

O desenvolvimento nuclear do Brasil: revisão histórica**El desarrollo nuclear de Brasil: reseña histórica¹****Nuclear development in Brazil: a historical review****Adela Cubillos Meza²****Resumo**

O desenvolvimento nuclear no Brasil, atingiu hoje foi o resultado de vários fatores, incluindo o estado da ciência e da cooperação tecnológica entre as potências da Guerra Fria e da vontade política de seus governantes que visualizou o desenvolvimento de energia nuclear para fins pacíficos, como um trampolim para o progresso econômico nacional.

Este artigo descreve, a partir de uma perspectiva histórica, os fatores que permitiram que o Brasil atingir esse nível de desenvolvimento nuclear, bem como os obstáculos que tem enfrentado contra as potências nucleares, a sua posição sobre o Tratado de Não-Proliferação Nuclear e objetivos e as realizações da sua política nuclear.

Palavras-chave: Brasil, política nuclear, o desenvolvimento nuclear.

Resumen

El desarrollo nuclear de Brasil alcanzado el día de hoy fue producto de diversos factores, entre ellos, el estado de la ciencia y la tecnología, la cooperación de las potencias de la Guerra Fría y la voluntad política de sus gobernantes que visualizaron el desarrollo de la energía nuclear con fines pacíficos, como un trampolín hacia el progreso económico de la nación.

En este artículos se describe, desde una perspectiva histórica, aquellos factores que permitieron a Brasil alcanzar este nivel de desarrollo nuclear, así como también los obstáculos que ha debido enfrentar frente a las potencias nucleares, su postura frente al Tratado de No Proliferación Nuclear y los objetivos y logros de su política nuclear.

Palabras claves: Brasil, política nuclear, desarrollo nuclear.

¹ Este artículo forma parte de la Tesis Doctoral “*La Energía Nuclear en Chile: Un Análisis Comparado con Argentina y Brasil 1964-2008*” Tesis para optar al grado de Doctor en Estudios Americanos, Universidad de Santiago de Chile, año 2008

² Doctora en Estudios Americanos. Mención: Relaciones Internacionales, Universidad de Santiago de Chile, Magíster en Estudios Internacionales Universidad de Chile, Profesora de Historia y Geografía, Universidad de Chile. Académica de la Facultad de Humanidades Universidad Católica Silva Henríquez Santiago de Chile. E-mail acubillos@ucsh.cl

Abstract

Nuclear development in Brazil reached today was the result of several factors, including the state of science and technology cooperation between the powers of the Cold War and the political will of its rulers who visualized the development of nuclear energy for peaceful purposes, as a springboard to national economic progress.

This article describes, from a historical perspective, the factors that allowed Brazil to reach this level of nuclear development, as well as the obstacles it has faced against the nuclear powers, their position on the Nuclear Nonproliferation Treaty and objectives and achievements of its nuclear policy.

Keywords: Brazil, nuclear policy, nuclear development.

Factores externos e internos que permitieron a Brasil un desarrollo nuclear en la segunda mitad del siglo

XX

“Todos nosotros -Pueblo-Gobierno- somos responsables por la promoción del desarrollo económico, social y político del Brasil. Para asegurar ese desarrollo, necesario al bienestar general, es imprescindible contar con adecuadas fuentes energéticas, entre las cuales sobresale, en los días de hoy y en el futuro próximo, la utilización del átomo.” (Ernesto Geisel, Presidente de Brasil, Brasilia, marzo 1977).

Brasil inició su programa nuclear en la década de los cincuenta y este desarrollo se caracterizó porque este país intentó mantener un ritmo y nivel científico de acuerdo a los avances que se iban produciendo en la ciencia nuclear a nivel mundial.

Así, se realizaron las primeras aplicaciones de radioisótopos en la medicina en América Latina en el año 1944 por el Instituto de Biofísica de la Universidad de Brasil en Río de Janeiro, utilizando fósforo 32 en el estudio de pacientes con afecciones hematológicas. En 1956 se iniciaron cursos de formación en América Latina, destacándose el Instituto de Biofísica de la Universidad de Brasil y en 1964 se fundó la Asociación Latinoamericana de Sociedades de Biología y Medicina Nuclear.³

Para el logro de este desarrollo nuclear, el año 1945 Brasil firmó con Estados Unidos un acuerdo de cooperación

³ Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). Los átomos en el sistema de cuidado de la salud en América Latina: antecedentes históricos. *OIEA Boletín*, Viena, v. 29, n. 1, 1987. p. 30.

consistente en ayuda financiera y técnica para el desarrollo de proyectos, la construcción y funcionamiento de reactores. A partir de este acuerdo, Brasil inició el camino por el desarrollo de la energía nuclear para fines pacíficos. El tratado que se mantuvo en secreto incluía el abastecimiento anual de 5.000 toneladas de monacita, mineral que contiene uranio.

Esta relación de cooperación con Estados Unidos tenía como antecedente la condición de aliado de Brasil en la Segunda Guerra Mundial y además como exportador de materia prima de uranio. En 1940, el Presidente Getúlio Vargas firmó un acuerdo con Estados Unidos para la cooperación en la extracción de uranio y monacita, al que siguieron otros tres acuerdos por los que Estados Unidos transfería tecnología nuclear a cambio del mineral radiactivo.

De esta forma, para proteger las reservas de uranio, el Presidente Getúlio Vargas creó el año 1951 el Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq) nombrando al Almirante Álvaro Alberto de Motta e Silva como Presidente. Este Consejo tenía por objeto usar las reservas brasileñas de

torio y uranio para el desarrollo de tecnologías nucleares y concentró el interés por promover el uso pacífico de la energía nuclear. Para ello, el Almirante Álvaro Alberto propuso una legislación que protegiese las reservas nacionales de torio y uranio contra la apropiación extranjera.

Por su parte, el Centro Brasileiro de Investigaciones Físicas (CBPF) estuvo a cargo, entre los años 1951 y 1955, de Álvaro Alberto de Motta, quien pudo combinar ciencia y energía nuclear, manifestando que eran el camino para alcanzar el desarrollo industrial, considerado por los “desarrollistas nacionalistas” como la única manera de garantizar la independencia económica, asegurar la seguridad nacional y la soberanía. En este marco, en esos años, delegaciones integradas por Consejeros de la CBPF y especialistas, hasta el propio Presidente, visitaron instituciones de investigación y laboratorios canadienses, norteamericanos y europeos de física nuclear para obtener información que pudiesen subsidiar la formulación de una política nuclear⁴.

⁴ Ribeiro de Andrade, Ana María. Quando a energia nuclear entra na agenda da política

Con todo, el Contra-Almirante Álvaro Alberto de Motta e Silva planteó que en el futuro, Brasil produciría radioisótopos, dominaría la tecnología del ciclo del combustible nuclear, tendría reactores de investigación y construiría usinas nucleares. La energía nuclear atraía a los militares por razones de seguridad nacional. Los industriales y los técnicos del gobierno, por su parte, querían construir usinas nucleares para solucionar los problemas de racionamiento provocados por Light, empresa de capital canadiense que controlaba la producción y la distribución de la energía eléctrica en gran parte de los Estados de Río de Janeiro y de Sao Paulo. Los científicos brasileiros aunados en el Departamento de Física de la Universidad de Sao Paulo y en el Centro Brasileiro de Investigaciones Físicas y Física Nuclear aprovecharon este interés para asegurar recursos para proyectos de investigación en otras áreas del conocimiento.

Sin embargo, en el año 1953, Brasil trató de adquirir tres centrífugas de gas para enriquecimiento de uranio por medio de

un tratado secreto con la República Federal Alemana, proyecto que no se cumplió ya que con la intervención norteamericana en Alemania, fuerzas británicas embargaron las centrífugas, fallando para Brasil el primer intento por recibir equipamiento atómico⁵.

Como corolario de la primera etapa del desarrollo nuclear de Brasil, en el año 1954 se creó la Comisión Nacional de Energía Nuclear (CNEN) bajo la dependencia directa de la Presidencia de la Nación. Cabe mencionar que con el Programa de Átomos para la Paz, Brasil siguió recibiendo la asistencia de Estados Unidos en materia nuclear. Este país entregó tres reactores de investigación, en 1957 el de Sao Paulo, en 1960 el de Belo Horizonte y en 1965 el de Río de Janeiro. Así, entre los años 1956 y 1973 se instalaron reactores en el Instituto de Energía Atómica de la Universidad de Sao Paulo, en el Instituto de Investigaciones Radiactivas de la Universidad Federal de Minas Gerais y el Reactor Argonauta en el Instituto Nuclear de la Universidad Federal de Río de

brasileira. En: *Simposio 31 ciencia y tecnología e historia económica*. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona, 2007.

⁵ Grabendorff, 1987: La política nuclear y de no proliferación de Brasil. *Estudios Internacionales*, Santiago, v. 20, n. 80, octubre-diciembre 1987.p 531

Janeiro. En 1973 se instaló el reactor de investigación Capítú en el Instituto de Investigaciones Radiactivas de Belo Horizonte.

También en esta etapa y siendo Presidente del Brasil Joao Goulart (1961-1964), se aplicó una política exterior independiente de Estados Unidos y se optó por reactores franceses de agua pesada por su dependencia del uranio natural. Esta cooperación se realizó entre los años 1961 y 1964 entre la CNEN y el Comisariato de Energía Atómica de Francia y ayudó a acelerar los levantamientos geológicos y contribuyó a la formación de una generación de técnicos brasileros especializados en investigación geológica.

El Presidente Goulart fue uno los presidentes que más habló al país de la necesidad de la energía nuclear como fuente complementaria para generar electricidad. Firmó un contrato con un consorcio de empresas extranjeras para realizar un estudio del potencial hidroeléctrico del país. Con base en ese estudio, el Plan Trienal de Desarrollo Económico y Social del Gobierno de Goulart se preveía la utilización de la

energía nuclear. El Plan Trienal hacía mención a la decisión de construir una usina a uranio natural previendo el abastecimiento de plutonio en una segunda línea de reactores⁶.

Dentro de las acciones realizadas por el Presidente Goulart se cuenta la Ley 4.118 del 27 de agosto de 1962 que cambió la política nacional de energía nuclear decretando el monopolio del uranio y de los materiales nucleares, y la CNEN se transformó en una autarquía federal, con autonomía administrativa y financiera, directamente subordinada al Presidente de la República. Los institutos de investigaciones nucleares como el Instituto de Investigaciones Radiactivas, el Instituto de Ingeniería Nuclear, el Laboratorio de Dosimetría, el Instituto de Energía Atómica y también el Centro Nacional de Energía Nuclear para la Agricultura pasaron a integrar el Plan Nacional de Energía Nuclear, bajo la coordinación de la CNEN, cuyo objetivo era reunir los esfuerzos aislados de investigadores y de institutos de investigación básica y aplicada al área nuclear⁷.

⁶ Ribeiro de Andrade, 2007: op. cit., p.

⁷ Ribeiro de Andrade, 2007. Op.cit

El Plan Nacional de Energía Nuclear también tuvo como objetivos la preparación de ingenieros nucleares, pues el propósito de este plan era preparar ingenieros capaces de, no tan sólo usar reactores construidos afuera, sino también de proyectarlos y construirlos ellos mismos, dentro de los diez próximos años. En 1962 había 62 ingenieros que seguían los cursos de ingeniería nuclear. También había 80 estudiantes inscritos en los diversos cursos de introducción en materia nuclear, pero este número se consideraba insuficiente pues las proyecciones del Brasil eran desarrollar un programa de reactores de potencia, que incluía uno de 300 MW en Río de Janeiro y otros dos de 600 MW⁸.

En este contexto también hay que mencionar que en las Universidades de Guanaraba en Río de Janeiro, en Sao Paulo y Minas Gerais se realizaban ya en 1962 cursos de postgraduados en ingeniería nuclear. Con el objeto de entrenar más científicos en el campo de las ciencias nucleares, se hicieron esfuerzos para estimular a los graduados de las facultades de ciencias, para que se

doctoraran en dicha especialidad. Los laboratorios especializados estaban abiertos a todos los graduados y a su vez la CNEN subvencionaba trabajos de investigación llevados a cabo en otras instituciones. Se otorgaban becas dentro y fuera del país, así como también había intercambio de científicos. Para el programa de becas dentro del país, la CNEN destinaba US\$ 350.000 el año 1962. Las becas al extranjero eran principalmente a Francia, Inglaterra y Estados Unidos⁹.

Sin embargo, este desarrollo nuclear se vio afectado por la contingencia política: el golpe militar de 1964 interrumpió la nueva cooperación científica con Francia. Los oficiales pro-norteamericanos quebraron las negociaciones con Francia y colocaron una moratoria a todas las negociaciones para la transferencia de tecnología nuclear a Brasil¹⁰.

Pero a pesar de los cambios políticos, el desarrollo de la energía nuclear no se detuvo, y entre los años 1967 y 1978 se consolidó el programa nucleoelectrico

⁸ Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), 1962 p. 38.

⁹ Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), 1962: p. 38.

¹⁰ Grabendorff, 1987: op. cit., p. 532.

brasileño y se firmó el Acuerdo con la República Federal Alemana. Así, en el año 1967 el Consejo Nacional de Seguridad de Brasil declaró que una política nuclear independiente era vital para el desarrollo del país. Con esta declaración, el programa nuclear adquiría prioridad dentro de la “Doctrina de Seguridad Nacional” del gobierno militar, base del plan de desarrollo brasileño.

Esta decisión respondía a varios factores, en primer lugar porque el nuevo Gobierno del General Artur da Costa e Silva necesitaba un nuevo lema nacional para su período y estaba buscando una conexión entre energía nuclear y desarrollo económico nacional. El segundo factor fue la conclusión del Tratado de Tlatelolco de 1967 y el Tratado de No Proliferación Nuclear, TNP de 1968, Brasil no firmó el primero y el segundo no lo ratificó. Los militares brasileños temían que se le impidiera a Brasil llegar a concluir un programa de energía nuclear en forma autónoma e independiente. El tercer factor era la esperanza que tenía el gobierno de ganar el apoyo interno en vista a la favorable

actitud de la oposición hacia las políticas de corte nacionalista¹¹.

Hay que mencionar que el Plan de Energía Nuclear tenía como meta construir una central con capacidad para 500.000 KW localizada en la región centro sur del país. En el documento elaborado por los organismos encargados del Plan, no se detallaba lo que se entendía por la “construcción de una primera central nuclear”, que fijara claras intenciones del grupo de trabajo. Se recomendó la elección de un tipo de reactor entre los más comprobados del punto de vista de la experiencia de la tecnología y de la eficiencia. Otros factores, como la participación de científicos, técnicos nacionales o el papel de la industria nacional, y sobre todo, medidas que llevaran a una independencia futura del sector, no fueron considerados en dicho documento. También fue abordada la cuestión del combustible desde una óptica derrotista reconociendo que sería difícil para Brasil producir uranio enriquecido. Como resultado de estos trabajos, este grupo recomendó a la firma norteamericana

¹¹ Grabendorff, 1987: op.cit., p. 533.

Westinghouse construir el primer reactor de 620 MW en Angra dos Reis¹².

Luego de los estudios pertinentes, se aprueba la propuesta de la empresa norteamericana la que sería responsable del abastecimiento, la ingeniería de proyectos, la asistencia técnica, el montaje de equipos y el mantenimiento. Sin embargo, no se consideró el enriquecimiento de uranio ni las obras civiles.

Junto a lo anterior, ingenieros brasileiros fueron enviados a Estados Unidos para su preparación para participar en el proyecto de Angra I y a su vez, empresas y especialistas extranjeros fueron contratados para realizar cursos y seminarios sobre proyectos nucleares. En la realización del proyecto de Angra I, se organizó un equipo constituido por más de 250 profesionales. La experiencia y el acervo de conocimientos adquiridos daban la certeza de contar con el más calificado equipo para el proyecto nuclear del país de los sectores de ingeniería

química, mecánica, eléctrica, estructural, de comunicaciones y ambiental¹³.

Para la obtención de uranio enriquecido, Brasil debió firmar otro acuerdo con Estados Unidos ya que el de 1965 contemplaba la entrega de pequeñas cantidades de uranio y Angra I requería cantidades mayores. Así, el 10 de julio de 1972 se firmó en Washington el nuevo acuerdo que era un contrato comercial estableciendo condiciones específicas para el enriquecimiento del uranio que la empresa brasileira FURNAS adquiriría en Sudáfrica. Además de este acuerdo entre Estados Unidos y Brasil, ambos países firmaron con el OIEA en 1972 un acuerdo trilateral a través del cual ambos se comprometían a cumplir con el sistema de salvaguardias establecido por el OIEA¹⁴.

Aun así, el gobierno de Costa e Silva fue duramente criticado por la opinión pública brasileira y también por los opositores al gobierno, quienes

¹² Goldemberg, 1987: p. 36. El físico José Goldemberg fue uno de los principales críticos del programa nuclear que emprendió Brasil en los años setenta, criticó la forma de proceder por parte de los gobiernos de la época.

¹³ De Biasi, Renato. A energía nuclear no Brasil. Rio de Janeiro: Biblioteca Do Exército-Editora, 1979. (Publicação 490, Coleção General Benício Volume 169).1979 p. 60. Este texto contiene todas las especificaciones técnicas de la construcción de la Central Angra I.

¹⁴. De Biasi, 1979 Op Cit p 73.

manifestaban que la energía nucleoelectrica no se requería en un país con una gran reserva de recursos hídricos, tampoco la compra de un reactor llave en mano permitiría un desarrollo tecnológico que justificaría la construcción de un reactor nuclear, además se crearía una dependencia con Estados Unidos ya que en el país no había ninguna posibilidad de enriquecer uranio.

En suma, el reactor de la Westinghouse se concebía como una dependencia. Pero los dirigentes de la CNEN consideraban los reactores PWR superiores y planteaban que era muy ambicioso para el Brasil pretender dominar la tecnología nuclear¹⁵.

El Acuerdo Nuclear de Brasil y la República Federal de Alemania

El Plan Nuclear del gobierno que sucedió Costa e Silva, encabezado por Emilio Garrastazú Médici (1969 - 1973) también recibió críticas, pero con la llegada de Ernesto Géisel, se aceptaron todas las críticas y se propuso asegurar la independencia en el área nuclear a través de un esfuerzo interno.

En este contexto se firmó el acuerdo nuclear con la República Federal Alemana el cual tuvo implicancias políticas, estratégicas y económicas. Dentro de Brasil fue objeto de grandes críticas, principalmente porque fue negociado en secreto bajo las directivas del Consejo Nacional de Seguridad. Sin embargo, la política de obstrucción por parte del Gobierno de Estados Unidos hacia el acuerdo con la República Federal Alemana hizo que se convirtiera en un objetivo nacional.

Entre los antecedentes de este acuerdo se encuentra la visita que realizó a Brasil el Canciller de Alemania, Willy Brandt el año 1968. En esa visita expresó que Alemania estaba dispuesta a satisfacer los requerimientos de Brasil si necesitaba abastecerse de equipos nucleares. Este ofrecimiento respondía a las negociaciones conducidas por Paulo Nogueira Batista (más tarde Presidente de Nuclebrás) para concretar un acuerdo de cooperación en los sectores de investigación científica y tecnológica que se concretó finalmente en 1969. En 1971 se creó la Compañía Brasileña de Tecnología Nuclear, la que adquirió el reactor de la Westinghouse para Angra I.

¹⁵ Goldemberg, 1981: Op Cit pp. 13-14.

Paralelamente, Brasil enfrentaba ya la crisis del sector energético. Por su gran extensión de territorio y su importante cantidad de población, Brasil requería garantizar sus necesidades de energía en forma segura y constante. A medida que aumentaba la población y con el desarrollo industrial alcanzado en la segunda mitad del siglo XX, estas necesidades iban en aumento, en especial las demandas de petróleo. Entre los años 1940 y 1973, el consumo de petróleo del país pasó de un 9% a un 46% y la hidroelectricidad aumentó de un 7% a 21%. También en esos años se produjo una importante transformación en la producción de energía; si en 1940 el país producía el 85% de la energía que consumía, en 1973 el 40% de la energía era importada¹⁶. En 1975, la producción interna de petróleo era de 10 millones de m³ a un valor de US\$ 3,27 billones. La capacidad eléctrica instalada era de 19,6 GW y aumentó en 1976 a 21GW.

A pesar de las diversas medidas destinadas para promover la reducción de la dependencia externa por el uso de fuentes alternativas de energía (alcohol-gasolina, uso de carbón mineral y vegetal,

¹⁶ República Federativa del Brasil, 1977a: p. 7.

restricciones en la distribución de gasolina y diesel, establecimiento de cuotas de abastecimiento de petróleo, etc.), el balance energético se agravó y la producción interna de petróleo se redujo en 1976 y la importación aumentó a 47,8 millones de m³ para llegar en 1978 a 49,9 millones de m³ por un valor de US\$ 4,0 billones.

También la capacidad generadora de energía eléctrica, así como el consumo, se expandió considerablemente llegando a 25,3 GW en 1978 para un crecimiento del consumo de 13% en 1977. En 1978 solamente estaba en proyecto la construcción de centrales hidroeléctricas, que una vez terminadas, la capacidad del parque generador ascendería a 20,5 GW¹⁷. Esta gran dependencia del petróleo lo llevó a evaluar la necesidad de producir nucleoelectricidad y sobre esta base se firmó el acuerdo con la República Federal Alemana.

Para la firma de este Acuerdo se consideraron otros factores tales como los obstáculos para el abastecimiento de uranio para Angra I, ya que los acuerdos

¹⁷ Relatorio ao Presidente da República, 1986: p. 17.

con Estados Unidos de 1965 y 1972 no comprometían a este país a adelantar conocimientos sobre partes sensibles del ciclo del combustible, especialmente en el enriquecimiento y reprocesamiento de uranio. Se veía entonces para Brasil una difícil situación. No contaba con una tecnología nuclear aplicable a la línea de reactores que adoptara la construcción de Angra I (enriquecimiento isotópico) cuyo funcionamiento se vio comprometido por la actitud estadounidense. Por lo tanto, el acuerdo con la República Federal de Alemania iba a solucionar la demanda energética del país y además abría el camino para realizar más investigación en esta materia.

En resumen, a través de este Acuerdo, la República Federal Alemana fomentaría la cooperación para la prospección, extracción y procesamiento de uranio, así como la producción del compuesto de uranio. Hay que mencionar además que la transferencia de tecnología, el principio de no proliferación de armas nucleares, la protección física de los materiales e instalaciones nucleares, fueron factores fundamentales para Brasil a la hora de firmar este acuerdo.

La vigencia del acuerdo sería de 15 años y se prorrogaría tácitamente por períodos de cinco años. Para garantizar que la cooperación cumpliera sus finalidades pacíficas, las partes se sometían a las salvaguardias del OIEA. El acuerdo contemplaba la construcción de ocho usinas nucleares con una potencia de 1200 a 1300 MW. La primera entraría en funcionamiento en 1981, las tres siguientes en 1988 y las cuatro restantes entre 1986 y 1990¹⁸.

Se contemplaba también la planta de enriquecimiento de uranio y una planta de reprocesamiento de combustible irradiado. Para implementar el acuerdo con Alemania, la Compañía Brasileira de Tecnología Nuclear (CBTN) se transformó en 1974 en Nuclebrás, fundada como contraparte de Petrobrás, la empresa que tenía el monopolio del petróleo. Nuclebrás se transformó en una empresa que tenía el monopolio sobre el desarrollo nuclear nacional.

El acuerdo nuclear con Alemania Federal tuvo un trascendental significado para Brasil, en primer lugar por la defensa de los minerales nucleares, y además, por el

¹⁸ República Federativa del Brasil, 1977b.

logro por parte de Brasil del dominio completo del ciclo del combustible nuclear. Aceleraba también el desarrollo científico tecnológico mediante la transferencia de tecnología y posibilitaba en el largo plazo, la participación de Brasil en el mercado mundial como exportador de combustibles nucleares, de reactores y/o de componentes de los mismos.

Además, el acuerdo significaba para Brasil la independencia en materia nuclear de Estados Unidos. En ese país el acuerdo condujo a un análisis prolongado de las relaciones entre ambos países. El Secretario de Estado Henry Kissinger visitó Brasilia en 1976 y firmó un convenio comprometiendo a los Ministros de Relaciones Exteriores de ambos países a efectuar anualmente un intercambio de visitas para consultas sobre problemas mundiales¹⁹.

Las objeciones de Estados Unidos al acuerdo brasilero-alemán en materia nuclear se entienden porque para Estados Unidos significaba la pérdida tanto de un

mercado comprador como del monopolio atómico que quería ejercer en los países en desarrollo. El surgimiento de la República Federal Alemana como el mayor competidor del mercado nuclear internacional fue sin duda una gran preocupación para Estados Unidos.

Las empresas Westinghouse y General Electric trataron de preservar sus posiciones amenazadas, como por ejemplo usando técnicas de choque, los gerentes de ventas podían aplicar fuertes presiones políticas sobre aquellos que firmaron contratos, con el permiso del Gobierno de EE.UU.²⁰.

La firma del acuerdo a un año de la explosión de la bomba atómica de la India trajo como consecuencia los temores que Brasil pudiera fabricar también un artefacto nuclear. Las potencias nucleares de la Guerra Fría vieron en este acuerdo una amenaza al régimen de no proliferación nuclear ya que Brasil no había firmado el Tratado de No Proliferación Nuclear, TNP como se analizará más adelante.

¹⁹ Gall, Norman. Energía atómica para el Brasil, peligro para todos. *Estrategia*, Buenos Aires, n. 41, 1977. p. 75.

²⁰ Gall Op. Cit : p. 79.

Para el Gobierno de Ernesto Géisel, firmar el acuerdo atómico con Alemania significaba, entre otras cosas, abrir una alternativa para la captación de financiamiento externos a largo plazo. El acuerdo abrió un nuevo canal importante, no sólo para la entrada a Brasil de capitales independientes de los tradicionales capitales norteamericanos, sino para un nuevo salto en el desarrollo económico asociativo tradicional con capitales europeos. Así el acuerdo buscaba alejar al Brasil de la órbita de Estados Unidos²¹.

En síntesis, el acuerdo con la República Federal de Alemania significó para Brasil potenciar su desarrollo científico tecnológico, entrar de lleno en el dominio del ciclo del combustible nuclear, terminar con la dependencia de Estados Unidos en esta materia, demostrar al mundo que podía desafiar a las potencias nucleares, despertar temores a su vecina Argentina y desde ese momento desarrollar un equilibrio estratégico en la región con ese país. Todas estas

implicancias derivadas del acuerdo permiten avalar la posición de Brasil como potencia regional o potencia media en el Cono Sur de América.

Sin embargo, la implementación del Plan Nuclear no se pudo realizar en la forma que se había planteado. Este plan asociado al Gobierno de Géisel se había presentado casi como una “cruzada nacional” y recibió las críticas de todos los sectores. Además, la viabilidad de abastecer en un 53 % a Brasil con energía nuclear se hizo cada vez más difícil, ya que un KW eléctrico costaba US\$ 1.000 frente al KW nuclear que costaba US\$ 2.500²².

En 1981, la viabilidad del método de enriquecimiento de uranio ofrecido por los alemanes no había sido demostrada comercialmente, tal como lo habían pronosticado los científicos brasileños en 1975. Con eso se echaba por tierra la autosuficiencia en materia nuclear. A raíz de las críticas, el programa nuclear se atrasó hasta 1990. Uno de los grupos que más criticó el programa fue, curiosamente, el grupo de científicos de los centros de investigación de las

²¹ Kucinski, Bernardo. Energía nuclear y democracia: algunos aspectos políticos del Acuerdo de Cooperación Nuclear entre los Gobiernos de Brasil y la RFA. *Nueva Sociedad*, n. 31-32, julio-octubre 1977: pp. 111-125.

²² Goldemberg, 1981: Op. Cit, p. 17.

universidades brasileras, principalmente de José Goldemberg de la Universidad de Sao Paulo²³.

“*El Relatorio Vargas*”: *La Etapa Revisionista*

Con la asunción al poder del Presidente Joao Batista Figueiredo (1979-1985), se produjo una desaceleración radical de la implementación del programa nuclear de 1975 y un cambio en los recursos hacia los esfuerzos de investigación más local y lejos de la transferencia masiva de tecnología. A principios de 1978 se llevó a cabo el enriquecimiento de uranio, de forma secreta, en el Instituto de Investigación Nuclear (IPEN), en una cumbre federal que incluyó a representantes del Servicio de Inteligencia, la Comisión Nacional de

Energía Nuclear y Nuclebrás. El desarrollo de instalaciones alternativas de enriquecimiento fue declarado parte del esfuerzo de seguridad nacional²⁴.

En el año 1986, se estableció por decreto presidencial una comisión de evaluación del programa nuclear brasiler, conocido también como “Relatorio Vargas” en honor al académico que integró esta comisión, José Israel Vargas. Se le asignaron 180 días para realizar recomendaciones y las acciones futuras de la Administración Pública Federal de esta rama de la tecnología energética. La comisión estaba compuesta por académicos-físicos y un economista. Este informe fue realizado en 6 meses con la participación de empresarios, ingenieros y administradores²⁵.

El Relatorio hizo un análisis de los factores que incidieron en el retardo del plan nuclear, entre ellos: la reducción de la demanda energética así como la reducción del PIB durante la década del setenta que tuvieron su *peak* en la crisis

²³ En esta obra los autores exponen los obstáculos y errores que se cometieron en la implementación del Programa nuclear. Es una crítica de profesionales del área nuclear que con el paso de los años demostraron que tenían razón en muchos aspectos. Ver: *Energía Nuclear em Questao*, 1981. En este texto están los trabajos de Joaquim Francisco de Carvalho. *Panorama energético Brasiler: o papel de la nucleoelectricidad*; José Goldemberg. *Un programa alternativo*; Luiz Carlos Menezes e David Neiva Simon. *Dois erros em cadeia: a política nuclear e estrutura organizacional do programa nuclear brasileiro*; Luiz Pinguelli Rosa. *A demanda de energia elétrica no Brasil* y Roberto Gomes de Oliveira *Políticas de mercado industrial e de ciencias e tecnologia*.

²⁴ Grabendorff, 1987: op.cit., p. 536.

²⁵ Matos Peixoto Mauricio, Presidente de la Academia Brasileira de Ciencias. Río de Janeiro 20 de diciembre de 1990. En: Relatorio ao Presidente da República, 1986.

del petróleo del año 1973. Paralelamente al programa nuclear, a partir de 1974 se habían realizado grandes obras tanto en el sector energético como fuera de él, (Itaipú, Tucurui, Ferrovia do Aco) que competían con el uso de los recursos tanto internos como externos.

Además de esos factores, los problemas de los cimientos de la central para construir Angra II, derivados de su localización, provocaron atrasos de tres años y medio. Además de estos problemas técnicos, la construcción de Angra II reveló una serie de contradicciones que se desarrollaron ante una opinión pública insuficientemente informada por los propios órganos responsables de la implementación de la central. Se gastaron 164 millones de dólares de dólares solamente en los cimientos de la central²⁶.

El deseo de mantener a toda costa el ambicioso programa nuclear que se iniciaba con tan malos augurios, llevó a la desafección de la opinión pública de las actividades nucleares que el país estaba

desarrollando. Otros problemas, de tipo institucional derivados de la estructura organizacional de la CNEN y de institutos nucleares de investigación, hicieron que el programa nuclear brasilero perdiera fuerza a fines de los años ochenta y se detuviera la construcción de las centrales proyectadas. La comunidad científica veía obstáculos para participar en estas actividades y la comunidad en general sentía que no había transparencia en el programa nuclear.

Todas estas dificultades terminaron con la dictación del Decreto N.º 1982 del 31 de diciembre de 1982 que colocó bajo el control del Estado la totalidad de las investigaciones sobre energía nuclear. De esta forma los institutos vinculados directa o indirectamente a la CNEN realizaron importantes progresos en la década de los ochenta.

Con todo, y de acuerdo al informe de evaluación del programa nuclear brasilero de 1986, el panorama de dicho programa era de “extrema gravedad”. De las dos nuevas centrales inicialmente proyectadas, solamente Angra I había sido concluida y se encontraban apenas en construcción Angra II y III. El

²⁶ Matos Peixoto Mauricio, Presidente de la Academia Brasileira de Ciencias. Río de Janeiro 20 de diciembre de 1990. En: Relatorio ao Presidente da República, 1986. *Ibíd.*: p. 19.

dominio del ciclo del combustible nuclear y la autonomía necesarias para la seguridad de la producción de energía nucleoelectrónica no fue alcanzada y el país seguía dependiendo del abastecimiento externo de uranio enriquecido. El programa nuclear no había alcanzado los objetivos por no disponer de un presupuesto plurianual confiable y de un programa de implementación definido. La mayor parte de los proyectos presentaban atrasos considerables, cuyos motivos van desde su complejidad tecnológica hasta las dificultades financieras que alcanzan al sector nuclear.

Los atrasos en la construcción de las centrales implicaban en ese momento problemas serios para las empresas participantes del programa, en especial las firmas brasileñas de escasa tradición en el sector nuclear que realizaron inversiones en la implementación de garantía de calidad en la compra de equipos y en la preparación de personal especializado. Muchas de estas empresas desistieron en el futuro de participar en las actividades nucleares, perdiéndose una parte importante de la capacitación técnica

adquirida²⁷. Este panorama indefinido en el área nuclear en 1986, contribuyó a que se forjara un compromiso de autonomía nacional que era lo que este sector venía persiguiendo desde la década anterior.

Finalmente, el informe o Relatorio Vargas hizo recomendaciones al Gobierno brasileño para lograr llevar a cabo el programa nuclear²⁸. De acuerdo a las recomendaciones de este informe al Gobierno de Brasil, el programa nuclear siguió con un cronograma previsto para

²⁷ Matos Peixoto Mauricio, Presidente de la Academia Brasileira de Ciências. Río de Janeiro 20 de diciembre de 1990. En: Relatorio ao Presidente da República, 1986 P21

²⁸1. Mantener el programa nuclear de Brasil por la importancia estratégica que el dominio pleno y autónomo de la tecnología nuclear desempeñaba, por la demanda de energía y por las aplicaciones y beneficios en el área de la agricultura, industria y medicina.

2. El ritmo del desarrollo del programa debía basarse en un equilibrio entre las necesidades de abastecimiento de energía y los costos comparativos de energía provenientes de otras fuentes alternativas y el dominio necesario de tecnología nuclear.

3. Mantener las relaciones de cooperación sobre el uso pacífico de la energía nuclear con la RFA.

4. Intensificar las relaciones con Argentina para el uso pacífico de la energía nuclear, promocionar el emprendimiento conjunto e implementar un mecanismo de inspección mutua de las actividades nucleares de ambos países.

5. Apoyar los esfuerzos de investigación y desarrollo realizados en el ámbito de la CNEN y de Nuclebrás con la participación de empresas brasileñas de ingeniería, consultoría, proyecto y construcción, pretendiendo la nacionalización creciente del programa nuclear.

6. Postergar la construcción de una nueva central hasta el año 1989 *Ibíd.*: p. 41.

terminar de construir las centrales Angra II y III como estaba previsto en el acuerdo con la RFA. Sin embargo, los atrasos de Angra II en la década de los noventa respondieron a la falta de recursos del Estado brasileiro para su ejecución. Angra I se comenzó a construir en 1972 y comenzó a operar en 1985. Por su parte Angra II, en virtud del acuerdo con Alemania Federal, se comenzó a construir en 1980 y culminó su construcción en el año 2000. Finalmente, Angra III está actualmente en proyecto de construcción.

Estado del desarrollo científico-tecnológico en los inicios del desarrollo nuclear en Brasil

“Álvaro Alberto vivia intensamente esse processo histórico singular e complexo do pós-guerra. Cientista, maravilhava-se com a magia apocalíptica do fenômeno atômico e nuclear. Militar, preocupava-se com o significado da bomba e da energia atômica como elementos básicos da segurança nacional. Nacionalista, via na nova forma de energia e nas suas matérias-primas uma caminho para a saída do subdesenvolvimento crônico da sua pátria. Destarte, ele alimentava fundadas 186ombustibl de ver o Brasil no rol das potências na nova era em instalação, a era atômica, pois possuía o tório, um 186ombustible nuclear”.Shozo Motoyama Álvaro Alberto e a Energia Atômica (1996)

Uno de los factores que permitió a Brasil desarrollar la energía nuclear para fines pacíficos dice relación con el grado de desarrollo de la ciencia y la tecnología en el país. Así, Brasil lidera las inversiones en investigación y desarrollo (I&D) tanto en el monto absoluto como en relación al PIB. Posee un sistema de post-graduación bien establecido y diversificado que ha formado a un gran número de investigadores de alto nivel. Brasil tiene una tradición de desarrollo científico-tecnológico.

A partir de 1950, la ciencia en Brasil comenzó a recibir apoyo sistemático desde el Estado. Como en otros países, en Brasil también los albores del Instituto de Investigación (CNPq), creado el año 1951, fueron influenciados por el documento elaborado por V. Bush, a pedido del Presidente de Estados Unidos, Franklin D. Roosevelt, llamado *Science, the Endless Frontier*, conocido luego como “modelo lineal de innovación”, su propuesta institucional de financiamiento público de la ciencia se reflejaron en las políticas adoptadas y en las instituciones creadas.

En Brasil, entre los años 1956 y 1960, el desarrollo industrial pasó a ser prioritariamente promovido como una política deliberada de industrialización. En los primeros días del Gobierno de Kubitschek se instituyó el Consejo de Desarrollo Económico como un órgano responsable de la formulación de la más sólida decisión en pro de la industrialización o Plan de Metas. El Plan de Metas se caracterizó por la elección de un objetivo central que se orientaba a responder a las exigencias tecnológicas del sistema productivo, aclarando la incorporación de la difusión de innovaciones en el ámbito de ese sistema, pero sin ser indiferente a la opción de producción interna e importación de tecnología. El Gobierno de Kubitschek eligió implícitamente una política de respuesta. El desarrollo científico tecnológico no fue una meta específica del Gobierno de Kubitschek, a pesar de la incursión en el campo de la energía nuclear, el Plan de Metas atribuía una infraestructura científica tecnológica, tarea de dar una enseñanza meramente profesional creando cuadros para la formación de técnicos necesarios para la operación de la estructura productiva

industrial en proceso de expansión y diversificación.

A partir de 1964, con los gobiernos militares, el desarrollo científico tecnológico encontró respaldo en el proceso de desarrollo económico: Estado-Ciencia-Energía²⁹. Así, desde las décadas de 1960 y 1970, el proyecto desarrollista nacionalista impulsado por los gobiernos militares fomentó la vinculación entre las instituciones de investigación y el sector productivo en áreas estratégicas como la aeronáutica, las telecomunicaciones, la producción de energía y más tarde la informática. La vinculación estuvo a cargo del Estado, a través de grandes institutos públicos de investigación y de centros de I&D de empresas estatales, cuya función era desarrollar la capacidad

²⁹ “*Enfocada como un proceso político consciente, la acción de insertar la ciencia y la tecnología en la trama misma del desarrollo significa saber dónde y cómo innovar. La experiencia histórica demuestra que este proceso político constituye el resultado de la acción múltiple y coordinada de tres elementos fundamentales en el desarrollo de las sociedades contemporáneas: el gobierno, la estructura productiva y la infraestructura científico-tecnológica. Podemos imaginar que entre estos tres elementos se establece un sistema de relaciones que se representaría por la figura geométrica de un triángulo, en donde cada uno de ellos ocuparía los vértices respectivos*” Sábato, Jorge. El plan nuclear brasileño y la bomba atómica. *Revista Estudios Internacionales*, Santiago, v. 11, n. 41, ene.-mar. 1978, pp. 15-36.

tecnológica local y transferirla a las empresas nacionales. Esta política tuvo éxito considerable en algunos sectores con fuerte presencia estatal, como el petroquímico, las telecomunicaciones y la aeronáutica. Tuvo un impacto decisivo en la consolidación de los componentes más relevantes del sistema de C&T brasilero, como las universidades públicas federales y estatales, con sus cursos de post-grado y sus carreras de investigación y docencia; los centros de investigación públicos y los centros de I&D vinculados a las empresas del Estado³⁰.

Se fue configurando de ese modo un cuadro científico-tecnológico brasilero y el Estado se convirtió en el promotor más importante del proceso de innovación, capaz de establecer metas y delinear estrategias acoplando la infraestructura científico-tecnológica a la estructura productiva.

Por su parte, en el área nuclear, la investigación en física moderna, radiación cósmica y física atómica nuclear tuvo en

Brasil un inicio sistemático con la creación en 1934 de la Facultad de Filosofía, Ciencias y Letras de la Universidad de Sao Paulo. Esa facultad desde los inicios contrató científicos extranjeros en plena actividad científica para que organizaran sus departamentos.

En 1935 apareció publicado en los Anales de la Academia Brasileira de Ciencias una nota de Gleb Wataghin en la que presenta y discute algunas propiedades de las partículas elementales. Entre 1936 y 1937, dos de sus discípulos, Mario Schonberg y Marcello Damy de Souza Santos, publicaron sus primeros trabajos sobre interacción de electrones y otro sobre contadores de partículas elementales. En Río de Janeiro los primeros trabajos sobre radiactividad fueron publicados en 1940 por Costa Ribero en los Anales de la Academia Brasileira de Ciencias, quien comenzó a organizar los laboratorios de Física de la Facultad Nacional de Filosofía, creada en 1939 en la Universidad de Brasil.

Se debe destacar la figura del Almirante Álvaro Alberto de Mota e Silva, a quien luego del fin de la II Guerra Mundial le cupo la misión de articular y ejecutar una

³⁰ Invernizzi, Noela “Ciencia y Tecnología en Transición. La Herencia de la Política Científica y Tecnológica del Gobierno de Cardoso y los desafíos del nuevo gobierno brasilero. *Revista Theomai* , Verano N° 99 Universidad Nacional de Quilmes, Argentina , 2003. p

política nacional cuyo objetivo sería el pleno dominio de la energía atómica. En 1946 fue nombrado representante brasilero ante la recién creada Comisión de Energía Atómica de las Naciones Unidas, participó en tensos debates sobre el control internacional de la utilización de la energía atómica. Se opuso con vehemencia a la expropiación de todas las minas de uranio del mundo a favor de las potencias nucleares, posición contraria al Plan Baruch³¹, contando con el apoyo de otras naciones poseedoras de minerales fisibles, como Canadá, India, y el Congo). Siendo Brasil uno de los pocos países abastecedores de minerales atómicos estratégicos, el Almirante Álvaro Alberto de Mota e Silva estaba convencido que el principal orientador de las relaciones exteriores debería ser el de las compensaciones específicas, los minerales serían concedidos a cambio de tecnología indispensable para su utilización. Fue durante su misión en la

³¹ El Plan Baruch consistió en la propuesta de Estados Unidos, representado por Bernard Baruch, (en la primera reunión de la recién creada Comisión de Energía Atómica el año 1946 bajo el auspicio de las Naciones Unidas) de crear una autoridad de desarrollo atómico internacional que tendría el exclusivo control y posesión de cualquier actividad nuclear potencialmente útil para la guerra y también derecho a inspeccionar todas las demás actividades atómicas. En: Calvocoressi, 1987: p. 12.

ONU que formuló las bases fundamentales de la política nuclear brasilera, ésta debía ser nacionalista, y el desarrollo de la energía nuclear debía ser un monopolio del Estado³². La nominación del Almirante Álvaro Alberto de Mota e Silva ante la ONU se debió al prestigio que había alcanzado la física brasilera en el escenario internacional, siendo uno de los principales motivos que le aseguraron al gobierno brasilero un puesto en el OIEA.

En 1946 se iniciaron en Río de Janeiro las investigaciones sobre la teoría de las fuerzas nucleares. Entre 1936 y 1941 se habían formado en la Facultad de Filosofía de Sao Paulo dos equipos, el de los físicos teóricos que trabajaban la teoría cuántica del electrón, mecánica cuántica y teoría de radiaciones. El otro grupo era el equipo experimental, que hacía investigación sobre la radiación cósmica, entre ellos Souza Santos, Pompéia e Sala. Con la instalación de un Betatrón en 1951, el Generador Electroestático y el equipo de Souza

³² Reis De Madeiros, , Tharsila. *Entraves al desenvolvimento da tecnologia nuclear de Brasil: dos primórdios da era atômica ao Acordo Nuclear Brasil-Alemania*. Bello Horizonte: MN, CEDEPLAR (Centro de Planeamiento Regional) Universidad Federal de Minas Gerais , 2005.p 47.

Santos, comenzó en Brasil la fase de la física nuclear experimental. En 1952, fueron presentados los primeros trabajos de ambos grupos en el Simposio Internacional sobre Técnicas de Investigación Física.

En 1949 se organizó en Río de Janeiro el Centro Brasileiro de Investigaciones Físicas, cuyo programa comprendía el desarrollo de investigaciones de radiaciones cósmicas y física nuclear experimental³³.

Los físicos brasileiros emprendieron entonces un camino propio y lograron ponerse a la altura de los físicos argentinos, muchos de los físicos brasileiros también fueron a estudiar al extranjero.

En 1953 cambió el panorama de los estudios de física nuclear con la creación de varios institutos que comenzaron a dedicarse exclusivamente a la investigación de esta nueva ciencia. Con el dinamismo del Almirante Álvaro Alberto, Presidente de la CNPq, fue

³³ De Biasi Renato. A energia nuclear no Brasil. Rio de Janeiro: Biblioteca Do Exército-Editora, 1979. (Publicação 490, Coleção General Benício Volume 169).1979: p. 18.

abierto el Instituto de Investigaciones Radiactivas junto a la Universidad de Minas Gerais. En Sao Paulo se creó el Instituto de Energía Atómica. En 1960 se creó el Instituto de Dosimetría y en 1963 se creó el Instituto de Energía Nuclear. Así, entre 1953 y 1971, en 18 años, todos los trabajos de investigación sobre física nuclear se concentraron en los institutos mencionados, produciéndose un gran intercambio entre ellos³⁴.

Podemos afirmar entonces que Brasil tuvo una trayectoria en el desarrollo de la física nuclear desde la primera mitad del siglo XX, lo que le permitió desarrollar la industria nuclear, y por lo mismo lo ha posicionado la categoría de país nuclearmente desarrollado.

El uranio en Brasil

Otro de los factores que permitió a Brasil alcanzar los objetivos de su plan de desarrollo nuclear ha sido la existencia de abundantes yacimientos de uranio en su territorio. El uranio se comenzó a explotar desde la década de 1940 para la industria nuclear. Hasta 1970, se habían explorado en forma preliminar unos 3 millones de

³⁴De Biasi 1979: Op Cit 19-20 p. 18.

Km² en el territorio de Brasil, dándose un gran impulso a la exploración de riquezas mineras y para ello se creó la Compañía para la Prospección de Recursos Mineros (CPRM). La CNEN por su parte obtuvo fondos especiales para exploración a través de un impuesto nuevo único sobre lubricantes y combustibles líquidos y gaseosos. Hasta 1974, se habían encontrado dos yacimientos económicamente válidos en Minas Gerais: Cercado con 2.840 toneladas y Campo Agostinho con 2.100 toneladas, cuyo costo de extracción no se consideraba superior a 15 dólares la libra de uranio. La exploración de otras áreas permitió también detectar depósitos que podrían contribuir a aumentar las reservas del mineral. En 1975 Nuclebrás anunció el hallazgo de depósitos uraníferos al norte y sudeste de Brasilia, hasta esa fecha los recursos se estimaban en 11.000 toneladas³⁵.

En la década de 1980, se realizaron importantes progresos en la localización y clasificación de las reservas de uranio, que se calculaba llegaban a 310.000

³⁵ Rodríguez Pasqués, Rafael. Actividades nucleares en América Latina. En: *Introducción a la tecnología nuclear*. Buenos Aires: Editorial Universitaria, 1978.p575

toneladas en 1985 y las reservas de torio se estimaban en 800.000 toneladas. En 1986 comenzaron a operar las plantas de enriquecimiento de uranio con una capacidad de 60 toneladas de uranio por año, enriquecida hasta un 0,9 %³⁶.

Brasil cuenta con las mayores reservas de uranio del mundo y en lugar de enriquecerlo en Canadá, actualmente comenzó a hacerlo en el país. Brasil comenzó a producir uranio enriquecido en las Industrias Nucleares de Río de Janeiro y posee un centro de reprocesamiento de plutonio en el IPEN, dependiente de la Presidencia. La expectativa de Brasil es producir 120 toneladas anuales de uranio enriquecido dentro de los próximos cuatro años.

Logros del Programa Nuclear de Brasil

El programa nuclear de Brasil, como fue planteado en 1977 por el gobierno de Ernesto Géisel, no se pudo llevar a cabo por diversos factores, entre ellos por el encarecimiento que sufrió la construcción de centrales nucleares en todo el mundo. De las ocho centrales programadas en el país, solamente se inició la construcción

³⁶ Grabendorff, 1987: op.cit., p. 523.

de dos, de las cuales, Angra II, que debía entrar en operaciones el año 1982, sufrió demoras e inconvenientes y resultó un virtual fracaso. La estimación de los costos de construcción se elevó de 400 a más de 3.000 dólares el KW instalado. Por otra parte, Angra I sufrió un incendio el año 1977 que causó daños por 8 millones de dólares. Angra I comenzó a funcionar en marzo de 1982 con el 30% de su capacidad. Su costo original era de 320 millones de dólares, su construcción llegó a la cifra de 1.400 millones de dólares. La Sociedad Brasileira para el Progreso de las Ciencias y la Sociedad Brasileira de Física protestó por la puesta en marcha de la central antes de resolver un serio problema en el generador de vapor³⁷.

La oposición al programa nuclear se vigorizó cuando en 1979 se conoció que NUCLEN, consorcio bilateral formado según el acuerdo con Alemania, estaba controlado por la Kraftwerk Union (KWU). La llegada del nuevo gobierno encabezado por Joao Batista Figueiredo

significó retardar el programa y en 1980 hubo problemas con Angra I y Angra II.

Finalmente, la central de Angra I que inició su construcción en 1972 con finalización prevista para 1983, comenzó a operar en 1985, consumió un total de 3,5 millones de dólares utilizando la tecnología norteamericana de la empresa Westinghouse. La capacidad de Angra I es de 626 MW. Los recursos que dispuso el Estado brasileiro para esta obra causaron un considerable aumento en la deuda externa de Brasil. Por su parte, Angra II fue la primera usina construida según el acuerdo con Alemania. Las obras se iniciaron en la década de 1980 y en 1996, después de varias interrupciones, fue reiniciada hasta su conclusión. El costo de la planta fue de 10 millones de dólares y tiene una potencia de 1.275 MW³⁸.

Actualmente, los principales problemas que llevaron al cuestionamiento del programa nuclear aún continúan. Las obras de las dos centrales se terminaron en la década de los noventa y en la actualidad está en construcción Angra III.

³⁷ Westerkamp, José F. La energía nuclear: Relevancias y perspectivas para América Latina y Estados Unidos. *Cuadernos Semestrales: Estados Unidos: Perspectivas Latinoamericana*, n. 15, 1984 p 150.

³⁸ Sociedad Angraense de Protección Ecológica (SAPE), 2004.

En suma, desde la década de 1950 Brasil ha utilizado la energía nuclear para fines pacíficos a través de la CNEN y de la que dependen institutos de investigación que trabajan en conjunto con las universidades del país. Por su parte, la energía nuclear ha representado el 3% de la capacidad instalada y el 5% de la producción energética en 2004³⁹.

El Programa nuclear paralelo de las Fuerzas Armadas

El programa nuclear “oficial”, basado en el acuerdo con Alemania y sometido a las salvaguardias del OIEA, fue detenido en la década de los ochenta debido a las razones ya expuestas, iniciándose un programa paralelo llevado a cabo por separado por las tres ramas de las Fuerzas Armadas. Se desarrolló en secreto y sin estar sometido a ningún tipo de salvaguardias. Cada rama de las Fuerzas Armadas se especializó en diversas facetas de la tecnología nuclear y se destacan el trabajo de la Armada que se concentró en el desarrollo de la tecnología

de enriquecimiento de uranio con métodos ortodoxos. Siempre estuvo en el pensamiento de la Marina brasilera la construcción de submarinos de propulsión nuclear.

El secreto con que se manejó el acuerdo con Alemania, la presencia de miembros de las Fuerzas Armadas en toda la gestión, hicieron que las sospechas aumentaran, además la comunidad científica brasilera siempre fue excluida del programa nuclear, de las negociaciones y del desarrollo del mismo, porque objetó el uso del uranio enriquecido y porque consideró siempre que existían fuentes de energía alternativas abundantes, por ejemplo, la hidroelectricidad, la que el año 1980 suministraba el 92% de toda la electricidad producida en Brasil, con un costo del orden de los 1.000 dólares el KW instalado, en tanto que la nuclear no bajaba de los 2500 dólares⁴⁰.

El programa paralelo estaba protegido por SIPRON, el servicio especial de seguridad, que está bajo la responsabilidad del Consejo Nacional de Seguridad. A pesar que se habla de un

³⁹ Goncalves, Odair. *El programa nuclear brasileño: presente y futuro*. Comisión Nacional de Energía Nuclear: Seminario Universidad Adolfo Ibáñez, Santiago de Chile, 14 de marzo de 2008.

⁴⁰ Westerkamp, 1984: op. cit., p.150.

programa paralelo secreto, la prensa brasilera informa sobre las actividades que se desarrollan. Así, el principal centro de investigación es el IPEN, separado y financiado federalmente en la Universidad de Sao Paulo⁴¹.

Los programas paralelos que se llevaron a cabo fuera de la jurisdicción del acuerdo con Alemania asociados a las Fuerzas Armadas fueron: el CNEN en colaboración con Francia e Italia construyó un gran centro de investigación en Campo di Roma, diseñado para realizar estudios de tecnología de generadores rápidos.

La Fuerza Aérea por su parte completó un gran Laboratorio de Estudios Avanzados, diseñado especialmente para llevar a cabo investigación nuclear. El Ejército organizó su centro de investigación, CENTEX, con una gran cantidad de recursos dedicados a la investigación nuclear.

Los militares desde la década del ochenta comenzaron a ejercer el control sobre los proyectos más importantes en el IPEN. Bajo el gobierno de José Sarney en 1985,

se devolvió el IPEN al control del Estado, pero la Marina continuó controlando los proyectos de investigación más sensitivos bajo un sistema de administración dual. Desde el año 1985, la comunidad científica ha ido incrementando su influencia, sin embargo, los militares permanecieron como un importante factor en el proceso de toma de decisiones de la política nuclear. *“Parece que han hecho de su control sobre la tecnología nuclear, el sector energético, la industria de armamentos y las actividades aeroespaciales una condición importante para su retiro del ejercicio del poder en Brasil”*⁴².

En la década de los noventa, la Coordinadora para Proyectos Especiales de la Marina (Copeps) del Brasil, desarrolló un Programa Autónomo de Desarrollo de Tecnología Nuclear llamado Programa Chalana. Era un conjunto de actividades que tenía como propósito desarrollar en el país una planta nuclear de propulsión de submarinos y del combustible necesario. No hay duda que era un programa de larga duración que equiparía a la fuerza naval de submarinos de propulsión nuclear con un

⁴¹ Grabendorff, 1987: op. cit., p. 529.

⁴² Grabendorff, 1987: Op.Cit p. 539.

alto grado de componentes nacionalizados. Inicialmente hubo cuatro proyectos: Zaraco, Remo, Ciclone y Costado. El proyecto Zaraco terminado en 1982, permitió el dominio de la tecnología de obtención de zirconio y háfnio nuclearmente puros. El Proyecto Ciclone concluido en 1986, permitió el desarrollo de ultracentrífugas para obtener uranio enriquecido y su empleo conjunto en una reacción en una usina de enriquecimiento. Se buscó garantizar el combustible necesario para el submarino nuclear sin contar con las salvaguardias internacionales.

El Proyecto Remo por su parte buscaba la obtención de una planta de propulsión nuclear del tipo PWR de pequeñas dimensiones para ser instalada en el submarino. Pero debido a dificultades para garantizar los recursos necesarios para su desarrollo, debía concluirse en el año 1993 como pretendía Copeps. Como consecuencia, el Proyecto Costado, que fue visto como una adaptación de un proyecto de submarino convencional para propulsión nuclear, debía estar concluido el año 1995⁴³.

⁴³ Lesbat Cavagnari, Geraldo. Ciencia y tecnología no Brasil: uma nova política para un

A diferencia de Argentina, en que el programa nuclear quedó bajo estricto control civil a partir de la administración de Raúl Alfonsín, en Brasil los militares conservan una importante influencia sobre el plan nuclear. La democratización no se completó en esta área en Brasil y por el contrario la CNEN salió en 1986 del Ministerio de Minas y Energía y fue transferido a la Casa Militar. Todo lo anterior hizo aumentar las sospechas frente a un programa paralelo. A fines de 1986 se reveló la existencia de instalaciones subterráneas en la base aeronáutica de Cachimbo, destinadas a efectuar ensayos nucleares. Por lo tanto, cuando Brasil anunció en septiembre de 1987 que sin ayuda externa había logrado el dominio completo del ciclo del combustible nuclear al producir uranio enriquecido por ultra centrifugación a través del programa paralelo de las Fuerzas Armadas y coordinado por la CNEN y el Consejo Nacional de Seguridad, no fue ninguna novedad ni para los brasileros ni para el mundo⁴⁴.

mundo global: situacao, avaliacao e perspectivas. *Estudios Estratégicos*, Campinas, 1993.p7,

⁴⁴ Millán, Víctor. Desarrollo y política de la energía nuclear en América Latina. *Anuario de Políticas Exteriores Latinoamericanas 1989-1990*. Caracas, Editorial Nueva Sociedad PROSPEL, 1990.p 444

Con todo, el programa nuclear de la Armada se fundamentaba en la premisa de una eventual confrontación con algún país vecino para lo cual la fuerza naval debía estar dotada de un submarino nuclear. Para la Marina, esa premisa fue confirmada en la Guerra de las Malvinas. Además la propulsión nuclear aplicada a submarinos constituye una evolución necesaria en la visión militar, la Marina no podía entrar al siglo XXI con un atraso tecnológico en relación a los países desarrollados⁴⁵.

En síntesis, la Marina de Brasil continúa con el programa pero las dificultades de financiar dicho proyecto lo han retrasado, faltan cerca de US\$ 200 millones para su conclusión. Considerando la falta de recursos del presupuesto de la Marina, que dispone de sólo cuarenta millones de reales, sería necesario un aporte adicional de recursos del orden de cuarenta millones de reales anuales para concluir el programa el año 2010⁴⁶.

Actualmente, de acuerdo a los resultados alcanzados en esta área, el programa

cuenta con nuevas y apropiadas instalaciones en Iperó, Municipio del Estado de Sao Paulo, que recibió el nombre de Centro Experimental de Aramar. La Copesp por su parte dispone de un centro de investigación avanzado capaz de desarrollar tecnología nuclear en escala industrial y el prototipo de reactor para un submarino nuclear.

Brasil y el TNP

Desde los inicios del desarrollo nuclear de Brasil, los objetivos en esta área tuvieron fines pacíficos, así lo demostró la participación de Brasil en el año 1962 en el Comité de Desarme en el seno de las Naciones Unidas, como uno de los 18 miembros de este Comité. Sin embargo, Brasil se abstuvo de firmar el TNP el año 1968.

En aquella oportunidad Brasil expuso:

“No cabe duda que deben proscribirse las armas nucleares, pero en forma tal que no restrinja el derecho a la utilización plena de la técnica nuclear para fines pacíficos. Las potencias que poseen esas armas sostienen reconocimiento oficial de su monopolio, además son partidarias de que se limiten las actividades pacíficas, puesto que es imposible

⁴⁵ Lesbat Cavagnari, 1993: Op. Cit., p. 7.

⁴⁶ *Programa Nuclear da Marinha do Brasil* Artigo da página MB <www.mar.mil.br> [Consulta: noviembre 2008].

distinguir la técnica nuclear para fines pacíficos de la técnica nuclear para fines militares. Brasil no tiene la intención de adquirir armas nucleares, ni de fabricarlas, pero no renunciará a su derecho de investigar sin limitaciones y, eventualmente a fabricar y/o recibir explosivos nucleares que le permitan efectuar obras de ingeniería”⁴⁷.

En 1990, el Presidente Collor de Mello manifestó que su país no firmaría el TNP porque injustamente restringía a los países en desarrollo el acceso a las tecnologías.

Se debe destacar que el programa nuclear de Brasil ha tenido participación permanente de las Fuerzas Armadas y al igual que Argentina ha logrado sus objetivos en el campo del desarrollo nuclear sin haber firmado el TNP.

Para Brasil “desarme” y “no proliferación” son caras de la misma moneda, pues sin un proceso de desarme efectivo, difícilmente podrán ser evitados los peligros de la proliferación. Así, con sólidas credenciales en el campo de la no proliferación, Brasil participa de las discusiones que se espera conduzcan al

proceso irreversible de desarme nuclear general y completo⁴⁸.

En septiembre de 1998, Brasil se adhirió al TNP. La conclusión, en el año 1996 de la negociación del Tratado para la Prohibición Completa de Pruebas Nucleares (CTBT) y los avances en el proceso de desarme nuclear con los Tratados START Y START II (firmados entre Rusia y Estados Unidos), constituyen los factores que motivaron la adhesión brasilera.

El TNP se ha convertido en un instrumento de adhesión prácticamente universal y en esos términos el Presidente Cardoso envió un mensaje el 20 de junio de 1997 al Congreso brasileiro solicitando su aprobación. En un discurso que pronunció, con la presencia de dos Embajadores especialmente invitados, de Argentina y de Estados Unidos, el Presidente Cardoso señaló que había llegado el momento de “*reevaluar con pragmatismo y serenidad, la posición brasilera frente al TNP*”. Era tiempo de influenciar el proceso de desarme desde

⁴⁷ Oficio del Ministerio de Relaciones Exteriores de Chile, Dirección de Política Especial N.º 34 del 27 de abril de 1978.

⁴⁸ Cubillos Meza, 2 El tratado de no proliferación nuclear: la vigencia de la norma en América Latina. *Universum*, Talca, v. 1, n. 20, 2005 p. 16.

adentro. Brasil no podía seguir aislado e inmobilizado. Nada ganaba Brasil, ausentándose del Tratado, nada perdía ya que el país había asumido compromisos de no proliferación⁴⁹.

De esta forma Brasil pasó a formar parte plenamente de un régimen de no proliferación nuclear.

El impacto económico, científico y tecnológico del desarrollo de la industria nuclear de Brasil

El desarrollo de la energía nuclear le ha permitido a Brasil contar hoy día con dos centrales en operación que generan más de 2.000 MW de electricidad. Con esta generación Brasil ha logrado sortear los problemas de abastecimiento de energía y le ha permitido además aplicar la energía nuclear a la industria. Así por ejemplo, Petrobrás, una de las mayores empresas de Brasil, es una de las grandes usuarias de técnicas nucleares, algunas desarrolladas en su propio centro de investigación. Como ejemplo, el uso de

fuentes radiactivas para procesamiento de petróleo en aguas profundas y medición sismográfica. También para la industria pesada nacional, la energía nuclear es considerada un capital estratégico⁵⁰.

En la agricultura, la aplicación de técnicas nucleares ha logrado importantes avances en la agroindustria del Brasil, con la irradiación de alimentos y la esterilización de productos para la exportación. Toda esta labor la realiza el Centro de Energía Nuclear en Agricultura (Cena). En esta misma área Brasil logró a través de las técnicas nucleares, plantar soja en áreas tropicales, técnica que sólo Brasil ha aplicado. En otras áreas como en ecotoxicología, las técnicas nucleares han permitido combatir la polución. Con radioisótopos y otros elementos es posible realizar identificaciones, mediciones y la dispersión de los contaminantes atmosféricos. Así el laboratorio de Monitoreo Electronuclear en Angra Do Reis, desarrolla un trabajo fundamental para garantizar la seguridad de la naturaleza en áreas protegidas⁵¹.

⁴⁹ Carasales, Julio César. *De rivales a socios: el proceso de cooperación entre Argentina y Brasil*. Buenos Aires: Instituto del Servicio Exterior de la Nación (ISEN) y Nuevo Hacer Grupo Editor Latinoamericano, 1997. P 111

⁵⁰ *Revista Brasil Nuclear*, v. 11, n. 27, set.-out. 2004. p. 2.

⁵¹ *Ibíd.*: v. 11, n. 27, set.-out. 2004. p. 5.

En síntesis, a lo largo de cincuenta años, Brasil ha logrado una tecnología autónoma en el campo nuclear, posee ricos yacimientos de uranio y además ha formado científicos en esta materia que hoy alcanzan a casi 4.000.

El impacto político-estratégico del desarrollo nuclear de Brasil

A lo largo de los años, el plan nuclear de Brasil enfrentó las presiones de las potencias nucleares, ello se debía principalmente, como ya se mencionó, a la postura de Brasil de no firmar el TNP, no someter la totalidad de sus instalaciones ni materiales nucleares a las salvaguardias impuestas por las potencias y a no ratificar el Tratado de Tlatelolco. Pero estas presiones y los obstáculos impuestos por las potencias fueron un incentivo para desarrollar una industria nuclear autónoma. Para Brasil, las imposiciones de las potencias le significaron también alejarse de la órbita de Estados Unidos y buscar otros socios nucleares, como la RFA.

Esta postura de desafío frente a la comunidad internacional dio a Brasil una fortaleza desde el punto de vista político-

estratégico ya que lo ha posicionado como un actor importante de la política mundial, este desarrollo le ha permitido, al igual que a Argentina, países considerados periféricos, alcanzar el status de potencias medias en la región, con un desarrollo nuclear casi a la altura de las potencias.

En el año 2008, Brasil mantenía su política de programa nuclear, el Presidente, Luíz Inácio Lula da Silva, haciendo uso de la atribución que le confiere el Artículo 84 inciso VI, de la Constitución Política de la República, creó con fecha 2 de julio de 2008 el Comité de Desarrollo del Programa Nuclear Brasileiro con el objeto de fijar las directrices y las metas para el desarrollo del programa nuclear y supervisar su ejecución. Así se evidenciaba una voluntad política de continuar con el desarrollo de la energía nuclear en el presente con una proyección de futuro⁵².

⁵² Senado Federal Subsecretaria de Informações, Decreto 2 de julio de 2008: Cria o Comitê de Desenvolvimento do Programa Nuclear Brasileiro.

Plan y política nuclear de Brasil

El programa nuclear brasilero se fundamentó el año 1977 en las necesidades energéticas del país y en las opciones para satisfacer esa demanda. Brasil, por su extensión geográfica, con más de 110 millones de habitantes en 1977, por el desarrollo económico y por el bienestar de su población necesitaba el suministro seguro y constante de energía.

Así, se promovía la utilización articulada de los recursos hídricos y de la energía nuclear, a mediano plazo, en la forma de complementación de las centrales hidroeléctricas con las centrales nucleoelectricas. A más largo plazo en la década de los noventa, por la utilización, crecientemente preponderante, de la energía nuclear en términos de electricidad producida. En este plan se proyectaba la necesidad de generar 10.000.000 de KW de potencia nuclear par el año 1990. Para 1982 y 1983 se proyectaban dos centrales de 1.200.000 KW de potencia cada una. Respecto al tipo de reactor, se optó por agua liviana-uranio enriquecido. Para ello, Brasil debía adquirir paulatinamente la tecnología para

lograr enriquecer uranio y asegurar el abastecimiento del combustible nuclear⁵³.

Junto al plan nuclear, el año 1988 se elevó a categoría de Ley de la República el desarrollo de la energía nuclear en Brasil. La Constitución Política de la República Federativa del Brasil del año 1988, en su Artículo 21, párrafo XXIII establece que corresponde al Gobierno Federal.

“explotar los servicios e instalaciones nucleares de cualquier naturaleza y ejercer el monopolio estatal sobre la investigación, el cateo, el enriquecimiento y procesamiento, la industrialización y el comercio de minerales nucleares y sus derivados, de acuerdo con los siguientes principios y condiciones”⁵⁴.

A modo de conclusión

Los factores que permitieron a Brasil convertirse en una potencia nuclear intermedia fueron, el proceso de industrialización que se desarrolló en el país en la primera mitad del siglo XX que demandó una gran cantidad de energía, la existencia de una tradición científico

⁵³ República Federativa del Brasil, 1977ª.

⁵⁴ Constitución Política de la República Federativa del Brasil, 1988: p 21.

tecnológica, la ayuda prestada por las potencias nucleares a los países en desarrollo, la existencia de uranio en su territorio y una visión político-estratégica de los gobernantes. Todos estos factores fueron determinantes en el desarrollo de la energía atómica en Brasil.

Brasil contó con la voluntad política de los gobiernos, con la existencia de científicos que se prepararon para este proyecto y la formación de una infraestructura científico-tecnológica que permitió crear centros de investigación del más alto nivel en la región y a nivel mundial. Los actores que promovieron el desarrollo de la energía nuclear en Brasil fueron los líderes políticos, entre ellos el Presidente Gétulio Vargas, también los científicos como el Almirante Álvaro Alberto.

Por otra parte, los obstáculos que debió enfrentar Brasil para lograr la autonomía en el campo nuclear impuestos por las mismas potencias nucleares que habían propiciado este desarrollo, fueron un incentivo importante para alcanzar un desarrollo nuclear autónomo.

Desde esta perspectiva y tomando en cuenta la dinámica de las Relaciones Internacionales de la Guerra Fría, en que las potencias nucleares imponían las reglas del juego, la actitud de Brasil fue un verdadero desafío al orden mundial.

Brasil incorporó la energía nuclear a un proyecto nacional, tanto el Presidente Gétulio Vargas como el Presidente Juscelino Kubitschek dieron impulso al desarrollo de la energía nuclear a través del Plan de Metas. Este desarrollo se mantuvo en el tiempo y de acuerdo a los diferentes gobiernos se plasmó en una política de Estado y luego pasó a la categoría de Ley cuando se incorporó a la Constitución Política de la República del Brasil en 1988.

Finalmente, Brasil anunció un plan atómico que en el corto plazo incluye la construcción de la usina Angra III, la que entraría en operaciones el año 2015, en Río de Janeiro, donde funcionan Angra I y Angra II, También proyecta instalar dos centrales en el noreste y dos más en el sureste del país las que entrarían a funcionar el año 2030.

Brasil produce el 80% de su energía a través de centrales hidroeléctricas y por ello es altamente vulnerable a los cambios climáticos y las sequías. En el caso del gas, el principal combustible del núcleo empresarial de Sao Paulo, que importa desde Bolivia, país que en épocas recientes ha reducido los envíos causando gran incertidumbre.

En este contexto el Ministro de Defensa de Brasil el año 2009 Nelson Jobim informó en el aniversario número 186 de la independencia nacional que se reactivaría la construcción del submarino nuclear y de la central Angra III además de la construcción de otras cuatro plantas nucleares, cada una con la capacidad de generar mil megawatts⁵⁵.

⁵⁵ Perrota, José Augusto Energía Nuclear ¿Riesgo u Oportunidades? En *Energía y Medioambiente: Una Ecuación Difícil para América Latina*. Colección IDEA Instituto de Estudios Avanzados Universidad de Santiago de Chile, 2011. P189

Bibliografía

Cubillos Meza, Adela. Chile frente a la no proliferación nuclear. *Cuadernos de Difusión de la Academia de Guerra del Ejército de Chile*, Santiago, n. 22, mayo 2005.

_____. *La energía nuclear en Chile: la dificultad de la formulación de una política nacional*. Tesis para optar al grado de Magíster en Estudios Internacionales, Instituto de Estudios Internacionales, Universidad de Chile. Santiago, 2002.

_____. “El tratado de no proliferación nuclear: la vigencia de la norma en América Latina. *Universum*, Talca, v. 1, n. 20, 2005b

Gall, Norman. Energía atómica para el Brasil, peligro para todos. *Estrategia*, Buenos Aires, n. 41, 1977.

Goldemberg, José. *Energía nuclear sim o nao?* Rio de Janeiro: José Olimpo Editora, 1987.

_____. *Um programa nuclear alternativo en energia nuclear em questao*. Río de Janeiro: Instituto Euvaldo Lodi, 1981. (Colecao Universidade e Industria, Monografías).

Grabendorff, Wolf. La política nuclear y de no proliferación de Brasil. *Estudios Internacionales*, Santiago, v. 20, n. 80, octubre-diciembre 1987.

Gugliamelli, Juan E. *Argentina, Brasil y la bomba atómica*. Buenos Aires: Ediciones Tierra Nueva; Editorial Sigilo XXI, 1976. (Colección Proceso).

_____. ¿Y si Brasil fabrica la bomba atómica? *Revista Estrategia*, Buenos Aires, n. 34-35, Mayo-Agosto 1975.

Kucinski, Bernardo. Energía nuclear y democracia: algunos aspectos políticos del Acuerdo de Cooperación Nuclear entre los Gobiernos de Brasil y la RFA. *Nueva Sociedad*, n. 31-32, julio-octubre 1977.

Lesbat Cavagnari, Geraldo. Ciencia y tecnología no Brasil: uma nova política para un mundo global: situacao, avaliacao e perspectivas. *Estudios Estratégicos*, Campinas, 1993.

Pérez, Luis. Presente y futuro de la energía nuclear en Sudamérica: un análisis. *Política y Estrategia*, Santiago, n. 59, 1993.

Perotta, José Augusto. Energía Nuclear ¿Riesgo u Oportunidades? En *Energía y Medioambiente: Una Ecuación Difícil para América Latina*. Colección IDEA Instituto de Estudios Avanzados Universidad de Santiago de Chile, 2011.

Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). Los átomos en el sistema de cuidado de la salud en América Latina: antecedentes históricos. *OIEA Boletín*, Viena, v. 29, n. 1, 1987.

Ribeiro de Andrade, Ana María. Quando a energia nuclear entra na agenda da política brasileira. En: *Simposio 31 ciencia y tecnología e historia económica*. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona, 2007.

Sábato, Jorge. El plan nuclear brasileño y la bomba atómica. *Revista Estudios internacionales*, Santiago, v. 11, n. 41, ene.-mar. 1978

Westerkamp, José F. La energía nuclear: Relevancias y perspectivas para América Latina y Estados Unidos. *Cuadernos Semestrales: Estados Unidos: Perspectivas Latinoamericana*, n. 15, 1984.