación Nuclear en Guarangal, a 35 kilómetros de Lima, que incluía el diseño y construcción de un reactor de investigación de 10 MW. Para Castro Madero, el convenio con Perú era algo inédito en América latina y un ejemplo privilegiado de lo que se entiende por “transferencia horizontal”. Estados Unidos reaccionó al acuerdo negando el uranio enriquecido para que la Argentina pudiera fabricar los elementos combustibles del reactor peruano. Por esos días, Castro Madero sostenía públicamente que resultaba muy difícil “discriminar hasta dónde se trata de evitar la proliferación y hasta dónde se permite que existan monopolios, que existan intereses comerciales o que exista el interés de que algunos países no tengan la posibilidad de desarrollar sus planes autónomos” (Castro Madero, 1978a: 37; 1978b: 5, 7).

Para consternación de la administración Carter, Castro Madero anunció que la Argentina había contratado el año anterior a la empresa TECHINT para comenzar a construir en el Centro Atómico de Ezeiza una planta experimental para reprocesar plutonio, que podría estar terminada a comienzos de los ochenta.<sup>14</sup> Desafiando los esfuerzos de los Estados Unidos para detener este proyecto, Castro Madero afirmaba: “Ahora los Estados Unidos dicen ‘no reprocesen’. Al día siguiente, ellos dirán sí [...] Para un país como el nuestro, toma tiempo desarrollar una nueva tecnología. Por eso estamos planificando llegar preparados a la década de 1990 para estar en posición de decidir por nosotros mismos si reprocesar o no” (Benjamin, 1978: A21).

14. No seguiremos en este trabajo la sinuosa trayectoria del plutonio en la Argentina, tema que no ha sido investigado hasta el presente en profundidad.

A fines de 1978, Castro Madero anunció que ya estaba en construcción en el Centro Atómico Ezeiza una nueva planta que fabricaría los elementos combustibles necesarios para operar Atucha I a partir del uranio natural argentino y, en enero de 1979, el gobierno de facto promulgó un decreto que aprobaba un ambicioso plan nuclear que autorizaba la construcción de cuatro reactores de 600 MW en los próximos veinte años, una planta de producción de agua pesada a escala industrial y, en términos generales, se proponía completar el ciclo del combustible nuclear para 1997. Como consecuencia de estos planes, el presupuesto de CNEA superó al año siguiente los 1000 millones de dólares anuales (Gorenstein y Lezama, 1981: 25; CNEA, 1982: 47; Castro Madero y Takacs, 1991: 102).

En simultáneo con la presentación del nuevo plan nuclear, luego de elaborar una base de datos de proveedores nucleares nacionales, se hizo el llamado a licitación para la tercera central nuclear. En la licitación se especificaba que esta central debía ser de 700 MW, uranio natural y agua pesada. En noviembre de 1979, la compañía alemana KWU ganó el contrato por 1300 millones de dólares para construir Atucha II, mientras que la firma suiza Sulzer Brothers obtuvo el contrato por 300 millones de dólares para construir una planta comercial de agua pesada con una capacidad de producción de 250 toneladas anuales en Arroyito, provincia de Neuquén. A pesar de que la firma canadiense AECL había presentado una oferta comprehensiva para construir tanto el reactor como la planta de producción de agua pesada, Castro Madero sostuvo que, si la AECL hubiera ganado el contrato, el país se habría atado a un solo proveedor y esto “habría afectado la capacidad de la Argentina de desarrollar un programa independiente con un mínimo de posibilidades de interferencias externas” (*Nuclear Engineering International*, 1979). Durante la negociación del contrato se creó la Empresa Nuclear Argentina de Centrales Eléctricas (ENACE), con una participación inicial del 75% de CNEA y el 25% de KWU.<sup>15</sup> Entre los objetivos de esta empresa, estaban la promoción e integración de la industria local alrededor del plan nuclear, la gestión de contratos de transferencia de tecnología, la precalificación de empresas proveedoras.<sup>16</sup>

Durante este período, los ambiciosos planes nucleares de CNEA comenzaron a ser amenazados por la escasez de fondos. El estancamiento económico -a esta altura la deuda externa era de 39.000 millones de dólares- comenzó a tornarse una barrera infranqueable. CNEA tuvo que aceptar un retraso en la construcción de la tercera planta nuclear y de la planta de agua pesada. Como compensación parcial, a mediados de 1982, se produjo un giro en la política norteamericana, cuando el secretario de Energía de la administración Reagan autorizó la exportación a la Argentina de un sistema de control computarizado para ser utilizado en la planta de agua pesada.

15. KWU debía ir disminuyendo su participación en el tiempo hasta que a fines de los años noventa la empresa fuese totalmente de CNEA.

16. Sobre las empresas mixtas creadas por CNEA durante este período, como ENACE, CONUAR y FAE, y sobre la participación de algunas empresas de capital nacional como Industria Mendoza Pescarmona y Pérez Compans, y la forma en que se beneficiaron a partir de las licitaciones vinculadas al plan nuclear, puede verse Quilici (2008).

El gobierno militar, debilitado por la derrota de Malvinas, debió comenzar a negociar el retorno a la democracia. En su último tramo, en mayo de 1983, se inauguró la central de Embalse, con una participación del 51% de empresas nacionales. A fines de octubre, Raúl Alfonsín ganó las elecciones presidenciales y debía asumir la presidencia el 10 de diciembre. En ese momento, el presidente electo recibió la noticia de la existencia de una planta de enriquecimiento de uranio en la Patagonia, que había sido desarrollada en secreto por la empresa INVAP SE -creada a fines de 1976 como desprendimiento de CNEA- con un costo total de 62,5 millones de dólares (Castro Madero y Takacs, 1991: 84-85). La economía argentina padecía entonces una inflación anual del 400%. Alfonsín pidió que se hiciera pública la existencia de esta instalación antes de su asunción.

Cuando Castro Madero anunció, el 18 de noviembre de 1983, que en Pilcaniyeu se había desarrollado la tecnología de enriquecimiento de uranio por difusión gaseosa, la Argentina era considerado el tercer mayor proveedor del mundo de asistencia nuclear a otros países en desarrollo. La noticia del logro tecnológico de Pilcaniyeu tomó a las agencias de inteligencia norteamericanas por sorpresa. “¿Qué clase de tontos emplea la CIA en América latina?”, preguntaba un editorial de la revista inglesa *New Scientist* (1983).<sup>17</sup>

### Una pesada herencia

Si se considera que desde los inicios del gobierno de Raúl Alfonsín la última dictadura estuvo impregnada de un sombrío desprestigio y un repudio casi unánime, como contrapunto es llamativo notar que la cuestión nuclear retornó a la esfera pública con las aristas propias de un tema controvertido, aunque con un sesgo hacia las evaluaciones positivas. Si bien las opiniones relevadas son diversas, las divergencias, con pocas excepciones, acordaban en un punto no menor: la energía nuclear aparecía como la única herencia que podía rescatarse de la última dictadura. De esta forma, las numerosas voces que ganan espacio en la esfera pública durante el retorno a la democracia, que debaten una variedad de posiciones acerca del futuro nuclear del país, ponen de manifiesto la densidad alcanzada por la cultura nuclear.

Desde la arena internacional el retorno a la democracia hizo pensar que se produciría un cambio drástico en la orientación de la política nuclear. Aún antes de asumir la presidencia, Alfonsín había anunciado que crearía una comisión investigadora para revisar en su totalidad el programa nuclear heredado. A fines de diciembre, Castro Madero renunció y asumió el primer presidente civil en la historia de CNEA. Sin embargo, a los pocos meses del retorno a la democracia, la incertidumbre del gobierno norteamericano se ponía en evidencia en las páginas del diario *Wall Street Journal*:

17. Sobre el desarrollo de la tecnología de enriquecimiento de uranio en Pilcaniyeu, puede verse: Hurtado (2009: 16-23).

“La prensa occidental frecuentemente asoció el rechazo a las salvaguardias nucleares completas por parte del régimen militar difunto con el recurrente nacionalismo que dio color a la aventura fallida de las islas Falkland [Malvinas]. Para desgracia de Washington, sin embargo, el gobierno electo de Raúl Alfonsín [...] ha adoptado esencialmente la línea política de sus predecesores militares en esta cuestión” (Leigh, 1984).

A pesar de las enérgicas iniciativas legales y políticas contra la dictadura, el gobierno democrático adoptó una aproximación “autonomista” en la cuestión nuclear que, en sus componentes más importantes, significaba legitimar el régimen tecnopolítico nuclear, si bien respondía a los reclamos externos dando a Cancillería un peso mayor en la definición y manejo de la política nuclear con el objetivo de ganar transparencia y mostrar las intenciones pacíficas (Russell, 1989: 77).

En este escenario, el principal determinante del desarrollo nuclear durante el período presidencial de Raúl Alfonsín fue el contexto de ajuste económico estructural y limitaciones financieras extremas. Los recursos para ciencia y tecnología permanecieron congelados entre 1984 y 1989. Al margen de las intenciones del nuevo gobierno, el endeudamiento externo puso al descubierto que el programa nuclear heredado estaba sobredimensionado para la capacidad económica del país. La carga presupuestaria que significaban las grandes obras en curso -Atucha II, la planta de Arroyito, la planta de reprocesamiento de Ezeiza y la ampliación a escala industrial de la planta de Pilcaniyeu, entre las más onerosas- potenciaba la extrema vulnerabilidad del desarrollo nuclear, que intentaba ser capitalizada por un nuevo contraataque de la diplomacia norteamericana. Según Sheinin (2006: 186), el único “fuerte desacuerdo” entre Estados Unidos y la Argentina durante el gobierno de Alfonsín fue el tema nuclear. Las presiones que padeció la Argentina durante este período fueron decisivas en la determinación del proceso de toma de decisiones en relación con la política exterior argentina.

Los medios de comunicación incluyeron en sus agendas el horizonte incierto del desarrollo nuclear, en algunos casos defendiendo la trayectoria histórica de CNEA (*Clarín*, 1984), dando espacio a la palabra de Castro Madero, que era presentado como “actual consultor de la presidencia” (Castro Madero, 1984), mostrando la posición de la oposición política al gobierno (*Regionales*, 1984), dando la palabra a algunos expertos que opinaban sobre el tipo de decisiones que debían adoptarse (Flegenheimer, 1984) o reproduciendo los dichos del propio Alfonsín sobre la cuestión nuclear (*La Nación*, 1984).

Ahora bien, en este momento también surge un importante movimiento local de resistencia. A fines de septiembre de 1986, CNEA hizo pública la realización de un estudio de prefactibilidad para la construcción de un repositorio de residuos nucleares: “Sierra del Medio, 70 kilómetros al oeste del minúsculo poblado de Gastre [provincia de Chubut], ofrecía el mejor afloramiento granítico para construir el primer Repositorio de Desechos Radiactivos de Alta Actividad del planeta” (citado en Rodríguez Pardo, 2006: 15).



El proyecto se remontaba a la última dictadura. A comienzos de 1982, Castro Madero había anunciado, con la colaboración del Instituto de Investigaciones Mineras de la Universidad Nacional de San Juan, la CNEA se había embarcado, desde 1979, en la identificación de lugares potencialmente aptos para la instalación de repositorios para “los subproductos terminales del ciclo de combustible del Plan Nuclear Argentino” (CNEA, 1983a: 43). A fines de marzo de aquel año, Sabato, que hacía una década que ya no trabajaba en CNEA, sostenía en la prensa que “es importante que la opinión pública sea correctamente informada sobre algunos de sus aspectos significativos y tenga, eventualmente, oportunidad de expresarse al respecto”. Y argumentaba que era necesario “un amplio debate” sobre el tema. Luego de explicar las complejidades del proyecto, afirmaba:

“Pese a mi gran respeto por la competencia técnica de la CNEA, y por su seriedad y responsabilidad, me permito llamar la atención sobre el hecho de que en ningún país democrático se ha podido llegar hasta el momento a una decisión sobre lo que es un lugar seguro y una instalación segura para depositar los residuos nucleares”.

Dado que “no hay una solución técnica probada”, Sabato exponía once interrogantes, entre los que figuraba el tamaño de la instalación. Esta última cuestión era importante, dado que “una cosa es una instalación para servir a un programa de centrales nucleares modesto, como es de la Argentina, con una reducida cantidad de centrales”, y otra muy diferente si fuese a almacenar los residuos de otros países. En cuanto a la necesidad del debate, Sabato aclaraba que “la mera razón técnica de un grupo de profesionales no es un justificativo para un acto autoritario ni tampoco garantía de éxito”. Y finalizaba: “Lo que ocurre es que hace tanto tiempo que vivimos bajo el autoritarismo que hemos terminado por perder no sólo nuestros derechos sino hasta la noción misma de que tenemos derechos”. Ya en democracia, las crecientes movilizaciones de protesta en oposición al “basurero nuclear” lograron paralizar el proyecto a fines de los ochenta. CNEA volvió a la carga en 1994, pero ante la resistencia creciente el gobierno hizo saber que todavía no se había tomado una decisión y que el proyecto había sido detenido (Sabato, 1982; Rodríguez Pardo, 2006).

183

Aceptada la crisis presupuestaria, el eje de la política nuclear del gobierno de Alfonsín se desplazó hacia el fortalecimiento de la colaboración argentino-brasileña. Desde fines de los años sesenta, ambos países compartían la percepción inequívoca de un orden internacional que los relegaba. A pesar de las tensiones vinculadas al derecho sobre los recursos hídricos de ríos compartidos, la Argentina apoyó el derecho de Brasil al acceso de tecnología nuclear avanzada (Redick, 1995: 19-20). Buenos Aires y Brasilia iniciaron finalmente un proceso de construcción de colaboración nuclear bilateral en 1980, cuando ambos países se encontraban bajo dictaduras militares. En noviembre de 1985 se reunieron en Foz de Iguazú los presidentes Alfonsín y Sarney, donde firmaron la “Declaración conjunta sobre política nuclear”. A mediados de julio de 1987, Alfonsín viajó a Bariloche con Sarney para



firmar nuevos documentos de colaboración. El encuentro de los presidentes incluyó la visita a “la ultrasecreta planta de enriquecimiento de uranio” (DyN, 1987). Estos acuerdos excluían el área militar. En 1988 ambos presidentes visitaron la planta de enriquecimiento brasileña en Iperó y la planta de reprocesamiento de plutonio en construcción en Ezeiza. En diciembre de ese año también fue inaugurado el centro nuclear en Perú. Su costo total, incluyendo los caminos de acceso y tendido de líneas de electricidad, fue aproximadamente de 106 millones de dólares (Radicella, 2001: 39-43). En este punto puede pensarse que se terminaba de concretar un giro realista de la tecnopolítica nuclear, que desplazó el centro de gravedad desde la búsqueda del liderazgo regional, presente desde comienzos de los años sesenta, hacia la colaboración con Brasil, a mediano plazo también concebida como un recurso estratégico para la integración regional.

La clara orientación pacífica durante la presidencia de Alfonsín no impidió que las presiones continuaran. En mayo de 1989, el prestigioso *Bulletin of the Atomic Scientists* publicó un artículo titulado “Los peronistas buscan ‘la grandeza nuclear’”. Allí se decía: “Si se puede creer en las encuestas de opinión, el peronismo, movimiento argentino de masas autoritario y xenófobo, retornará al poder en las elecciones del 14 de mayo”. Y agregaba más adelante: “Esto ha renovado la preocupación sobre el desarrollo nuclear en la Argentina, un país con una larga historia de inestabilidad política y nacionalismo militante” (Kessler, 1989: 13).

A pesar de estas afirmaciones, el proceso de integración con Brasil continuó durante la presidencia de Menem y culminó con la concertación del “Acuerdo entre la República Argentina y la República Federativa del Brasil sobre el uso exclusivamente pacífico de la energía nuclear”, firmado en Guadalajara (México) el 18 de julio de 1991. Por medio de este acuerdo, se creaba un sistema común de control de materiales nucleares que se implementaría a través de la Agencia Brasileño-Argentina de Contabilidad y Control de Materiales Nucleares (ABACC). Este proceso se cerraba en Viena con la firma, el 13 de diciembre, de un acuerdo entre los dos gobiernos, la ABACC y al OIEA, para la aplicación de salvaguardias en ambos países (Ornstein, 1998: 133-141).

## Epílogo

Durante los primeros años del gobierno de Menem, por primera vez el régimen tecnopolítico nuclear iba a colisionar frontalmente con la política exterior del nuevo gobierno. Carlos Escudé, uno de los ideólogos de este cambio de rumbo, argumentaba que, como consecuencia de que raramente se explicitan los vínculos entre el modelo de nación y las propuestas de política exterior, “en la democrática Argentina de Alfonsín, pudo haberse adoptado una política dotada de alardes belicistas respecto de Malvinas, a la vez que se continuó aceleradamente con el desarrollo del misil Cóndor 2 y se rehusó ratificar el Tratado de Tlatelolco para la prohibición de armas nucleares en América latina”. Como consecuencia, razonaba Escudé, “este desafío al orden impuesto por las potencias centrales, operado desde la vulnerabilidad argentina, generó graves costos para este país”. Como política exterior para un “país periférico, empobrecido, endeudado y poco relevante para los

intereses vitales de las potencias centrales”, Escudé sostenía que Argentina debía “bajar el nivel de sus confrontaciones políticas con las grandes potencias a prácticamente cero”. Su propuesta era el alineamiento con Estados Unidos fundado en la “aceptación realista del liderazgo norteamericano en el hemisferio occidental” (Escudé, 1992: 20, 24 y 31; énfasis en el original). Como parte de este viraje en la política exterior, la Argentina ratificó finalmente el Tratado de Tlatelolco en agosto de 1992 y firmó el TNP en diciembre de 1994. Para algunos actores relevantes del desarrollo nuclear, este paso significó renunciar a 25 años de coherencia en política nuclear.

La contracara económica del realismo periférico era la reforma estructural, fundada en la apertura de la economía, la desregulación de los mercados -en especial, de los mercados financiero y laboral-, un programa de privatización de las principales empresas públicas y la concesión de los servicios públicos a firmas en su mayoría extranjeras. Al igual que en el resto de las reparticiones públicas, la consigna de “achicamiento del Estado” significó en el área nuclear una traumática reestructuración. Mientras que la planta de agua pesada de Arroyito fue inaugurada en 1993, las obras de Atucha II y la ampliación de Pilcaniyeu finalmente se paralizaron y, por presiones de Estados Unidos, se canceló definitivamente la planta de reprocesamiento de plutonio -que había hibernado entre 1983 y 1991- luego de pagar a TECHINT a lo largo de diez años -en concepto de improductivos de obra y lucro cesante y, en 1993, por la rescisión del contrato- una cifra equivalente a la necesaria para terminar la planta (alrededor de 40 millones de dólares). La operación de las dos centrales de potencia en funcionamiento, Atucha I y Embalse, pasó a depender de la empresa Nucleoeléctrica Argentina SA, creada para ser privatizada, iniciativa que no tendría éxito. También se separaron de CNEA todas las actividades de regulación de la actividad nuclear en el país, creándose para tal fin la Autoridad Regulatoria Nuclear.

185

Mientras que las políticas neoliberales impactaban en forma dramática sobre “CNEA residual”, como se bautizó a la institución que resultó de las anteriores transformaciones, la empresa INVAP -con importante apoyo de CNEA- y el Haut Commissariat a la Recherche, organismo estatal de Argelia, habían firmado en 1988 un acuerdo de asociación tecnológica y a fines de marzo del año siguiente se había inaugurado en aquel país el reactor de investigación e irradiación NUR de 1 MW construido por la empresa argentina. Si bien la trayectoria de INVAP fue difícil y sinuosa -en varias ocasiones estuvo al borde del colapso-, esta transacción fue seguida de una serie de exportaciones de la misma empresa a Cuba, Egipto, India, Irán, Rumania, Siria y Australia (Buch, 1998: 157-201).<sup>18</sup>

Esta capacidad tecnológica, organizacional y política, que hizo posible la construcción de un mercado nuclear de países periféricos, es probablemente el resultado más visible del régimen tecnopolítico nuclear y pone de manifiesto una “lógica” de desarrollo que es el producto histórico de un arduo aprendizaje en la

18. Sobre el desarrollo de la tecnología de enriquecimiento de uranio en Pilcaniyeu, puede verse Hurtado (2009: 16-23). Para un relato exhaustivo sobre la trayectoria de INVAP, ver Versino (2006).

integración y acumulación de competencias de CNEA, INVAP, Cancillería y de diversos organismos del Estado argentino, incluido el Poder Ejecutivo, en un contexto de alta inestabilidad política. En este punto, la cultura nuclear aparece como una condición de posibilidad para la implementación de una tecnopolítica sectorial capaz de traspasar -si bien por corredores estrechos y resignando parte de sus objetivos- los determinantes estructurales e, incluso, de extender su influencia política y sus capacidades a otros sectores, con especial incidencia sobre el sector espacial.

Luego de la crisis de 2001, del derrumbamiento de la matriz neoliberal y del inicio de una política económica que intenta recuperar áreas estratégicas desde el Estado y devolver un papel dinámico primario a la industria nacional -incluyendo a las pequeñas y medianas empresas-, en agosto de 2006, en un contexto de fuerte crecimiento económico, el gobierno argentino anunció la reactivación del sector nuclear y la continuación de las obras de la central Atucha II. En el actual proceso de rápida reestructuración de la comunidad nuclear -en pugna con contradicciones que tienen su raíz en los años noventa y con manifestaciones de resistencia social- es posible ver cómo recobran su vigencia los principales componentes históricos de la tecnopolítica nuclear adaptados al nuevo escenario.

## Agradecimientos

186

El autor desea agradecer a Tomás Buch, Santiago Harriague, Domingo Quilici y Eduardo Santos por los muchos años de intercambio de opiniones e ideas. También transmitir admiración a sus trayectorias y el enorme aprendizaje que surge de ellas.

## Bibliografía

ALEGRÍA, J., CSIK, B., NASIJLETI, E., PAPADÓPULOS, C. y QUIHILLALT, O. (1964): "La contribución de la energía nuclear a la solución del problema energético argentino", *Informe N° 115*. Buenos Aires: CNEA.

ALEGRÍA, J., COLL, J. y SUTER, T. (1972): "Una breve reseña histórica de la CNEA". Mimeo. Buenos Aires: CNEA-P.

AZPIAZU, D., KHAVISSE, M. y BASUALDO, E. (1988): *El nuevo poder económico*. Buenos Aires: Hyspamérica.

BENJAMIN, M. (1978): "Argentina on Threshold Of Nuclear Reprocessing", *Washington Post*, 16 de octubre, pp. A1, A21.

BRATT, D. (2006): *The Politics of CANDU Exports*. Toronto: University of Toronto Press.

- BUCH, T. (1998): "La proyección comercial internacional", en Carasales, J. y Ornstein, R. (coords.): *La cooperación internacional de la Argentina en el campo nuclear*. Buenos Aires: Consejo Argentino para las Relaciones Internacionales, pp. 147-205.
- CARASALES, J. (1997): *De rivales a socios. El proceso de cooperación nuclear entre Argentina y Brasil*. Buenos Aires: Grupo Editor Latinoamericano.
- CASTRO MADERO, C. (1976): "Argentina. Política nuclear", *Estrategia*, No. 42, pp. 42-47.
- CASTRO MADERO, C. (1978a): "Argentina. Situación nuclear actual", *Estrategia*, No. 51, pp. 30-41.
- CASTRO MADERO, C. (1978b): "Proyecto nuclear argentino en América Latina", *Ciencia Nueva*, Vol. 7, No. 38, pp. 2-9.
- CASTRO MADERO, C. (1984a): "El conocimiento científico supera los vaivenes de la política", *La Nación*, 18 de mayo, p. 7.
- CASTRO MADERO, C. y TAKACS, E. (1991): *Política nuclear argentina. ¿Avance o retroceso?* Buenos Aires: Librería "El Ateneo" Editorial.
- CDHPCNEA (2006): "A 30 años del Golpe Militar. Declaración conjunta de la Comisión de Derechos Humanos del Personal de la CNEA, la Asociación de Profesionales de la CNEA, la Asociación de Trabajadores del Estado -CNEA Junta Interna Buenos Aires-, leída en el acto realizado el 22 de marzo en la Sede Central de CNEA". Mimeo.
- CLARÍN (1984): "¿Trabas en el plan nuclear?", 13 de abril.
- CNEA (1959): *Boletín Informativo*, Año 3, No. 4.
- CNEA (1961): *Boletín Informativo*, Año 5, No. 2.
- CNEA (1962): *Boletín Informativo*, Año 6, No. 4.
- CNEA (1967): RA-3. *Reactor de experimentación y producción*. Descripción general. Buenos Aires: CNEA. Folleto.
- CNEA (1970): *Memoria Anual*, Buenos Aires, CNEA.
- CNEA (1978): *Memoria Anual 1976*. Buenos Aires: CNEA.
- CNEA (1982): *Memoria Anual 1980*. Buenos Aires: CNEA.
- COLL, J. y RADICELLA, R. (1998): "Las primeras transferencias de tecnología nuclear y los desarrollos posteriores en el campo de los radioisótopos", en Carasales, J. y Ornstein, R. (coords.): *La cooperación internacional de la Argentina en el campo nuclear*. Buenos Aires: CARI, pp. 95-108.

DYN (1987): "Sarney y Alfonsín firman acuerdos hoy en Bariloche", *Río Negro*, 16 de julio, p. 1.

ESCUDE, C. (1992): *Realismo periférico. Fundamentos para la nueva política exterior argentina*. Buenos Aires: Planeta.

EVANS, P. (1979): *Dependent Capitalism. The Alliance of Multinationals, State, and Local Capital in Brazil*. Princeton: Princeton University Press.

FLEGENHEIMER, J. (1984): "El dedo en la llaga nuclear", *La Prensa*, 19 de enero, p. 6.

GARASINO, L. (1970): "El Tratado de No Proliferación Nuclear. Realidad Presente e Interrogantes", *Estrategia*, No. 9, pp. 65-74.

GORENSTEIN, M. y LEZAMA, R. (1981): "Energía nuclear. ¿Soberanía o dependencia?", *Síntomas*, Año 2, No. 3, pp. 22-28.

HALL, T. y CHASE-DUNN, C. (2006): "Global Social Change in the Long Run", en Chase-Dunn, Ch. y Babones, S. (eds.): *Global Social Change. Historical and Comparative Perspective*. Baltimore: The Johns Hopkins University Press, pp. 33-58.

HECHT, G. (1998): *The Radiance of France. Nuclear Power and National Identity after World War II*. Cambridge, Mass.: The MIT Press.

188

HEWLETT, R. y HOLL, J. (1989): *Atoms for Peace and War, 1953-1961*. Berkeley: University of California Press.

HOFMANN, P. (1976): "Atomic Agency Says It Is Bypassed", *New York Times*, 24 de octubre, p. 20.

HUGHES, T. (1989): "The Evolution of Large Technological Systems", en Bijker, W. y Pinch, T. (eds.): *The Social Construction of Technological Systems*. Cambridge, Mass.: The MIT Press, pp. 51-82.

HURTADO DE MENDOZA, D. (2005): "Autonomy, even regional hegemony: Argentina and the 'hard way' toward its first research reactor (1945-1958)", *Science in Context*, Vol. 18, No. 2, pp. 285-308.

HURTADO, D. (2006): "Breve historia nuclear de Irán", *Ciencia Hoy*, Vol. 16, No. 93, pp. 56-62.

HURTADO, D. (2009): "Periferia y fronteras tecnológicas. Energía nuclear y dictadura militar en la Argentina (1976-1983)", *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, Vol. 5, No. 13, pp. 1-33.

HURTADO, D. y FELD, A. (2010): "La revista Mundo Atómico y la 'nueva Argentina científica'", en Claudio Panella y Guillermo Korn (eds.): *Ideas y debates para la Nueva*

Argentina. *Revistas culturales y políticas del peronismo (1946-1955)*. La Plata: Edulp, pp. 199-228.

OIEA (1962a): "Another Survey in Latin America", *International Atomic Energy Agency Bulletin*, Vol. 4, No. 2, pp. 15-19.

OIEA (1962b): "Assistance to Life Science Studies in Argentina", *International Atomic Energy Agency Bulletin*, Vol. 4, No. 3, pp. 8-9.

OIEA (1968): "How the UN Approved the NPT", *International Atomic Energy Agency Bulletin*, Vol. 10, No. 4, pp. 9-17.

KESSLER, Richard (1989): "Peronists seek 'nuclear greatness'", *Bulletin of the Atomic Scientists*, Vol. 45, No. 4, pp. 13-15.

LA NACIÓN (1965a): "Una central nuclear para el suministro de la electricidad", 27 de enero, p. 1.

LA NACIÓN (1965b): "Factibilidad de una central eléctrica nuclear en el país", 13 de febrero, pp. 1, 3.

LA NACIÓN (1984): "Mensaje con dos direcciones: el frente externo y el local", 12 de mayo, p. 1.

LEIGH, C. (1984): "Washington's Nuclear Policy Bombs Out in Argentina", *Wall Street Journal*, 28 de septiembre; p. 1.

LÓPEZ DÁVALOS, A. y BADINO, N. (2000): *J. A. Balseiro: crónica de una ilusión. Una historia de la física en la Argentina*. México-Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.

MARISCOTTI, M. (1985): *El secreto atómico de Huemul. Crónica del origen de la energía atómica en la Argentina*. Buenos Aires: Sudamericana-Planeta.

MARTÍNEZ VIDAL, C. (1994): "Jorge Alberto Sabato: una vida", en Ciapuscio, H. (comp.): *Repensando la política tecnológica. Homenaje a Jorge A. Sabato*. Buenos Aires: Nueva Visión, pp. 79-102.

MEDHURST, M. (1997): "Atoms for Peace and Nuclear Hegemony: The Rhetorical Structure of a Cold War Campaign", *Armed Forces and Society*, Vol. 23, pp. 574-593.

NEW SCIENTIST (1983): "Why did we not know", Vol. 100, p. 718.

NEW YORK TIMES (1984): "Let Mr. Alfonsín Tame His Tiger", 21 de abril, pp. 1, 18.

NOVITSKI, J. (1974): "Argentina: Nuclear Power", *Washington Post*, 26 de diciembre, p. A20.

NOVARO, M. y PALERMO, V. (2003): *La dictadura militar. 1976/1983*. Buenos Aires, Paidós.

NUCLEAR ENGINEERING INTERNATIONAL (1979): "Kraftwerk Union to build Atucha II", Vol. 24, No. 292, p. 3.

NUCLEAR INDUSTRY (1973): "AECL, After Decade of Frustrations, Sells PHWR to Argentina", Vol. 20, No. 4, pp. 49-50.

NUCLEAR NEWS (1971): "Second Plant Planned", Vol. 14, p. 60.

O'DONNELL, G. [1982] (2009): *El estado burocrático autoritario*. Buenos Aires: Prometeo.

ORDÓÑEZ, J. y SÁNCHEZ-RON, J. (1996): "Nuclear Energy in Spain: From Hiroshima to the Sixties", en Forman, P. y Sánchez-Ron, J. (eds.): *National Military Establishments and the Advancement of Science and Tecnology*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, pp. 185-213.

ORNSTEIN, R. (1970): "La desnuclearización de América Latina", *Estrategia*, No. 9, pp. 81-92.

ORNSTEIN, R. (1998): "La complementación con Brasil", en Carasales, J. y Ornstein, R. (coords.): *La cooperación internacional de la Argentina en el campo nuclear*. Buenos Aires: CARI, pp. 127-146.

OSZLAK, O. (1977): "Política y organización estatal de las actividades científico-técnicas en la Argentina: crítica de modelos y prescripciones corrientes". *Technical Papers Series - No 9, Institute of Latin American Studies, University of Texas, Austin*.

PUCCIARELLI, A. (2004): "La patria contratista. El nuevo discurso liberal de la dictadura encubre una vieja práctica corporativa", en Pucciarelli, A. (ed.): *Empresarios, tecnócratas y militares*. Buenos Aires: Siglo Veintiuno, pp. 99-171.

QUIHILLALT, O. (1967): *Carta del presidente de CNEA a Glenn Seaborg*, Buenos Aires, 27 de mayo. Archivo CNEA.

QUIHILLALT, O. (1969): "La central nuclear en Atucha", *Ciencia e Investigación*, Vol. 25, No. 10, pp. 435-446.

QUILICI, D. (2008): "Desarrollo de proveedores para la industria nuclear argentina. Visión desde las Centrales Nucleares", *H-industri@*, Año 2, No. 2, pp. 1-23.

QUINTANA, G. (1995): "Gastos en inversión en el sector nuclear: gestión y organización", en *Análisis de instituciones científicas y tecnológicas. La Comisión Nacional de Energía Atómica*. Buenos Aires: UBA, pp. 133-165.

- RADICELLA, R. (2001): "Peruvian Project", en Roberto Ornstein (coord.), *Argentina as an exporter of nuclear technology. Past, present and future*. Buenos Aires: CARI.
- RECONDO, E. (1995): "Investigación científica, desarrollo tecnológico: extensión y servicios", en *Análisis de instituciones científicas y tecnológicas*. La Comisión Nacional de Energía Atómica. Buenos Aires: UBA, pp. 29-41.
- REDICK, J. (1975): "Regional Nuclear Arms Control in Latin America", *International Organization*, Vol. 29, No. 2, pp. 415-445.
- REDICK, J. (1995): "Nuclear Illusions: Argentina and Brasil", *Occasional Paper No 25*. Washington: The Henry Stimson Center.
- REGIONALES (1984): "Repercusiones del documento sobre la desnuclearización", 19 de octubre, p. 8.
- RODRIGUEZ PARDO, J. (2006): *En la Patagonia No. Crónica de la epopeya antinuclear de Gastre. Veinte años de movilizaciones que impidieron el basurero atómico en Chubut*. El Bolsón.
- RUDA, J. (1970): "La posición argentina en cuanto al Tratado sobre la No Proliferación de las Armas Nucleares", *Estrategia*, No. 9, pp. 75-80.
- RUSSELL, R. (1989): "La posición argentina frente al desarme, la no proliferación y el uso pacífico de la energía nuclear", en *Desarme y desarrollo*. Buenos Aires: Fundación Arturo Illia y Grupo Editor Latinoamericano, pp. 53-82.
- RUSSELL, R. y TOKATLIAN, J. (2003): "From Antagonistic Autonomy to Relational Autonomy: A Theoretical Reflection from the Southern Cone", *Latin American Politics and Society*, Vol. 45, No. 1, pp. 1-24.
- SABATO, J. (1964): "Plan de actividades del Departamento de Metalurgia de la Comisión Nacional de Energía Atómica, Argentina", *Conferencia de Expertos Latinoamericanos en Metalurgia de Transformación*. Buenos Aires: CNEA-OEA-INTI-US Air Force Office of Scientific Research, agosto 18-23.
- SABATO, J. (1970): "Para el prontuario del Plan Nuclear Argentino", *Ciencia Nueva*, Año 1, No. 1, pp. 32-46.
- SABATO, J. (1972): "Quince años de metalurgia en la Comisión Nacional de Energía Atómica", *Ciencia Nueva*, Año 3, No. 15, pp. 7-15.
- SABATO, J. (1973a): "La mayoría de edad", *Visión*, 24 de marzo, pp. 28-36.
- SABATO, J. (1973b): "Atomic Energy in Argentina: a Case Study", *World Development*, Vol. 1, num. 8, pp. 23-38.



SABATO, J. (1973c): "Uranio natural. La independencia tecnológica merece esfuerzos y sacrificios", *El Cronista Comercial*, 16 de marzo, p. 7.

SABATO, J. (1983): "El misterio atómico", pp. 138-141. En: *Ensayos con Humor*. Buenos Aires: Ediciones de la Urraca.

SCHVARZER, J. (1998): *Implantación de un modelo económico. La experiencia argentina entre 1975 y el 2000*. Buenos Aires: A-Z Editora.

SEABORG, G. y LOEB, B. (1987): *Stemming the Tide. Arms Control in the Johnson Years*. Lexington: Lexington Books.

SHEININ, D. (2006): *Argentina and the United States: An Alliance Contained*. Athens, Georgia: The University of Georgia Press.

SIDICARO, R. (1996): "El régimen autoritario de 1976: refundación frustrada y contrarrevolución exitosa", en Quiroga, H. y Tcach, C. (comps.): *A veinte años del golpe. Con memoria democrática*. Rosario: Homo Sapiens, pp. 9-25.

SOLINGEN, E. (1996): *Industrial Policy, Technology, and International Bargaining: Designing Nuclear Industries in Argentina and Brazil*. Stanford, CA: Stanford University Press.

192 VERSINO, M. (2006): "Análise sócio-técnica de procesos de produção de tecnologías intensivas em conhecimento em países subdesenvolvidos. A trajetória de uma empresa nuclear e espacial argentina (1970-2000)". *Tesis de doctorado, Pós-Graduação em Política Científica e Tecnológica*, UNICAMP, Campinas.

WALLERSTEIN, I. (1974): "The Rise and Future Demise of the World Capitalist System: Concepts for Comparative Analyses", *Comparative Studies in Society and History*, No. 4, Vol. 16, pp. 387-415.

WORTMAN, O. (1996): "Sabato y la industria argentina", pp. 23-32. En: *Sabato en CNEA*. Buenos Aires: CNEA.

RESEÑAS BIBLIOGRÁFICAS

*CS*

## Cogitamus: seis cartas sobre las humanidades científicas

**Bruno Latour**

Buenos Aires, Paidós, 2012, 200 páginas

Por **Juan Manuel Heredia** \*

Con el telón de fondo de un problema híbrido que concierne a todo el mundo (la crisis ecológica) y ambientado en la perplejidad producida por la última Cumbre sobre Cambio Climático (Copenhague, 2009), Bruno Latour pone a prueba su aparato teórico y busca introducir al gran público en lo que denomina “epistemología política” o, también, “humanidades científicas”.

Con tono amigable y espíritu pragmático, el libro discurre sobre diversos temas de actualidad destacando en cada caso la imbricación compleja entre ciencia, técnica y política, y poniendo en juego una batería de nociones caras al proyecto teórico del autor (traducción, red, controversia, prueba, portavoz). A diferencia de la insolencia y el desenfado irónico que caracterizan la estilística de *Reensamblar lo social* (2008), *Cogitamus* aparece como una introducción amable, didáctica e incluso humorística a su epistemología, siendo el lugar de enunciación no ya aquel del joven que irrumpe agresivamente en el campo de la teoría social y pateo el tablero, sino el de un docente dedicado y cordial, aplomado en sus saberes y deseoso de transmitirlos con sencillez a las nuevas generaciones.

195

La trama del libro se estructura en seis cartas que el profesor Latour envía a una estudiante de posgrado, una joven alemana angustiada por la problemática ecológica que por diversas razones no puede asistir a sus clases. Habiendo bosquejado las premisas tonales y afectivas que envuelven al libro, podemos pasar ahora a desglosar algunos de los contenidos que van adjuntos en cada epístola. Ya en su *Primera carta* Latour deja planteado el problema en torno al cual gravitará su argumentación: cuestionar la idea de autonomía de las ciencias y las técnicas, desmontar la distinción rígida entre ciencia y política, entre cuestiones de hecho y cuestiones de interés, entre naturaleza y cultura. Junto a este movimiento negativo y crítico, el autor irá introduciendo una serie de conceptos operativos que, a la postre, terminarán dando

\* Licenciado en Filosofía por la Universidad de Buenos Aires, Argentina. Doctorando en Filosofía (UBA-IIGG-CONICET). Correo electrónico: herediajuanmanuel@gmail.com.

forma al aparato ontológico y metodológico de su epistemología política. Asimismo, hay que señalar dos gestos de carácter general que acompañan la argumentación postal de Latour. Por un lado, todas las epístolas se abren con diversos fragmentos y recortes que constituyen lo que el autor llama “cuaderno de bitácora”, esto es, noticias aparecidas en distintos periódicos y revistas, que son expresivas de problemáticas híbridas en donde los límites entre ciencia, tecnología y política no pueden ser demarcados con claridad. Por otro lado, las tres primeras cartas complementan la argumentación con diagramas y figuras que buscan ofrecer una representación gráfica de la dinámica relacional que caracteriza a la teoría del actor-red.

En su *Primera carta*, Latour introduce las nociones de “rodeo” (traducción), “composición” (red) e “interesamiento”, poniéndolas a prueba en el análisis de un episodio célebre de la historia de las ciencias: la relación de Arquímedes (el científico) y Hierón (el político). Latour cartografía este encuentro mostrando cómo, partiendo de intereses diversos ambos, personajes realizan un rodeo (Arquímedes traduce sus descubrimientos físicos a una estrategia de defensa político-militar, Hierón traduce sus necesidades prácticas al lenguaje de la geometría) y, asociando sus fuerzas, componen un agenciamiento para defender a Siracusa de los soldados romanos. El mismo esquema secuencial (heterogeneidad/traducción/red/entidad) le sirve para explicar el surgimiento de la píldora anticonceptiva: una multiplicidad de “interesamientos” dispersos (una militante feminista, una viuda dotada de una ingente fortuna, un químico y un conjunto de moléculas llamadas “esteroides”, entre otros) comienzan a entrelazarse a partir de traducciones y rodeos multívocos que finalmente componen un sistema de relaciones y se cristalizan en una píldora. En ambos casos, el proceso revela que la pregunta por el quién de la acción se desplaza y da lugar a un análisis empírico sobre cómo las relaciones generan compuestos y agenciamientos. La cuestión filosófica es: dada una multiplicidad de elementos y entes heterogéneos, ¿cómo se componen entre sí y establecen relaciones co-funcionales? ¿Mediante qué procedimientos y condiciones se mantienen dichos ensamblajes? Es a partir de esas preguntas, y sin prejuzgar sobre la naturaleza de los elementos asociados, que se puede comprender la heterogénesis que ofrece el autor.

En su *Segunda carta*, Latour evoca ese instante de todos en que la computadora falla y nos obliga a realizar una serie de rodeos y sustituciones para suplir, con nuevas relaciones, la interrupción de un componente de nuestro sistema sociotécnico. La situación da lugar a una reflexión sobre los objetos técnicos, su carácter dinámico y su capacidad de agencia, así como a una indagación sobre la procedencia vital de la técnica. En este camino, nos topamos con los babuinos de Kenia (“primates separados de nosotros por veinticinco millones de años”) y admiramos su compleja sociología de relaciones; nos encontramos a Ötzi (“Hombre de las nieves de cinco mil años”), reflexionamos en torno a los objetos técnicos que porta y, comparándolos con los nuestros, llegamos a intuir la historia de la ciencia y de la técnica como una multiplicación de rodeos, sustituciones y traducciones, instancia que nos permite medir cualitativamente nuestro co-funcionamiento actual con redes técnicas y la magnitud de daño que implica, por ejemplo, una computadora rota o, peor aún, un corte de luz. Toda la argumentación, entonces, se orienta a demostrar que la historia de las técnicas es sinónima de la historia humana y que la supuesta autonomía que

goza la ciencia en la literatura sobre su historia y sus prácticas, no es más que una abstracción de penosas consecuencias. En este movimiento, Latour perfila dos tendencias, por un lado, el relato de emancipación y de modernización y, por el otro, el relato de correlación y ecologización. Dos relatos hasta ahora divergentes, que es necesario reensamblar para lograr una historia pragmática que reconstruya los vínculos de las personas con las cosas y, por qué no, dé lugar a una nueva constitución que reúna al parlamento de los hombres con el parlamento de las cosas.

En su *Tercera Carta*, el autor aborda la cuestión del lenguaje y, analizando la lógica de producción, circulación y traducción de enunciados en la ciencia, busca poner de manifiesto las aporías en las que cae la distinción clásica entre retórica y demostración científica. En este punto, introduce el concepto de controversia y, con veta nietzscheana, busca demostrar que todo enunciado considerado como “hecho” científico no es más que el resultado naturalizado de un conjunto de discusiones y debates que han logrado estabilizarse en torno de un enunciado o una fórmula. En este movimiento, presenta la noción de elocuencia como el arte de hablar bien, tanto de las personas (retórica) cuanto de las cosas (demostración), y subraya las estrategias de persuasión y de fuerza (esto es, la movilización de aliados) que signarían ambas ramas de la elocuencia. De esta argumentación se desprenden dos conclusiones, por un lado, que las llamadas cuestiones de hecho siempre encubren cuestiones de interés y, por otro lado, que a partir de esta reconstrucción de la formación controversial de enunciados científicos queda claro que dicho proceso nunca implica un Cogito individual sino un *Cogitamus* colectivo.

La *Cuarta carta* se inicia cuestionando las tesis de Alexandre Koyré. Se busca demostrar que no hemos pasado de un mundo cerrado a un universo infinito sino que pasamos de un cosmos a otro cosmos “en el cual los seres antiguos, tanto como los nuevos, habrían sido reacomodados en forma gradual” (2012: 110). En este movimiento, Latour propone el concepto operativo y descriptivo de cosmograma, el cual nos permitiría establecer una cartografía de las asociaciones y controversias sin recaer en los dualismos modernos (humano/no humano, cultura/naturaleza, racionalidad/irracionalidad, etc.). En el curso de esta argumentación veremos el rol clave que Latour asigna a los laboratorios en el relato del *Cogitamus* y, en torno de aquellos, redescubriremos los gestos de Galileo, de Robert Boyle y del relojero John Harrison quien, a partir de una serie de rodeos y traducciones, logra inventar un cronómetro marino y obliga a la flota inglesa en su totalidad a estar mediada por su laboratorio. La epístola se cierra con un análisis de las meditaciones cartesianas y, cuestionando las consecuencias derivadas de la noción de res extensa, promete que la epistemología política del Cogitamus nos permitirá “volver a la razón, a las cosas, a las materias, al realismo”.

En la *Quinta carta*, Latour aborda a la filosofía de las ciencias de Karl Popper y busca demostrar las insuficiencias y aporías a las que conduce su célebre criterio de Demarcación entre ciencia y política, hechos y valores, expertos y activistas. En este movimiento, el autor lleva el análisis al caso del cambio climático (el climagate) y demuestra cómo en dicha controversia las divergencias entre científicos, políticos, públicos e instituciones híbridas ponen en crisis la división del trabajo planteada por Popper y revelan la disfuncionalidad de su criterio. Como resolución, Latour propone

otro criterio de demarcación (con minúscula) que permita registrar y cartografiar cosmogramas para, desplegando los encadenamientos y ensamblajes implicados en cada uno de ellos, abocarnos luego a la tarea política de composición y reensamblaje de mundos (cosmopolítica). De aquí que, recapitulando las epístolas previas, Latour afirme “Del cogito no puede deducirse nada, ni siquiera que “existo”. Pero, del cogitamus puede deducirse todo, por lo menos, todo aquello que importa para la composición progresiva de un mundo que habremos finalmente pensado, pesado y calculado en común. *Cogitamus ergo sumus*. “Pensamos”, luego estamos embarcados en común en un mundo que aún hace falta componer” (2012: 166). Aquí se plantea la dimensión política del proyecto latouriano: hay que comenzar postulando una multiplicidad y una heterogeneidad para luego indagar los procedimientos específicos a partir de los cuales se constituyen e individualizan los grupos, los colectivos y los ensamblajes. Sólo comprendiendo esos procedimientos se puede contribuir políticamente a unir lo que está disperso y a preservar lo que tiende a disgregarse. Flaco favor se le hace a la política postulando unidades ficticias y reconciliando en el papel lo que está disperso en la superficie. En este punto, la propuesta de Latour se encuentra en las antípodas de la deconstrucción y del estructuralismo.

En su última carta, el autor analiza los distintos sentidos que se desprenden del “adjetivo” científico y se dedica luego a demoler la idea de continuidad que va implícita en la *res extensa* y en la concepción moderna de la naturaleza. Nuevamente, el gesto de esta epistemología política es afirmar que lo dado es la discontinuidad y la heterogeneidad de cosmogramas, la “continuidad” no puede ser más que el resultado de una composición: “Toda la política de este siglo depende de esta pregunta: ¿cómo podemos unificar lentamente lo que el esquema de la naturaleza unificó prematuramente?” (2012: 176). Con esta idea, reinterpreta a Darwin como portavoz de la discontinuidad que la naturaleza revela entre generación y generación, y se demora en la consideración del biólogo estonio-alemán Jacob von Uexküll. Este último, creador del concepto de medio ambiente (*umwelt*) y precursor de la perspectiva ecológica, le permite demostrar que cada viviente posee un mundo propio de significados, un mundo circundante específico en el cual la oposición entre lo objetivo y lo subjetivo pierde sentido, pues todo animal se haya inmerso en un cosmograma propio donde enlaza significados y operaciones -“No hay espacio independiente de los sujetos”, la *res extensa* es una ensoñación del pensamiento. A partir de aquí, la naturaleza aparece como una multiplicidad de mundos, cada uno con su especificidad cualitativa, y se aleja de la idea moderna según la cual el mundo es un espacio homogéneo, un continente igual a sí mismo donde sólo es posible contar contenidos. En esta lucha contra la continuidad de la *res extensa* también encuentran lugar Newton, la controversia sobre el éter, Einstein e incluso el film *Avatar*.

Como diría Deleuze, se trata de un libro de filosofía popular, una filosofía *pop* que, lejos de simular profundidad, ofrece una batería de nociones operativas para reensamblarnos con el mundo y componer la realidad de lo colectivo.

## RECEPCIÓN DE COLABORACIONES

- a. El trabajo deberá ser presentado en formato electrónico, indicando a qué sección estaría destinado.
- b. Los textos deben ser remitidos en formato de hoja A4, fuente Arial, cuerpo 12. La extensión total de los trabajos destinados a las secciones de Dossier y Artículos no podrá superar las 20.000 palabras. Para los trabajos destinados a la sección Foro CTS, la extensión no deberá ser mayor a 4.000 palabras. En el caso de los textos para la sección Reseñas bibliográficas, la longitud no podrá ser superior a 2.000 palabras.
- c. El trabajo debe incluir un resumen en su idioma de origen y en inglés, de no más de 200 palabras. Asimismo, deben incluirse hasta 4 palabras clave.
- d. En caso de que el trabajo incluya gráficos, cuadros o imágenes, éstos deben ser numerados y enviados en archivos adjuntos. En el texto se debe indicar claramente la ubicación que debe darse a estos materiales.
- e. Las notas aclaratorias deben ser incluidas al pie de página, siendo numeradas correlativamente.
- f. Las referencias bibliográficas en el cuerpo del texto solamente incluirán nombre y apellido del autor, año de publicación y número de página.
- g. La bibliografía completa debe ordenarse alfabéticamente al final del texto, con el siguiente criterio: 1) apellido (mayúscula) y nombre del autor; 2) año de publicación, entre paréntesis; 3) título de la obra (en bastardilla en caso de que se trate de un libro o manual, y entre comillas si se trata de artículos en libros o revistas. En este caso, el nombre del libro o la revista irá en bastardilla); 4) editorial; 5) ciudad; y 6) número de página.
- h. Los datos del autor deben incluir su nombre y apellido, título académico, institución en la cual se desempeña y cargo, país y correo electrónico.
- i. La Secretaría Editorial puede solicitar al autor la revisión de cualquier aspecto del artículo que no se ajuste a estas disposiciones, como paso previo a su remisión al comité evaluador.

j. Los trabajos serán evaluados por un comité de pares evaluadores que dictaminará sobre la calidad, pertinencia y originalidad del material. Las evaluaciones podrán ser de tres tipos: a) Aprobado para su publicación; b) No apto para su publicación; y c) Aprobado condicional. Este último caso implica que los pares evaluadores consideran que el material podría ser objeto de publicación si se le realizan determinadas correcciones contempladas en el Informe. El autor podrá aceptar -o no- dicha sugerencia, aunque el rechazo de la misma implicaría la negativa a publicar el material. En caso de que el autor acepte revisar el material según los criterios indicados, éste se sometería nuevamente a una revisión por pares.

k. La Secretaría Editorial notificará al autor los resultados del proceso de evaluación correspondientes.

Los trabajos deben ser enviados a [secretaria@revistacts.net](mailto:secretaria@revistacts.net)



## Suscripción anual



Solicito por este medio la suscripción anual (3 números) a la Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad - CTS.

### Datos del suscriptor

Nombre y Apellido: \_\_\_\_\_

Institución: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

Código Postal: \_\_\_\_\_ Ciudad: \_\_\_\_\_

País: \_\_\_\_\_

Teléfono: \_\_\_\_\_ Fax: \_\_\_\_\_

Correo electrónico: \_\_\_\_\_

Forma de pago (marque con una X):

Depósito

Giro postal dirigido a nombre de la Asociación Civil Grupo Redes

201

### Para suscripciones desde Argentina

Redes. Centro de Estudios sobre Ciencia, Desarrollo y Educación Superior

Datos de la cuenta:

Banco: Santander Río, sucursal 421

Número de cuenta: 421- 000000215

CBU: 0720421420000000002154

Titular: Centro REDES

Referencia: [incluir el nombre del suscriptor o comprador]

Enviar esta ficha a:

Redes. Centro de Estudios sobre Ciencia, Desarrollo y  
Educación Superior

Mansilla 2698, piso 2

C1425BPD Buenos Aires, Argentina

Teléfono y fax: (54 11) 4963 7878 / 4963 8811

Correo electrónico: secretaria@revistacts.net

Precio anual de suscripción: \$ 60

Gasto anual de envío: \$ 12

corte y envíe

## Para suscripciones desde el resto de América y España

Organización de Estados Iberoamericanos (OEI)

Datos de la cuenta:

Titular: Organización de Estados Iberoamericanos (OEI)  
Referencia: Revista CTS  
Banco: La Caixa, oficina 2957 (Mota del Cuervo 31, 28043  
Madrid, España)  
Cuenta: 2100 2957 01 0200025339

Enviar esta ficha a:

Publicaciones de la Organización de Estados  
Iberoamericanos (OEI)  
Bravo Murillo 38  
28015 Madrid, España  
Teléfono: (34) 91 594 43 82  
Fax: (34) 91 594 32 86

Precio anual de suscripción individual: € 25 / U\$S 30

Precio anual de suscripción institucional: € 40 / U\$S 47

Gasto anual de envío: España € 9 / Resto de América U\$S 57

202

## Para suscripciones desde España y resto de Europa

Instituto de Estudios de la Ciencia y la Tecnología. Universidad de Salamanca

Datos de la cuenta:

Titular: Fundación General de la Universidad de Salamanca.  
Referencia: Instituto de Estudios de la Ciencia y la Tecnología  
Banco: Santander Central Hispano  
IBAN: ES08 0049 1843 4621 1018 6226  
SWIFT: BSCHEMM

Enviar esta ficha a:

Instituto ECYT - Universidad de Salamanca  
Proyecto Novatores  
Colegio de Oviedo. C/ Alfonso X, s/n  
Campus Miguel de Unamuno  
37007 Salamanca (España)  
Teléfono: (34) 923 29 48 34  
Fax: (34) 923 29 48 35

Precio anual de suscripción individual: € 25

Precio anual de suscripción institucional: € 40

Gasto anual de envío: España € 9 / Resto de Europa € 27



**Solicitud por número**

Solicito por este medio el envío de los siguientes números de la Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad - CTS:

Número:  
Ejemplares (cantidad):

Número:  
Ejemplares (cantidad):

Número:  
Ejemplares (cantidad):

**Datos del solicitante**

Nombre y Apellido: \_\_\_\_\_

Institución: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

Código Postal: \_\_\_\_\_ Ciudad: \_\_\_\_\_

País: \_\_\_\_\_

Teléfono: \_\_\_\_\_ Fax: \_\_\_\_\_

Correo electrónico: \_\_\_\_\_

Forma de pago (marque con una X):

Depósito

Giro postal dirigido a nombre de la Asociación Civil Grupo Redes

**Para suscripciones desde Argentina**

Redes. Centro de Estudios sobre Ciencia, Desarrollo y Educación Superior

Datos de la cuenta:

Banco: Santander Río, sucursal 421

Número de cuenta: 421- 000000215

CBU: 0720421420000000002154

Titular: Centro REDES

Referencia: [incluir el nombre del suscriptor o comprador]

Enviar esta ficha a:

Redes. Centro de Estudios sobre Ciencia, Desarrollo y  
Educación Superior  
Mansilla 2698, piso 2  
C1425BPD Buenos Aires, Argentina  
Teléfono y fax: (54 11) 4963 7878 / 4963 8811  
Correo electrónico: secretaria@revistacts.net

Precio por ejemplar: \$ 25

Gastos de envío (por ejemplar): \$ 4

### Para solicitudes desde el resto de América y España

Organización de Estados Iberoamericanos (OEI)

Datos de la cuenta:

Titular: Organización de Estados Iberoamericanos (OEI)  
Banco: La Caixa, oficina 2957 (Mota del Cuervo 31, 28043  
Madrid, España)  
Cuenta: 2100 2957 01 0200025339

Enviar esta ficha a:

Publicaciones de la Organización de Estados  
Iberoamericanos (OEI)  
Bravo Murillo 38  
28015 Madrid, España  
Teléfono: (34) 91 594 43 82  
Fax: (34) 91 594 32 86

Precio por ejemplar: € 10 / U\$S 12

Gastos de envío (por ejemplar): España € 3 / Resto de América U\$S 19

### Para solicitudes desde España y resto de Europa

Instituto de Estudios de la Ciencia y la Tecnología. Universidad de Salamanca

Datos de la cuenta:

Titular: Fundación General de la Universidad de Salamanca.  
Referencia: Instituto de Estudios de la Ciencia y la Tecnología  
Banco: Santander Central Hispano  
IBAN: ES08 0049 1843 4621 1018 6226  
SWIFT: BSCHEM33

Enviar esta ficha a:

Instituto ECYT - Universidad de Salamanca  
Proyecto Novatores  
Colegio de Oviedo. C/ Alfonso X, s/n  
Campus Miguel de Unamuno  
37007 Salamanca (España)  
Teléfono: (34) 923 29 48 34  
Fax: (34) 923 29 48 35

Precio por ejemplar: €10

Gastos de envío (por ejemplar): España € 3 / Resto de Europa € 9

**Solicitud de compra de ejemplares o suscripciones desde Argentina con tarjeta de crédito Mastercard**

**Datos personales**

Apellido: \_\_\_\_\_

Nombre completo: \_\_\_\_\_

Institución: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

Código Postal: \_\_\_\_\_ Ciudad: \_\_\_\_\_

Dirección para envíos postales (\*): \_\_\_\_\_

Código Postal: \_\_\_\_\_ Ciudad: \_\_\_\_\_

(\*) Completar únicamente si es diferente a la otra dirección

Teléfono de contacto: \_\_\_\_\_ Fax: \_\_\_\_\_

Correo electrónico: \_\_\_\_\_

**Datos de la tarjeta Mastercard**

Nº de tarjeta: \_\_\_\_\_

Fecha de emisión: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ Fecha de vencimiento: \_\_\_\_ / \_\_\_\_

205

Solicito que se debite de mi tarjeta de crédito MASTERCARD N° \_\_\_\_\_, fecha de emisión \_\_\_\_ / \_\_\_\_, fecha de vencimiento \_\_\_\_ / \_\_\_\_, la suma correspondiente a (marcar con una cruz):

- 1 ejemplar de la Revista CTS (\$ 29) [incluye envío postal]
- 1 suscripción anual a la Revista CTS (\$ 72) [incluye envío postal]
  
- 1 ejemplar de la Revista CTS (\$ 25) [NO incluye envío postal] (\*\*)
- 1 suscripción anual a la Revista CTS (\$ 60) [NO incluye envío postal] (\*\*)

(\*\*) Retiro el/los ejemplar/es personalmente en la Secretaría Editorial de la Revista (ver dirección al pie de este formulario)

Firma: \_\_\_\_\_

Aclaración: \_\_\_\_\_

**Enviar esta solicitud únicamente por fax o correo postal a:**

Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad - CTS  
Secretaría Editorial  
Redes. Centro de Estudios sobre Ciencia, Desarrollo y Educación Superior  
Mansilla 2698, piso 2 \_ C1425BPD Buenos Aires, Argentina  
Fax: (54 11) 4963 7878 / 4963 8811

Se terminó de imprimir  
en  
**Buenos Aires, Argentina**  
en Agosto de 2012