

**Los programas nucleoelectricos de Argentina, Brasil y México.
Un estudio comparativo de estrategias de desarrollo tecnológico ***

**Os programas de energia nuclear da Argentina, Brasil e México.
Um estudo comparativo de estratégias de desenvolvimento tecnológico**

***The Nuclear Power Programs of Argentina, Brazil and Mexico.
A Comparative Study of Technological Development Strategies***

Manuel José Lugones y Nevia Vera **

Entre las décadas de 1960 y 1980, Argentina, Brasil y México emprendieron la construcción de centrales nucleares de potencia. Si bien los tres compartieron objetivos similares en cuanto al logro de autonomía tecnológica en la materia, las estrategias seguidas mostraron diferencias significativas, lo que trajo como resultado diferentes grados de desarrollo de sus capacidades científico-tecnológicas e industriales, así como del ejercicio del poder de decisión nacional en el escenario internacional. El objetivo de este trabajo es realizar un estudio comparativo para establecer cuáles fueron las diferentes estrategias implementadas e identificar los resultados obtenidos en cuanto a capacidades tecnoproductivas, a partir de reconocer la importancia de la interrelación entre los factores locales y los condicionantes internacionales.

Palabras clave: Argentina; Brasil; México; programas nucleoelectricos; estrategias tecnoproductivas

Entre as décadas de 1960 e 1980 Argentina, Brasil e México empreenderam a construção de usinas nucleares. Embora os três países compartilhassem objetivos semelhantes em termos de autonomia tecnológica na matéria, as estratégias seguidas apresentaram diferenças significativas, o que resultou em diferentes graus de desenvolvimento de suas capacidades científico-tecnológicas e industriais, bem como no exercício do poder nacional de decisão no cenário internacional. O objetivo deste trabalho é realizar um estudo comparativo para estabelecer quais foram as diferentes estratégias implementadas e identificar os resultados obtidos em termos de capacidades tecno-productivas, a partir do reconhecimento da importância da inter-relação entre fatores locais e os condicionamentos internacionais.

Palavras-chave: Argentina; Brasil; México, programas nuclear-elétricos; estratégias tecno-productivas

* Recepción del artículo: 11/12/2022. Entrega de la evaluación final: 17/04/2023. El artículo pasó por una instancia de corrección y reevaluación.

** *Manuel Lugones*: candidato a doctor en ciencias sociales por la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO). Magíster en ciencia, tecnología y sociedad por la Universidad Nacional de Quilmes (UNQ), Argentina. Docente e investigador de la Universidad Nacional de Río Negro (UNRN), Argentina. Director del Observatorio en Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación Superior del Instituto de Estudios en Ciencia, Tecnología, Cultura y Desarrollo, UNRN. Correo electrónico: mlugones@unrn.edu.ar. *Nevia Vera*: doctora en ciencia política por la Universidad Nacional de San Martín (UNSAM), Argentina. Magíster en ciencias sociales con orientación en economía política de las relaciones internacionales por la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNICEN), Argentina. Becaria postdoctoral del CONICET y profesora del Departamento de Relaciones Internacionales de UNICEN. Miembro del Centro de Estudios Interdisciplinarios en Problemáticas Internacionales y Locales (CEIPIL). Correo electrónico: neviavera@fch.unicen.edu.ar.

Between the 1960s and 1980s, Argentina, Brazil, and Mexico undertook the construction of nuclear power plants. Although the three countries shared similar objectives in achieving technological autonomy in the field, the strategies followed showed significant differences, which resulted in diverse degrees of development of their scientific-technological and industrial capabilities, as well as in the exercise of national decision-making power in the international scenario. This article aims to conduct a comparative study to establish the different strategies implemented and identify the results obtained in techno-productive capabilities, recognizing the importance of the interrelation between local factors and international constraints.

Keywords: *Argentina; Brazil; Mexico; nucleo-electric programs; tecno-productive strategies*

Introducción

En América Latina, cuatro fueron los países que emprendieron la construcción de centrales nucleares de potencia entre las décadas de 1970 y 1980: Argentina, Brasil, México y Cuba. A diferencia de los tres primeros, este último país canceló en 1992 su programa nucleoelectrico como consecuencia del colapso de la Unión Soviética, lo que trajo aparejada la finalización de la asistencia técnica y económica (Serradet Acosta, 1995).¹ En consecuencia, en este trabajo se analizan los programas nucleoelectricos implementados por Argentina, Brasil y México, que efectivamente lograron poner en funcionamiento sus respectivas centrales nucleares, buscando identificar las estrategias desplegadas por dichos países para construirlas y ponerlas en marcha.

El desarrollo de la tecnología nuclear en los países seleccionados comenzó a ser delineado a mediados de la década del 1940, impulsado por la preocupación por identificar y controlar sus potenciales recursos uraníferos, los cuales, tras la explosión de las bombas atómicas lanzadas por Estados Unidos contra Japón, adquirieron un fuerte valor geoestratégico. A este interés inicial se agregó poco tiempo después, su potencial aprovechamiento para la generación de electricidad, que se materializó en los primeros años de la década del 1970. El desarrollo de estos programas nucleoelectricos coincidió con la génesis, maduración y crisis del modelo de acumulación por industrialización sustitutiva y estuvo fuertemente permeado por el objetivo de alcanzar la autonomía tecnológica. Ésta fue entendida como la ampliación de las capacidades de toma de decisión, por ejemplo, en la elección de la línea tecnológica más adecuada a los intereses del desarrollo nacional (Sabato y Mackenzie, 1982), y como una estrategia para reducir la dependencia a partir de inducir procesos de aprendizaje mediante el control de la inversión extranjera y la transferencia de tecnología externa, con el objetivo de impulsar el desarrollo tecnológico e industrial (Adler, 1987).

Si bien los tres países compartieron objetivos similares en cuanto al logro de autonomía tecnológica en la materia², las estrategias seguidas mostraron diferencias significativas, lo que trajo como resultado diferentes grados de desarrollo de sus capacidades científico-tecnológicas e industriales, así como del ejercicio del poder de decisión nacional que se puede apreciar en las distintas posiciones adoptadas con relación a los acuerdos internacionales de no proliferación de armas nucleares e intenciones de liderazgo a nivel regional.

El objetivo de este trabajo es realizar un estudio comparativo de estos tres casos, para establecer cuáles fueron las diferentes estrategias de desarrollo tecnológico implementadas entre 1960 y 1980 en la adquisición de centrales nucleares de potencia e identificar los resultados obtenidos en cuanto a capacidades tecno-productivas. En este sentido, si bien es posible distinguir factores comunes que atraviesan a los tres casos, interesa resaltar sus diferencias de forma tal de reconocer la importancia de la interrelación entre los factores locales y los condicionantes internacionales en el

¹ El programa nucleoelectrico cubano, formulado en 1976, se proponía reducir la dependencia energética del país mediante la construcción de 12 reactores distribuidos en 4 plantas nucleares. Entre 1983 y 1985 se puso en marcha la construcción de los dos primeros reactores en el Centro Nuclear de Jaragua, cuyas obras fueron suspendidas en 1992.

² Autores como Adler (1987) y Solingen (1993) discuten este aspecto, alegando que algunos fracasos del sector nuclear de Brasil, por ejemplo, fueron resultado de la ausencia de una ideología de autonomía tecnológica. Ciertamente Brasil presentó una mayor fragmentación doméstica en términos de actores involucrados en los proyectos nucleoelectricos, con diversas ideas y distintos grados de capacidad de *agenda-setting*, pero ello no implica que esta ideología haya estado ausente de las discusiones, como se demuestra en Ribeiro y Lopes (2013) o en Vera (2021).

despliegue de las estrategias de desarrollo tecno-productivo y la búsqueda de autonomía tecnológica.

En función de dicho objetivo, este trabajo se estructura de la siguiente manera. En la primera parte se describe el desarrollo de la nucleoelectricidad y la industria nuclear en el contexto internacional. En la segunda, tercera y cuarta secciones, se analiza el desarrollo de los programas nucleoelectricos de Argentina, Brasil y México, respectivamente. Finalmente, en el quinto apartado, se presentan las principales conclusiones que emergen del análisis comparativo de los tres casos nacionales.

1. El contexto internacional de la nucleoelectricidad

A partir de la finalización de la Segunda Guerra Mundial, las principales potencias de la época, Estados Unidos, la Unión Soviética, Inglaterra y Francia, comenzaron a explorar las aplicaciones civiles de la tecnología nuclear, lo que incluyó como objetivo avanzar en su aprovechamiento para la generación de electricidad, radioisótopos para distintos usos, etc., proclamando a la energía atómica como un instrumento para promover la modernización y el desarrollo económico. De esta forma, en el transcurso de la segunda mitad de la década de 1950, dichos países fueron poniendo a punto sus primeros reactores nucleares de potencia, en el caso de Francia e Inglaterra diseñados inicialmente para producir tanto electricidad como plutonio para la fabricación de bombas atómicas (Staebler, 1958; Csik, 1964).

En este contexto, es posible observar dos tendencias internacionales contradictorias, pero complementarias en términos geo-económicos y geopolíticos: por un lado, el despliegue de diversas estrategias para expandir el mercado nuclear, tanto a nivel nacional como mundial, y por el otro, intentos por impedir que otros países logren dominar la tecnología atómica. Por lo tanto, el desarrollo del sector estuvo atravesado por las iniciativas que procuraron imponer límites al acceso de tecnología bajo el argumento de impedir la proliferación de bombas atómicas, al mismo tiempo que se buscó lograr cierta difusión controlada de tecnología para generar nuevos mercados.

En esta dirección, Estados Unidos impulsó a partir de 1953 el programa “Átomos para la Paz”, cuyo objetivo explícito era el de fomentar la cooperación internacional a través de la exportación de reactores de investigación y la provisión de los materiales fisionables requeridos para su funcionamiento, aunque en términos implícitos, el programa se proponía abrir nuevos mercados para la industria nuclear norteamericana y consolidar su posición hegemónica en el escenario internacional al convertir a los países receptores de tecnología en dependientes de Estados Unidos (Sabato y Ramesh, 1980; Krige, 2006; Hurtado, 2014). Esta estrategia caracterizada como “control a través de la cooperación”, dio lugar a la creación del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) y las conferencias internacionales sobre los usos pacíficos de la energía atómica, la primera de las cuales tuvo lugar en 1955.

Por otra parte, las potencias nucleares se diferenciaron en función de la línea tecnológica seleccionada. Mientras que los Estados Unidos y la Unión Soviética optaron por reactores en base uranio enriquecido como combustible y agua liviana y grafito como moderador respectivamente -ya que en ese entonces eran los únicos países con capacidad para abastecer a escala industrial de dicho combustible-, Inglaterra y Francia se orientaron hacia reactores alimentados por uranio natural y agua pesada, con el objetivo explícito de garantizar su autonomía nuclear (Elli, 2016).

Es a partir de la década de 1960 que la industria nuclear se orientó a la construcción de reactores para uso exclusivo de generación eléctrica, lo que permitió reducir el costo de operación para atender la demanda de base en mercados con elevados costos de energía. Es decir que, tanto en términos técnicos como económicos, la nucleoelectricidad se fue constituyendo en una alternativa competitiva frente a centrales térmicas convencionales de igual potencia, lo que dio lugar a una rápida expansión en el número de centrales en operación y construcción (Alegría, *et. al.*, 1964).³ En esta década se consolidó el predominio de los Estados Unidos, que prácticamente monopolizó el comercio de reactores de potencia, así como de sus elementos combustibles, a través de dos empresas: *General Electric* y *Westinghouse*.

A comienzos de la década de 1970, como resultado del incremento del precio internacional del petróleo, se produjo una significativa aceleración de la industria nuclear que dio lugar a una mayor competencia comercial al ingresar al mercado nuevas empresas oferentes de tecnología: Francia (*Framatome*), Alemania Federal (*Kraftwerk Union*, del grupo *Siemens*) y Canadá (*Atomic Energy of Canada Limited – AECL-*), las cuales siguieron una estrategia basada en el otorgamiento de facilidades financieras y convenios de transferencia de tecnología.⁴ Esto implicó asumir riesgos comerciales al incurrir en una estimación a la baja de los costos de instalación y operación de centrales nucleares (Woite, 1978), ya que el aumento de los precios del petróleo provocó un incremento general del costo de la energía que afectó inclusive a la nucleoelectricidad. Esto condujo a una disminución de la demanda de electricidad, resultando en un significativo aumento de los costos de inversión y plazos de ejecución en la construcción de las nuevas centrales.

Por otro lado, se produjo un cambio sustantivo en la oferta tecnológica de reactores comerciales debido a la reorientación, por parte de Inglaterra y Francia, de sus líneas de desarrollo hacia reactores de uranio enriquecido, lo cual fue seguido por otros países como Alemania Federal. Esto fue posible gracias a que tales países dispusieron de la tecnología para el enriquecimiento de uranio, lo que permitió romper el monopolio de mercado en materia de combustible nuclear del que gozaban hasta ese momento los Estados Unidos y la Unión Soviética (Kucinski, 1977). En ese marco, el único país que continuó avanzando en la línea de uranio natural fue Canadá con los reactores de tipo CANDU (*Canadian Deuterium Uranium*), cuyo diseño fue realizado por la AECL y la *Ontario Power Generation*.

La detonación por parte de la India de un artefacto nuclear en 1974 impulsó a los países exportadores de tecnología atómica agrupados en el “Club de Londres” (luego formalizado en el *Nuclear Suppliers Group*), a imponer una serie de restricciones - efectivas a partir de 1977- para que los países de menor desarrollo no pudieran acceder a un dominio autónomo de la tecnología nuclear. Estados Unidos estableció como condición para garantizar el suministro de uranio enriquecido requerido por terceros países para el funcionamiento de sus centrales, la aplicación de salvaguardas de seguridad nuclear y su monitoreo a través del OIEA, así como la entrega de los residuos de uranio de los combustibles gastados. De esta forma, se ampliaron las restricciones ya existentes sobre la tecnología de enriquecimiento de uranio a las tecnologías para la producción de agua pesada y la fabricación de elementos

³ Entre 1966 y 1970 el número de reactores en operación pasó de 67 a 94, mientras que otros 177 estaban siendo construidos.

⁴ En el caso de los Estados Unidos, se reforzó el papel del *Eximbank* como agente financiero para apoyar la exportación de reactores de potencia. Para 1983, dicho banco había otorgado más de 60 préstamos a una docena de países para la construcción de plantas nucleares (Del Mar Rubio-Varas y De La Torre, 2016).

combustibles, las cuales pasaron a ser consideradas proliferantes. Estas medidas significaron severas dificultades al avance de los programas atómicos de varios países en desarrollo, entre ellos, como se verá más adelante, Argentina, Brasil y México.

En la década de 1980, el sector nucleoelectrico comenzó a evidenciar una serie de dificultades como resultado de la combinación de dos factores: primero, el accidente de Chernobyl fortaleció los reclamos de los grupos anti-nucleares que presionaron a los gobiernos para suspender los desarrollos atómicos por sus potenciales riesgos sociales y ambientales (lo cual tuvo incidencia en las decisiones tomadas en la década posterior, de acuerdo a Hurtado, 2014). Y segundo, los cambios económicos que se produjeron en esa década implicaron un aumento de los costos por encima de los límites calculados originalmente, lo que acarreó pérdidas financieras por los retrasos y cancelación de proyectos, a lo que se sumó un incremento en los precios del combustible nuclear, reduciéndose la competitividad del Kw/h producida por esta vía (Erramuspe, 1988).

En los próximos apartados se analiza con más detalle el desarrollo de los programas nucleoelectricos de Argentina, Brasil y México entre mediados de la década de 1940 y primeros años de la de 1990, tomando como elemento de contexto el despliegue de la nucleoelectricidad en el escenario internacional en dicho periodo.

2. Estudios de casos: Argentina, Brasil y México

2.1. Génesis y desarrollo del programa nucleoelectrico de Argentina

Al igual que en Brasil y México, las primeras iniciativas orientadas a impulsar la energía nuclear en Argentina se vincularon con el interés de garantizar el control nacional de los recursos uraníferos del país. En esta dirección, en 1945 la Dirección General de Fabricaciones Militares promovió la exploración y explotación de los recursos uraníferos en el territorio nacional para su potencial utilización como posible fuente de energía. Un año después, desde esa misma Dirección se propuso la creación de un Instituto Nacional de Investigaciones Físico-Químicas para impulsar el desarrollo de la física nuclear en el país. Sin embargo, este proyecto nunca fue concretado, y en su lugar, el Poder Ejecutivo Nacional (PEN) implementó en 1949 el proyecto secreto de fusión nuclear conocido como "Proyecto Huemul". Como consecuencia del volumen de recursos financieros que demandaba la ejecución del mismo, en 1950 se decidió crear Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA).

El dominio de la energía nuclear fue percibido como un instrumento capaz de generar una transformación de la estructura interna del país y su inserción en el mundo mediante un desarrollo tecnológico autónomo. En otros términos, el acceso a la tecnología nuclear permitiría resolver los problemas de abastecimiento energético, en estrecha relación con los objetivos de industrialización, y posicionar a la Argentina en el escenario internacional (Lugones, 2020).

En 1955, el entonces presidente de la CNEA, Pedro Iraolagoitia, confirmó en la Primera Conferencia Internacional sobre Usos Pacíficos de la Energía Atómica, que el desarrollo de la energía atómica se orientaría a corregir el déficit energético del país. Los resultados obtenidos en la identificación de yacimientos de uranio y la adquisición de las primeras facilidades industriales para su tratamiento, permitieron considerar que el país contaba con los recursos suficientes para concebir un "programa primario de generación de energía nuclear [...] sobre la base del uranio natural, obtenido de

minerales argentinos e íntegramente elaborado, tratado y envasado dentro del país” (citado en Hurtado, 2014, pág. 77). Esto implicó descartar el uso de uranio enriquecido y plutonio como combustible, fijándose como objetivo estratégico la producción nacional de combustible nuclear a partir de uranio natural, lo cual además garantizaba el ejercicio de la autonomía de decisión al no depender de proveedores externos, así como también contribuir a la diversificación de la matriz energética (Sabato, 1970).⁵

En base a estas consideraciones, en 1957 se rechazó una propuesta formal de Inglaterra para adquirir un reactor nuclear de potencia. La compra fue desestimada aduciendo que el proyecto no reunía las condiciones adecuadas en cuanto a los costos de instalación y operación de la central, así como también con relación a la participación del personal técnico de la institución e industria nacional en su construcción (Alegria *et al.*, 1964).

Por otra parte, el sistema energético estaba estructurado en torno a múltiples actores, cada uno encargado de una fuente energética en particular, que competían entre sí para imponer soluciones a las necesidades de expansión del sistema de generación eléctrica. En este contexto el sector nuclear, al no pertenecer institucionalmente a dicha área, obligó a la CNEA a buscar la complementación entre los objetivos en materia nuclear con los de sector energía, así como también incorporar objetivos adicionales para legitimar la validez de la opción nuclear, de forma tal de contar con los avales para la aprobación de los proyectos de inversión de centrales de potencia (Lugones, 2020). Al definirse a las centrales nucleares como una “industria industrializante”, se afirmaba que el programa nucleoelectrico podría contribuir al proceso de industrialización, al fomentar el desarrollo de nuevas líneas de producción de equipos, productos semi-elaborados y/o materias primas; aumentar la escala y calidad e inducir menores costos en campos de producción existentes (Martin, 1969; Sabato, Wortman y Gargiulo, 1978). Esto implicaba construir más de una central ya que, al tratarse de una industria capital-intensiva, su desarrollo sólo podría alcanzarse con elevados niveles de inversión sostenidos en el tiempo (Csik, 1964).

En 1964 se inició el programa nucleoelectrico al solicitar el PEN un estudio de factibilidad para incorporar al sistema público de generación eléctrica un reactor de potencia para atender la demanda del sistema eléctrico del mercado del Gran Buenos Aires-Litoral (GBA-L). En 1968, la Empresa Provincial de Energía de Córdoba (EPEC) solicitó un segundo estudio de factibilidad para evaluar la inclusión de una central nuclear para abastecer el sistema eléctrico de dicha provincia.

Ambos estudios demandaron, por un lado, un significativo esfuerzo para comprender las necesidades del sistema eléctrico nacional e identificar los escenarios que tornaran factible la utilización de la energía nuclear. Y por el otro, identificar las posibilidades de participación de la industria nacional. De esta forma, al realizarse los llamados a licitación para la adquisición de las centrales nucleares de Atucha I (GBA-L) y Embalse (Córdoba), se estableció como condición que los proveedores externos debían transferir la tecnología de fabricación de los elementos combustibles, permitir la participación del personal de la CNEA en el diseño de las centrales e impulsar procesos de asistencia técnica a las empresas proveedoras nacionales, estrategia caracterizada como “apertura del paquete tecnológico” (Sabato y Mackenzie, 1982).

⁵ Desde 1953 la CNEA gozó del control exclusivo sobre la propiedad de mineral radioactivo, monopolio que fue ratificado en 1956 a través del Decreto-Ley N° 22.477 que estableció el control exclusivo sobre la producción de dichos minerales.

Con relación a la articulación con la política energética, la CNEA mostró especial precaución para identificar aquellos períodos en que la demanda creciente de electricidad no podría ser satisfecha mediante las incorporaciones de equipamiento, principalmente hidroeléctrico, ya comprometidos. En el caso de Atucha I, en el estudio de factibilidad se estableció la fecha de incorporación al sistema contemplando los plazos de conclusión de las obras e incorporación al sistema del complejo hidroeléctrico Chocón-Cerros Colorados (CNEA, 1965). Esto no implicó que el programa nucleoelectrico no enfrentara diversos cuestionamientos. Al momento de concretarse la decisión de adquirir la primera central nuclear se registraron discusiones respecto a la potencia neta de la misma. Mientras que la CNEA había indicado que la central debía tener una potencia de 500 Mw, la Secretaria de Energía, siguiendo las estimaciones del Plan de Desarrollo 1965 elaborado por el CONADE, sostenía que la misma no debía superar los 300 Mw. Como resultado de esta discusión se aprobó la construcción de una central de 300 Mw que debía entrar en operación más tardar en junio de 1973, con el objetivo de cubrir déficit de oferta del sistema de generación hasta la entrada en operación de los complejos hidroeléctricos (Martínez Vidal, 1972).

A partir de 1964, se aprecia el importante esfuerzo realizado por la CNEA para articular sus intereses con los objetivos de la política energética: ampliar la capacidad de generación del sistema público mediante la expansión de la hidroelectricidad, una utilización equilibrada de las diferentes fuentes de energía y la sustitución de hidrocarburos en la generación de electricidad. Por lo tanto, la entrada en operación de Atucha I no afectaba las obras de los proyectos hidroeléctricos contemplados (Chocón-Cerro Colorados y Salto Grande). Asimismo, incorporaba otros elementos para justificar el plan nucleoelectrico: incrementar la disponibilidad de gas para aquellas ramas industriales que lo utilizan como materia prima y no pueden sustituirlo, y contribuir —a través del desarrollo de proveedores- al proceso de industrialización de la industria metalmeccánica (Lugones, 2020).

En la primera mitad de la década de 1970 se inició un proceso de reformulación del plan nucleoelectrico alentado por una serie de estudios prospectivos que indicaban altas tasas de crecimiento del PBI, y en consecuencia, de la demanda de electricidad, sobre los supuestos de que para inicios de la década de 1980 se habría alcanzado el pleno aprovechamiento de los recursos hidroeléctricos y se sostendría el objetivo de sustituir los combustibles fósiles en la matriz de generación. Sobre estos elementos, se concluyó que para 1990 la creciente demanda de electricidad exigiría una utilización continua y creciente de centrales nucleares para cubrir los requerimientos de energía térmica de base. De esta forma, según las estimaciones, para dicho año debería haber un total de once centrales en funcionamiento, lo que demandaría una inversión superior a los 4.300 millones de dólares de la época (Bravo, Sarraillet y Suárez, 1969; Suárez y Bravo, 1972; PEN, 1973; Gargiulo, 1974; Castro Madero, 1976).

En función de estos elementos, en 1974 se elevó al PEN el proyecto de un nuevo plan nuclear que establecía que las centrales debían operar con total independencia de aprovisionamiento de insumos importados, lo cual implicaba alcanzar la fabricación local de los elementos combustibles y agua pesada. La línea tecnológica elegida para las futuras centrales serían los reactores tipo CANDU (el mismo tipo de reactor seleccionado para central de Embalse), ya que éstos presentaban los mayores potenciales de participación de la industria local y de dominio del ciclo del combustible. Finalmente, a mediano plazo el programa se autofinanciaría con los ingresos generados por la venta de electricidad e insumos nucleares (CNEA, 1974; Castro

Madero, 1976). Esto permitiría posicionar al país como proveedor regional de tecnología nuclear frente a un mercado nucleoelectrico en expansión a nivel mundial. Este Plan fue aprobado en 1979 con motivo de autorizar el llamado a licitación internacional para la construcción de la central nuclear de Atucha II y de la Planta Industrial de Agua Pesada (PIAP).

El proceso de ejecución del nuevo plan se dio en un contexto caracterizado por la implementación de las restricciones de acceso a tecnologías impuestas por el *Nuclear Suppliers Group* luego de la mencionada explosión india. Esto obligó a la CNEA, por un lado, a redefinir los acuerdos de transferencia que mantenía con sus proveedores internacionales: *Siemens* (para Atucha I y II) y *AECL* (en Embalse). Y por el otro, acelerar la instalación de facilidades industriales para la provisión de insumos nucleares (Hurtado, 2014).⁶ Esto dio como resultado la conformación de un conjunto de empresas asociadas para encargarse de la producción a escala industrial de diferentes insumos: Nuclear Mendoza (dióxido de uranio); CONUAR y FAE (elementos combustibles y aleaciones especiales) y ENSI (agua pesada). A éstas se sumaron la creación de INVAP para el desarrollo de diversas tecnologías y ENACE para el diseño y construcción de las centrales nucleares (Rodríguez, 2020).

A mediados de la década de 1980, la CNEA tenía dos centrales nucleares en funcionamiento y una tercera en construcción. Asimismo, estaba en edificación la PIAP y se habían puesto en funcionamiento instalaciones industriales para la producción de componentes en aleaciones especiales y combustible nuclear. Esto demandó un esfuerzo creciente en términos presupuestarios en un escenario de restricción financiera, que alentó un creciente cuestionamiento al programa nucleoelectrico. Desde diferentes sectores se propuso reorientar las inversiones del área energética hacia equipamientos térmicos convencionales, dado su menor costo de inversión y construcción, y por ser además de un tamaño más adecuado a la demanda de electricidad (Lugones, 2020).

A principios de la década de 1990, la primera y segunda reformas del Estado produjeron un cambio drástico en su perfil al reducir su intervención sobre la economía. En el caso del sector energético, con la privatización de las empresas públicas que en él operaban se eliminó la presencia predominante del sector público como actor que establecía las pautas y directrices de la cadena energética (Ceppi, 2018). En el sector nuclear en particular, esto se combinó con cambios en la política exterior de Argentina (que pasó a alinearse con Estados Unidos), lo que condujo a la paralización del plan nuclear dando inicio a un proceso de reforma institucional del área. Por un lado, se transfirió el control de las centrales nucleares a la empresa estatal creada a tal efecto (Nucleoelectrica Argentina), y por el otro, se concretó la ratificación de los tratados internacionales de no proliferación nuclear.

⁶ Con respecto a la redefinición del contrato con AECL, las negociaciones estuvieron fuertemente condicionadas por dos factores: uno, porque el desarrollo atómico de la India se basó en tecnología canadiense, lo que impulsó a que dicho país pautara en 1976 que no transferiría tecnología a países que no hubiesen sometido todas sus instalaciones a salvaguardas del OIEA. Y dos, por las facilidades de financiamiento otorgadas por la AECL que motivó duros cuestionamientos entre distintos sectores políticos que presionaban al gobierno de Canadá para modificar los términos de los contratos firmados con Argentina. En el caso de Siemens, esta empresa exigió extender las salvaguardas que cubrían la central de Atucha I a toda su vida útil como condición para continuar abasteciendo de combustible a la misma. Dicha exigencia se dio cuando la CNEA aún no estaba en condiciones de construir integralmente los elementos combustibles para dicha central (Castro Madero y Tackacs, 1991).

2.2. Génesis y desarrollo del programa nucleoelectrico de Brasil

Al igual que en la Argentina y México, la cuestión nuclear emergió en la agenda pública brasileña en 1940. Sin embargo, a diferencia de los otros dos países, lo hizo con la firma del programa secreto de Cooperación para Prospección de Recursos Minerales con Estados Unidos, por el que Brasil se comprometió a abastecer a dicho país anualmente de cinco mil toneladas de monazita, mineral que contiene uranio (Grabendorff, 1987). Este acuerdo fue cuestionado por el oficial de la Marina Álvaro Alberto da Motta,⁷ que planteó -como delegado brasileño ante la Comisión de Energía Atómica del Consejo de Seguridad de las Naciones Unidas- la tesis de las “compensaciones específicas”, según la cual los países exportadores de minerales debían ser compensados con transferencia de tecnología nuclear. Es decir, proponía que la relación entre Brasil y Estados Unidos se basara en la complementación del comercio de tecnología y minerales utilizados en la producción de energía nuclear, postura que era visualizada como una defensa de la soberanía nacional y de autonomía tecnológica (Ribeiro, 2012).

Entre 1946 y 1951 se produjo una alianza entre militares y científicos que dio lugar a la creación del *Conselho Nacional de Pesquisas* (CNPq), cuyo primer director fue el mismo Álvaro Alberto, quien destinó una parte significativa de los recursos a montar una infraestructura para el desarrollo de investigaciones atómicas, considerado por los militares como un factor estratégico para la independencia económica y la defensa y seguridad nacional (Fernández, 2011; Cubillos Meza, 2012; Ribeiro, 2012).⁸

En 1956, con el lanzamiento del Plan de Metas bajo el gobierno de Juscelino Kubitschek, se dispuso la creación de la Comisión Nacional de Energía Nuclear (CNEN), dando lugar a un proceso de diferenciación institucional del sector respecto del CNPq, y de centralización de las actividades nucleares al traspasarse los diferentes institutos existentes al nuevo organismo. En este contexto, y en el marco de la profundización de las relaciones de cooperación con Estados Unidos a través del programa Átomos para la Paz, se planteó la posibilidad de instalar una central nuclear de potencia en Mambucaba (Río de Janeiro) para abastecer la demanda de electricidad del centro-sur del país atendiendo a las proyecciones de crecimiento económico. En dicho Plan se identificaba como necesidad realizar una fuerte inversión en la infraestructura energética, especialmente en el campo de la hidroelectricidad y la industria petrolera, dado que su estado de desarrollo actuaba como un cuello de botella para profundizar el proceso de industrialización del Brasil (Lessa, 1967).

En 1956 la CNEN recibió una oferta formal de las empresas norteamericanas *Westinghouse* y *American & Foreign Power Company* (AMFORP) para adquirir un reactor de potencia. Sin embargo, al igual que la Argentina, la CNEN desestimó la oferta argumentando que el acuerdo propuesto poseía cláusulas muy restrictivas y que se debía esperar la conformación del OIEA (Fernández, 2011).

El primer esbozo de un plan nucleoelectrico (1956-1961) se orientó a la promoción de una industria nuclear basada en la utilización de reactores de uranio enriquecido y

⁷ Álvaro Alberto de Motta, químico y profesor de la Escuela Naval, fue presidente de la Academia Nacional de Ciencias de Brasil (1949-1951), fundador y vice-presidente del Centro Brasileño de Pesquisas Físicas (1949-1955) y fundador y presidente del CNPq (1951-1955).

⁸ Esto dio lugar a la creación, dentro de la estructura del CNPq de la Comisión de Energía Atómica, desde la cual se impulsó la creación del Instituto de Energía Atómica en convenio con la Universidad de São Paulo, donde se instaló el primer reactor de investigación de Brasil adquirido por medio del programa Átomos para la Paz. Asimismo, fueron creados el Instituto de Investigaciones Radiactivas, el Instituto de Ingeniería Nuclear y el Laboratorio de Dosimetría.

agua liviana, siguiendo el modelo norteamericano. Sin embargo, entre 1961 y 1964, se buscó disminuir la dependencia con Estados Unidos reorientando la cooperación nuclear internacional hacia Europa -específicamente Francia, país con el cual se suscribieron varios acuerdos- y hacia el grupo de países considerados del Tercer Mundo o en desarrollo (Flemes, 2006; Cubillos Meza, 2012). Esto dio lugar a que se propusiera seguir el modelo francés basado en reactores de uranio natural de agua pesada, dada la existencia de reservas comprobadas de minerales de torio en el país,⁹ lo cual a su vez permitiría obtener como subproducto plutonio que podría ser utilizado tanto para fines pacíficos como militares (Grabendorff, 1987; Kuramoto y Appoloni, 2002).

Tras el golpe de Estado de 1964 y la instalación de un régimen militar con una ideología de desarrollismo nacionalista se inició, según Grabendorff (1987), la fase más activa del programa nuclear brasileño, al ser declarado por el Consejo Nacional de Seguridad como una prioridad para impulsar el desarrollo del país. En este contexto, en 1967 la CNEN recomendó continuar con los planes de instalación de un reactor de potencia, y en tal línea se propuso que, si bien se debía adquirir la central en el exterior, el país tenía que avanzar en la producción nacional de los combustibles nucleares como garantía de autonomía tecnológica. Pero a diferencia de la etapa anterior, frente a la presión de los Estados Unidos y con el objetivo de mantener buenas relaciones diplomáticas, se retomó la colaboración con este país y se dispusieron moratorias a los acuerdos alcanzados con Francia.

En 1970, con el anuncio de Argentina de la construir Atucha I, Brasil decidió avanzar en la construcción de su primera central: Angra I (Flemes, 2006). De esta forma, ese año se adjudicó a la empresa norteamericana *Westinghouse* el proyecto de construcción de un reactor de agua liviana presurizada y uranio enriquecido –PWR- con una potencia neta de 626 Mw¹⁰. Un año después, para supervisar el desarrollo del programa nuclear se creó la Compañía Brasileña de Tecnología Nuclear (CBTN), la cual formalizó el acuerdo con *Westinghouse* en 1972.

El proyecto Angra I recibió fuertes críticas: en primer lugar, se afirmó que la central no era necesaria teniendo en cuenta el potencial hidroeléctrico del país. Y en segundo lugar que, por tratarse de un proyecto “llave en mano”, los acuerdos alcanzados con los Estados Unidos retrasaban el desarrollo de la autonomía tecnológica al tener que depender de la importación del combustible y al no existir transferencia de tecnología (Ribeiro, 2012; Carpes, 2014). Además, a diferencia de lo ocurrido en la Argentina, según Cubillos Meza (2012), en el estudio de factibilidad no se abordó cuál sería la participación de la industria nacional, así como tampoco la de los científicos y técnicos locales, ni cómo se garantizaría el abastecimiento del uranio enriquecido para el funcionamiento de la central.¹¹

⁹ En 1961 mediante la Ley N° 4.118 se decretó el monopolio estatal de los minerales para la producción de energía nuclear.

¹⁰ De acuerdo a Aquilino Senra (ex director de INB), en una entrevista personal, el reactor de *Westinghouse* fue seleccionado, entre otros factores, debido al bajo precio ofrecido. Esto respondió al interés de la empresa de obtener los contratos para futuras centrales de potencia. Según Senra, esto derivó en la utilización de materiales de baja calidad como forma de reducción de costos, a lo que él le atribuye el mal funcionamiento de la central de Angra I.

¹¹ La solución para el abastecimiento del combustible para la central de Angra I se resolvió en 1972 a través de la firma de un tratado trilateral entre Brasil, los Estados Unidos y el OIEA por el cual los dos primeros se comprometían a que la provisión del uranio enriquecido cumpliera con las salvaguardas establecidas por el organismo internacional.

En la primera mitad de la década de 1970, en el marco de los efectos del crecimiento económico del denominado “milagro brasileño”, el régimen militar esperaba convertir al país en una potencia industrial y militar. En función de tal objetivo, y frente a la crisis internacional del petróleo, se propuso lograr la autonomía energética, pues según las proyecciones, para el año 2000 habría un déficit energético ya que la demanda de energía no podría ser cubierta por medio de la hidroelectricidad y exigiría incrementar las importaciones de petróleo. En consecuencia, se propuso elevar la participación de la nucleoelectricidad al 53% de la oferta total (Kuramoto y Appoloni, 2002). De esta forma en 1975 se anunció un ambicioso plan nuclear que se estructuró en torno a un acuerdo de cooperación firmado ese año con Alemania Federal. Mientras que para este país el acuerdo representaba la apertura de un nuevo mercado para su industria nuclear, para Brasil significaba la posibilidad de evadir las restricciones que imponía los Estados Unidos en el acceso a tecnologías (Kuramoto y Apoloni, 2002).

El plan contemplaba la construcción de ocho reactores de 1300 Mw de potencia cada uno del tipo PWR, los cuales entrarían en operación de forma escalonada a lo largo de la década de 1980. Las centrales (a excepción de las dos primeras) serían construidas por una empresa conjunta entre los dos países, previéndose una participación creciente de la industria brasileña en la provisión de componentes. Por otro lado, el acuerdo incluía la construcción de una planta semi-industrial de enriquecimiento de uranio por el método de jet-centrífugo y de una planta piloto para el reprocesamiento del combustible gastado¹². Para implementar el acuerdo, la empresa estatal CBTN se transformó en Nuclebras (como contraparte de Petrobras para el sector petrolero y Eletrobras para el sector eléctrico) y se alentó la creación de un conjunto de compañías subsidiarias. El plan tenía un plazo de ejecución de 15 años y demandaría una inversión total de 10.000 millones de dólares (Kucinski, 1977; Grabendorff, 1987). Las empresas del sector eléctrico (Eletrobrás, y su subsidiaria FURNAS Centrális Eléctricas S.A.) participarían del plan: (i) realizando los estudios económicos, (ii) aportando financiamiento, (iii) contratando la construcción de las centrales y (iv) encargándose de su explotación comercial una vez que entraran en funcionamiento.

En los primeros años de la década de 1980, la ejecución del programa nuclear comenzó a mostrar diversas dificultades técnicas (en la puesta en marcha de Angra I), económicas (por la situación financiera derivada de la crisis de la deuda que obligó a paralizar las obras de las centrales de Angra II y III) políticas (por la presión pública en Alemania de grupos anti-nucleares y pro derechos humanos contrarios a la transferencia tecnológica a regímenes militares); y luego, con el retorno a la democracia, por el cuestionamiento al programa paralelo¹³. Por otra parte, la planificación financiera del programa mostró contradicciones respecto del escenario imperante: el costo total se elevó a 36.000 millones de dólares, mientras que el costo estimado de Kw por vía nuclear se incrementó de 400 a 3000 dólares, frente al costo

¹² Este acuerdo fue criticado por diferentes actores, tanto a nivel interno como externo. Por un lado, la Sociedad Brasileña de Física manifestó en 1978 que el mismo tornaría al país dependiente de Alemania en la producción y acceso de equipamientos por un tiempo indeterminado. En segundo término, debido a la elección de la tecnología del jet-centrífugo para el enriquecimiento de uranio, que en ese entonces no había sido probada aún a escala industrial. Desde el exterior, se manifestó la preocupación de que Brasil dispusiera de las materias primas necesarias para la fabricación de armas atómicas (Kuramoto y Appoloni, 2002).

¹³ En 1979 se inició el “programa nuclear paralelo”, impulsado por la Marina, la CNEN y el Instituto de Pesquisas Energéticas y Nucleares (IPEN). El mismo estuvo motivado por la expansión del programa nuclear argentino y las dificultades técnicas y económicas encontradas en la tecnología de enriquecimiento de uranio por jet-centrífugo. Esto llevó a la Marina a impulsar un proyecto secreto para desarrollar la tecnología de enriquecimiento uranio por medio de la tecnología de ultracentrifugado y un pequeño reactor para la propulsión de submarinos, evitando el escrutinio internacional (Kuramoto y Appoloni, 2002; Bandarra, 2016).

de la energía hidroeléctrica que era de 300 dólares (Kuramoto y Appoloni, 2002; Cubillos Meza, 2012).¹⁴

El nuevo gobierno democrático encaró, a partir de 1985, una serie de medidas de estabilización económica destinadas a reducir el gasto público, por lo que se impulsó un proceso de privatización que llevó al cierre de un conjunto de empresas creadas en torno al programa nuclear.¹⁵ Como resultado de ese proceso, en 1989 Nuclebras fue desmantelada y se conformó por un lado Nuclep orientada a la fabricación de equipos pesados para diferentes sectores industriales, y por el otro, Industrias Nucleares de Brasil (INB), encargada de administrar la planta de combustibles nucleares, es decir, concentrada en las diferentes actividades vinculadas al ciclo de combustible nuclear. Dicha medida se justificó en la necesidad de mejorar la eficiencia y reducir los costos del complejo nuclear. Por otro lado, la administración de los reactores nucleares recayó exclusivamente en FURNAS, con el objetivo de mejorar la gestión del sistema eléctrico (Bandarra, 2016).

Por otro lado, se produjo una redefinición de las prioridades energéticas orientándose los esfuerzos financieros al crecimiento de la hidroelectricidad y facilitando el acceso de actores privados en el sector energético. En consecuencia, las dos principales compañías del sector, Petrobras y Eletrobras, vendieron parte de su paquete accionario a privados, reconvirtiéndose en sociedades mixtas. No obstante, se mantuvieron vigentes los objetivos de finalizar la construcción de las centrales de Angra II y III. En el caso de Angra II las obras (demoradas desde 1983) se retomaron en 1996 al comenzar la instalación del sistema eléctrico de la central, entrando en operación finalmente en 2001. Mientras que Angra III se paralizó desde 1986 y no tuvo mayores avances durante la década de 1990 (aunque el proyecto fue relanzado en 2019). Por otro lado, los cambios en la estrategia de política exterior llevaron a un acercamiento en el campo nuclear con la Argentina que incluyó el hecho inédito de la visita del presidente brasileño J. Sarney a la planta piloto de enriquecimiento de uranio en la provincia de Río Negro y la creación de la Agencia Brasileño-Argentina de Contabilidad y Control de Materiales Nucleares (ABACC) en 1991. Este proceso de modificación de la política exterior concluyó en 1998, luego de la adhesión de Brasil a los tratados de no proliferación nuclear.

2.3. Génesis y desarrollo del programa nucleoelectrico de México

A mediados de la década de 1940 emergió en México el interés por la cuestión nuclear al identificarse a la tecnología atómica como un instrumento para impulsar el desarrollo científico y buscar soluciones a los problemas nacionales con una tecnología generada en el país (Azuela y Talancón, 1996). En 1949 se adoptaron las primeras medidas tendientes a la institucionalización de la actividad al promulgarse la llamada Ley Nuclear bajo el gobierno de Miguel Alemán (1946-1952). Según esta Ley, las reservas minerales de sustancias radiactivas pasaban a ser propiedad del Estado nacional, asignándose su explotación a la Comisión Nacional de Fomento Minero. De esta forma, al igual que en la Argentina, el programa nuclear tomó como punto de partida el control nacional de los recursos uraníferos al reconocerse su valor geoestratégico.

¹⁴ En este contexto, se produjo una significativa expansión de la producción hidrocarbúrfica, a partir de desarrollos tecnológicos realizados por Petrobras para la exploración de yacimientos submarinos, junto con el crecimiento de otras fuentes energéticas como el biodiesel, lo que permitió reducir la importación de combustibles.

¹⁵ Es decir, las empresas Nuclan, Nuclei, Nuclemon y Nucon.

En la década de 1950, al incorporarse México al programa “Átomos para la Paz”, se registró un crecimiento del sector a partir de intercambios con centros de investigación de los Estados Unidos y el desarrollo de proyectos relegados, hasta ese momento, al ámbito específicamente académico. Este crecimiento llevó a que, en 1956, se creara la Comisión Nacional de Energía Nuclear (CNEN) como órgano encargado de la ejecución del programa nuclear, pasando a depender de éste el Instituto Nacional de Investigación Científica (INIC)¹⁶ y las diferentes actividades de investigación en física nuclear: por ejemplo las labores de prospección y tratamiento de uranio y teoría de reactores.

Uno de los argumentos utilizados para justificar la creación de la CNEN fue que la tecnología atómica podía proporcionar nuevas fuentes de energía en el marco de procesos de profundización del modelo de industrialización. En esta dirección, en 1958 se conformó la Sección Energética que tenía por objetivos determinar el potencial energético del país haciendo una evaluación del aprovechamiento de sus diferentes recursos y el crecimiento de la demanda de electricidad. Se trataba de fundamentar empíricamente la nucleoelectricidad, posibilidad que también comenzó a evaluar la Comisión Federal de Electricidad (CFE) al observar la evolución de la industria nuclear norteamericana y el desarrollo de equipamientos económicamente competitivos en comparación con las centrales térmicas convencionales, volcándose en una primera instancia, al igual que la Argentina, hacia reactores de uranio natural y agua pesada (Azuela y Talancón, 1996).

En la década de 1960, dos hechos tuvieron incidencia en el desarrollo del sector nuclear: primero, la nacionalización del suministro de electricidad y su organización como servicio público integrado verticalmente a través de la CFE y la Compañía de Luz y Fuerza del Centro, lo que permitió un rápido crecimiento tanto de la demanda como de la oferta de electricidad en el proceso conocido como “desarrollo estabilizador” (Randall y Rivero, 1979; Rodríguez Padilla, 2016).

En segundo lugar, la iniciativa del gobierno mexicano de impulsar una política de creación de zonas libres de armas nucleares en el continente americano, iniciativa que fue fruto de las tensiones regionales sufridas por la crisis de los misiles cubanos de 1962 y dio lugar al Tratado de Tlatelolco, que entró en vigor en 1969 convirtiendo a México en uno de los principales promotores de la desnuclearización regional (Sotomayor, 2013). Azuela y Talancón (1996) mencionan que, paradójicamente, esta posición internacional impulsada por el gobierno puso en conflicto algunos de los programas desarrollados por la CNEN, en particular el proyecto de construcción de un “reactor mexicano”,¹⁷ cuestión que se resolvió en 1964 al iniciarse la construcción del Centro Nuclear Salazar, que incluía la instalación de un reactor de investigación adquirido a través del OIEA.

A mediados de la década de 1960 la CNEN y la CFE comenzaron a evaluar la posibilidad de instalar una central nuclear de potencia, lo que derivó en la presentación

¹⁶ El INIC fue creado en 1950 con el objetivo de fomentar el desarrollo del sistema científico nacional. El principal antecedente de este organismo era el Consejo Nacional de la Educación Superior y de la Investigación Científica (CONESIC), creado en 1935, dentro del cual funcionó la primera institución dedicada a la formación en física nuclear en México. Azuela y Talancón (1996) resaltan que este primer centro de formación en física funcionó en la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del Instituto Politécnico Nacional, que tuvo una participación activa en el desarrollo de la industria eléctrica mexicana con la creación de la Comisión Federal de Electricidad en 1937.

¹⁷ En ese entonces, la CNEN se proponía construir un reactor de potencia cero (reactor experimental) que permitiera generar las capacidades para avanzar posteriormente en el desarrollo de reactores de investigación y potencia.

en 1965 del estudio: “Posibilidades de integración de centrales nucleares en los sistemas eléctricos nacionales”. En el mismo se remarcaba que en lo inmediato una central nuclear no podía competir económicamente con una central térmica convencional, pero que el sistema centro-sur del país tenía la capacidad suficiente para la instalación de una central a partir de 1972 en el orden de los 300 Mw para aportar energía de base (Azuela y Talancón, 1996).

Aunque el estudio fue realizado por ambos organismos, la relación entre éstos estuvo atravesada por conflictos derivados de la superposición de funciones. Si bien la CNEN era la encargada de todas las actividades relacionadas con el ámbito nuclear, le correspondía a la CFE todo lo vinculado con la generación de electricidad independientemente de su origen. A esto se sumaba el hecho de que la CFE contaba con mayores recursos técnicos dada la experiencia en la gestión de proyectos de construcción y operación de centrales hidroeléctricas y térmicas convencionales, incluyendo la formación de recursos humanos, la participación de empresas nacionales y extranjeras de ingeniería y la administración de procesos de transferencia de tecnología. Por otro lado, si bien el proyecto nucleoelectrico era uno de los objetivos originales de la CNEN, en ese momento su interés principal se dirigía a poner en marcha el Centro Nuclear Salazar y desarrollar un plan de desalinización.

Tales divergencias llevaron a la CNEN a declarar que el país no contaba aún con la capacidad técnica necesaria, por lo que era apresurado iniciar la opción nuclear en la generación de electricidad (Azuela y Talancón, 1996; Stevis y Mumme, 1991). De acuerdo a Sarquís (2013), la complejidad económica y administrativa de los proyectos nucleoelectricos demandaba cambios estructurales en la organización de la CNEN que, al tratarse de una agencia orientada al desarrollo de actividades de investigación, no estaba suficientemente preparada para dotar sus acciones de una matriz industrial. Lo que es más, la CNEN carecía de lineamientos homogéneos, por lo que el programa de desarrollo nuclear no contaba con una estrategia claramente establecida. La solución encontrada fue dividir la administración del sector nuclear al transferir la ejecución del proyecto nucleoelectrico a la CFE.

Esta última inició en 1966 los estudios de emplazamiento de un reactor para alimentar el sistema de interconectado de la región centro del país, para lo cual seleccionó la zona de Laguna Verde, en cercanías de la ciudad de Veracruz. Mientras que el estudio técnico-económico fue encargado al *Stanford Research Institute* de Estados Unidos, los análisis sobre combustibles nucleares le fueron solicitados a la CNEN.¹⁸ Si bien la CFE compartía con la CNEN el objetivo de alcanzar la autosuficiencia tecnológica en materia energética, la estrategia elegida fue la de adquirir los diversos componentes de la futura central e instalarlos con recursos propios¹⁹. Sin embargo, el hecho de seleccionar un reactor con uranio enriquecido, considerado como la opción más rentable, le restó margen a la CNEN para avanzar en la formación de recursos humanos y reforzó la dependencia tecnológica con Estados Unidos.

En 1970 se inició el proceso de evaluación de las diferentes ofertas recibidas, asignando en 1972 el contrato para la compra de la central –compuesta de un reactor

¹⁸ De acuerdo a Sarquis Ramírez (2013: 163), en un informe posterior, desde la CNEN se planteó la conveniencia de instalar hacia 1990, unos 15 mil Mw de origen nuclear con el objetivo de sustituir la dependencia de hidrocarburos en la matriz de generación eléctrica.

¹⁹ De acuerdo a Arturo Sotomayor (2020) en una entrevista personal, México se vio obligado a recurrir a esta estrategia debido a que el Tratado de Tlatelolco impedía la contratación de empresas u organismos vinculados a proyectos nucleares militares, lo cual introdujo dificultades para poder desarrollar en tiempo y forma el proyecto.

de 650 Mw- a la firma norteamericana *General Electric*. Por otro lado, se adjudicó a la empresa japonesa *Mitsubishi* la provisión del turbogenerador y a la empresa mexicana Ingenieros Civiles Asociados, la obra civil. Los cambios de administración en el gobierno y los problemas financieros derivados del embargo de petróleo de 1973 sumado al aumento de los precios internacionales de dicho combustible –en un contexto en el que México aún importaba petróleo-, trajeron como consecuencia un escenario de recesión económica. Estos factores generaron demoras en el inicio de las obras, resultando en un encarecimiento financiero del proyecto (Randall y Rivero, 1979; Azuela y Talancón, 1996).

Con el aumento internacional del precio del crudo se produjo un cambio significativo en la política energética al retomarse en 1975 las exportaciones de petróleo a Estados Unidos (suspendidas entre 1968 y 1974) y al plantearse la necesidad de diversificar las fuentes de energía para asegurar el autoabastecimiento y una mayor flexibilidad del sistema ante lo que se estimaba una demanda creciente de hidrocarburos por parte del mercado estadounidense. El plan energético recomendaba que la energía nuclear proporcionara el 5,4% de la electricidad para 1986, y se planteaban proyecciones de ampliación de dicha fuente de energía para alcanzar hacia el año 2000 el 26% de la generación total de electricidad, por medio de unos 20 reactores (Randall y Rivero, 1979; Azuela y Talancón, 1996).

En este contexto, se debatió cómo debía organizarse el desarrollo de la energía nuclear en México, así como la elección de la línea tecnológica más conveniente (Randall y Rivero, 1979). Con respecto a la primera cuestión, luego de una reestructuración en 1972 que transformó a la CNEN en el Instituto Nacional de Energía Nuclear (INEN), en 1979 se dispuso, por un lado, que la Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial (SEPAFIN)²⁰ pasara a ser el organismo responsable de la política nuclear, mientras que el INEN fue escindido en la Compañía Mexicana de Uranio (URAMEX), encargada de desarrollar el ciclo del combustible nuclear, excepto el enriquecimiento de uranio, y el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ). Tanto la empresa como el nuevo instituto serían coordinados por una Comisión Nacional de Energía Atómica creada para tales fines, y trabajarían de forma complementaria a la agencia de regulación y control del sector: la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardas (CNSNS). Estas modificaciones organizacionales quedaron plasmadas en el Programa de Nucleoeléctrico del Plan Global de Desarrollo 1980-1982, en el que se propuso poner en funcionamiento dos centrales de potencia hacia 1990.

Respecto del segundo punto, la dependencia de proveedores externos para la construcción y operación de la central de Laguna Verde planteó dudas sobre el grado de participación de la industria nacional y las capacidades efectivas para desarrollar una industria nuclear dados sus elevados costos de inversión. Desde sectores nacionalistas se propuso reorientar la línea tecnológica hacia los reactores de uranio natural del tipo CANDU, siguiendo el ejemplo argentino, ya que esto permitiría que todo el ciclo de fabricación del combustible nuclear se realizara en el país (Morales, 1978; Córdova *et al.*, 1978; Foro Nuclear Nacional, 1978). Sin embargo, avanzar en esta dirección, junto con el objetivo de incrementar la participación de la industria nacional (del 25% para Laguna Verde al 85% en las futuras centrales), demandaba un volumen de inversión significativamente superior al presupuesto total asignado al

²⁰ El SEPAFIN estaba integrado por la Secretaría de Minas y Energía, que contenía por su parte a la Comisión de Energéticos. En esta Comisión participaban las secretarías de Comercio, de Agricultura y Recursos Hidráulicos, PEMEX, la CFE, el INEN y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

sector nuclear para el período 1976-1986. Esto podía subsanarse ganando economías de escala mediante un mercado común latinoamericano, lo que implicaba una asociación desventajosa frente a la Argentina y Brasil que contaban con un mayor desarrollo que México, por lo cual se optó por firmar acuerdos de colaboración con España (1978) y Francia (1980) (Randall y Rivero, 1979).²¹

En la década de 1980, la conjunción de una serie de factores (el deterioro económico por la crisis de la deuda, la caída de los precios internacionales del petróleo y la aparición temprana –en comparación con la Argentina y Brasil– de movimientos ambientalistas anti-nucleares) significaron que la CFE atravesara un proceso de fuertes restricciones financieras que resultaron en la revisión de los planes en nucleoelectricidad (Sheinbaum Pardo y Rodríguez Viqueira, 1995; Sarquis, 2013; Hymans, 2015). El Programa de Energía puesto en marcha en 1980 preveía ampliar la capacidad nucleoelectrónica a 20.000 MWe para el año 2000. El mismo se elaboró con la asistencia técnica de las compañías Sofratome de Francia, ASEA-ATOM de Suecia y AECL de Canadá. Pero como se mencionó antes, el proyecto fue suspendido en 1982 debido a los problemas económicos por los que atravesaba el país.

En este contexto, en 1985 URAMEX fue disuelta y el ININ perdió gravitación en cuanto a sus tareas de asesoramiento a la CFE, al exceptuarse a esta última de tener que acudir a aquél en lo referente a la toma de decisiones sobre la construcción de centrales nucleares. Según Sarquís (2013), esto fue interpretado por algunos sectores como la renuncia al desarrollo de tecnología nuclear y la subordinación a la dependencia de tecnología importada. Esto ponía en evidencia que el aprovechamiento de la energía nuclear no constituyó un área estratégica prioritaria en el desarrollo del país, por lo que su implementación estuvo caracterizada por la carencia de recursos financieros, una marcada desarticulación institucional y una inadecuada política de capacitación de recursos humanos.

A comienzos de la década de 1990 se promovió un cambio en el modelo de intervención estatal en las inversiones en nuevo equipamiento eléctrico. La incorporación al Tratado de Libre Comercio de América del Norte en 1992 eliminó el carácter de servicio público al sector eléctrico, lo que habilitó la participación de actores privados en la generación de energía para ser vendida a la CFE. De esta forma, las nuevas inversiones fueron derivadas hacia actores privados, que se volcaron hacia equipos con menores requerimientos de inversión y plazos más cortos de construcción, esperando de esta forma corregir el déficit financiero del sector público (Sheinbaum Pardo y Rodríguez Viqueira, 1995). En el marco de estas reformas, el ININ sufrió una política institucional caracterizada por recurrentes recortes presupuestarios, reducción de la dotación de personal, reajuste de funciones y obligación de generar recursos propios (Sarquis Ramírez, 2013).

3. Una mirada comparativa: discusiones a partir de los tres casos

Con el inicio de la era atómica, Argentina, Brasil y México percibieron tempranamente el valor geoestratégico de la tecnología nuclear, impulsando diversas iniciativas para lograr el control nacional de sus respectivos recursos uraníferos, y pocos años después, para lograr su aprovechamiento energético (Argüello, 2010). Los tres países debieron desplegar sus estrategias en un contexto de condicionamientos sistémicos

²¹ El acuerdo de colaboración técnica con España incluía una línea de crédito para que la CFE pudiera adquirir equipamiento nuclear, mientras que el acuerdo con Francia suponía el intercambio de petróleo por bienes de capital y tecnología nuclear (Randall y Rivero, 1979, p. 1154).

internacionales de no proliferación nuclear que afectaron sus márgenes de búsqueda de autonomía tecnológica, por ejemplo en el dominio de la tecnología para la producción nacional de combustible nuclear.

A partir del análisis anterior se observa que a pesar de que sus respectivas políticas nucleares comparten un origen común, y están atravesadas por los mismos condicionamientos internacionales, los tres países adoptaron estrategias diferentes para impulsar sus respectivos programas, las cuales determinaron distintos grados de desarrollo de la tecnología nuclear y sus impactos sobre la diversificación de sus sistemas de generación eléctrica y promoción de una industria atómica.

Tabla 1. Centrales nucleares en operación y construcción en Argentina, Brasil y México

País	Central	Situación en 2022	Tecnología Seleccionada	Proveedor/es	Estrategia adoptada
Argentina	Atucha I	Operativa desde 1974	PHWR - uranio natural y agua pesada	Siemens KWU – RFA	Apertura paquete tecnológico /Transferencia tecnológica / Desarrollo proveedores locales / Creación de empresas mixtas
	Embalse	Operativa desde 1984	PHWR (CANDU) - uranio natural y agua pesada	AECL - Canadá / Italmimpianti - Italia.	
	Atucha II	Operativa desde 2014	PHWR - uranio natural y agua pesada	Siemens KWU – RFA	
Brasil	Angra I	Operativa desde 1985	PWR - Uranio enriquecido y agua liviana	Westinghouse – EEUU	Transferencia tecnológica / creación de empresas mixtas
	Angra II	Operativa desde 2001		Siemens KWU – RFA	
	Angra III	En construcción			
México	Laguna Verde I	Operativa desde 1990	BWR - Uranio enriquecido y agua liviana	General Electric - EEUU / Mitsubishi – Japón	Transferencia tecnológica / compra por componentes
	Laguna verde II	Operativa desde 1995			

Fuente: elaboración propia.

En el plano institucional se destaca que, en el caso de Argentina, el sector nuclear mostró un alto grado de coherencia interna que facilitó la generación de mecanismos de integración funcional al interior del sector, así como el establecimiento de metas y objetivos más o menos precisos que guiaron las acciones de sus diferentes áreas. Por su parte, México es el caso opuesto: con cada cambio de gobierno se fueron modificando los objetivos del programa nuclear, lo que determinó un bajo nivel de integración funcional. Mientras que Brasil es un caso intermedio, ya que, en algunos aspectos, como por ejemplo la conformación de una industria nuclear, se logró cierto

grado de integración funcional y, en otros no, lo que dio lugar a la conformación del programa paralelo.

Argentina y México comparten el hecho de que sus respectivas comisiones de energía atómica se ubicaron por fuera de los mecanismos institucionales de regulación del sector energético, mientras que en Brasil la CNEN dependió del Ministerio de Minas y Energía entre 1960 y 1962 y del 1967 al 1988. Por otra parte, cabe destacar diferencias significativas en la conformación de los respectivos sectores energéticos nacionales. En el caso de Argentina, éste estaba conformado por múltiples actores, cada uno encargado de una fuente de energía en particular. Por el contrario, en Brasil y México el sector energético se estructuró en torno a dos grandes actores estatales: Petrobras y Eletrobrás en el primero, y Pemex y la CFE en el segundo. En este último, el programa fue absorbido por la CFE, mientras que en los casos de Argentina y Brasil, se debieron gestar diferentes formas de complementación para la gestión de las centrales nucleares.

En los casos de Argentina y Brasil se debe destacar además el involucramiento de las Fuerzas Armadas, y en particular de la Marina de Guerra, en sus respectivos programas nucleares, lo que permitió -en un contexto de periódicas rupturas de la continuidad institucional-, que sus respectivos sectores gozaran de cierta estabilidad institucional (Lugones, 2020; Vera, 2021).

Con respecto a la estrategia implementada, se destaca que Argentina definió tempranamente, y sostuvo en el tiempo, que su programa nucleoelectrico se basaría en la línea tecnológica de reactores a uranio natural y en la producción nacional de los combustibles para evitar depender de proveedores externos. Mientras que en Brasil y México, si bien existió un debate respecto al tipo de combustible a utilizar, ambos países optaron por reactores de uranio enriquecido atendiendo a consideraciones económicas y de potencial energético. Sin embargo, Brasil a diferencia de México, en la segunda mitad de la década de 1970 buscó dominar la tecnología de enriquecimiento de uranio para avanzar en su autonomía tecnológica.

En relación a la creación de una industria nuclear, Argentina y Brasil compartieron el criterio de basar sus compras externas a través de contratos que garantizaran la transferencia y “apertura del paquete tecnológico” de forma tal de poder ampliar sus márgenes de autonomía tecnológica. Esta estrategia estuvo favorecida en la década de 1970 por la aparición de nuevos países exportadores de tecnología nuclear (Alemania y Canadá) dispuestos a aceptar dichas cláusulas para ganar mercados en un contexto de fuerte expansión de la nucleoelectricidad a nivel mundial. Y vinculado a este punto, ambos países promovieron la conformación de un conjunto de empresas estatales (y también mixtas en el caso argentino) asociadas a sus respectivas comisiones nucleares para garantizar el abastecimiento de insumos claves (elementos combustibles). Distinto fue el caso mexicano, en donde la construcción de los reactores nucleares recayó sobre la CFE, más orientada a depender de la importación de tecnología, en particular la de los Estados Unidos, como consecuencia de su escasa experiencia en la construcción de este tipo de infraestructuras, los vínculos estrechos entre el personal técnico de la CFE con empresas y organismos de aquel país y la ubicación geopolítica de México en su esfera de influencia directa (que derivó en fuertes presiones para limitar el acceso a determinadas tecnologías).

El objetivo de persecución de la autonomía tecnológica permitió en Argentina y Brasil la construcción de una *tecnopolítica* (Hurtado, 2014) -aunque con diversos grados de articulación- en el sentido de que el desarrollo nuclear se constituyó en una “matriz de

producción de sentidos” que desbordó el campo estrictamente científico e incluyó a otros actores sociales (por ejemplo, las Fuerzas Armadas) defensores de la idea de desarrollo autónomo, independencia económica y autodeterminación política.

Estas diferencias se plasmaron en la política exterior seguida por cada país. México fue impulsor de la creación de la primera Zona Libre de Armas Nucleares a través del Tratado de Tlatelolco, asumiendo una posición alineada con los intereses de las potencias nucleares (Vera, 2021; Vera y Colombo, 2022). En el caso de Brasil, a partir de la década de 1960, el desarrollo de sus políticas científicas y tecnológicas estuvo enmarcado en una competencia constante con la Argentina por la hegemonía regional y el liderazgo nuclear en Latinoamérica (Adler, 1988; Flandes, 2006; Vera, 2021). No obstante ello, Argentina y Brasil exhibieron posiciones coincidentes en el escenario internacional al rechazar la adhesión al Régimen Internacional de No Proliferación Nuclear y su principal acuerdo, el TNP, con su contraparte regional al considerarlos discriminatorios. Sin embargo, a mediados de la década de 1990, ambos países finalmente adhirieron a los mismos en un contexto de paralización de sus respectivos programas de desarrollo nucleoelectrico y de giro en sendas políticas domésticas y exteriores.

Como reflexión final, en un contexto de revalorización de la energía nuclear para el proceso de transición energética, es pertinente preguntarse cuáles son las posibilidades de países como los tres abordados en este artículo, para desplegar una política sostenida basada en capacidades propias que apunte a la construcción y explotación de nucleoelectricidad. En primer término, los tres países analizados se propusieron lograr autonomía tecnológica, entendida como un aumento en los márgenes de las capacidades de toma de decisión. En este sentido, Argentina y Brasil lograron desarrollar un conjunto de tecnologías que les permitió posicionarse como referentes regionales e internacionales en el campo nuclear y crear una industria nuclear de pequeña escala que les permitió autoabastecerse de ciertos insumos: en el caso de Argentina, de elementos combustibles y agua pesada, y en el caso de Brasil, uranio enriquecido. Incluso lograron insertarse como exportadores de tecnología e insumos en ciertos nichos (como es el caso de Argentina con los reactores multipropósito, agua pesada y radioisótopos). No obstante, la posibilidad de desarrollar este tipo de capacidades depende de sostener de manera consistente en el tiempo una política de desarrollo tecnológico.

A su vez, en segundo término, este tipo de programas muestran una fuerte dependencia de las capacidades financieras de los países para sostenerse a mediano y largo plazo, aspecto en el cual claramente los tres países mostraron fuertes debilidades, especialmente a partir de la década de 1980 en el marco de la crisis de la deuda y de profundización de la ruptura del modelo de acumulación por industrialización sustitutiva. Esto implica que este tipo de programas deben necesariamente por un lado, contar con una adecuada planificación financiera y por el otro, articularse con otros objetivos socioeconómicos además del energético, para lograr el consenso y la legitimidad necesarios que garanticen la asignación sostenida de recursos.

Financiamiento

Este trabajo se realizó con aportes financieros de la Universidad Nacional de Río Negro (UNRN) a través del proyecto PI-UNRN 40-B-879: “Reflexiones sobre los

desafíos al cambio estructural en el nuevo capitalismo: aportes al pensamiento social latinoamericano sobre el desarrollo. Fase I" (director: Manuel Lugones, UNRN).

Bibliografía

Adler, E. (1987). State Institutions, Ideology, and Autonomous Technological Development. *Latin American Research Review*, 3, 59-90.

Alegria, J., Csik, B., Nasjleti, E., Papadópolos, C. & Quihillalt, O. (1964). La contribución de la energía nuclear a la solución del problema energético argentino. Informe N° 115. Buenos Aires: CNEA.

Argüello, I. (2010). Nuclear energy in Latin America. Between economic development and proliferation risks. *Security Index*, 16(4), 73-84.

Azuela, L. & Talancón, J. L. (1996). *Contracorriente: historia de la energía nuclear en México (1945-1995)*. México: Plaza y Valdés.

Bandarra, L. (2016). *A luta contra o Tordesilhas Nuclear: três momentos da política nuclear brasileira (1969-1998)* [Tesis de maestría]. Brasília: Universidade de Brasília.

Bravo, V., Sarraillet, H. & Suárez, C. (1969). *Estudios sobre industrialización nuclear*. Departamento de Recursos Naturales y Energía. Bariloche: Fundación Bariloche.

Carpes, M. (2014). *From breadcrumbs to threads of wool: Building a neoclassical realist approach for the study of regional powers nuclear choices* [Disertación de doctorado]. Hamburgo: Universidad de Hamburgo y GIGA German Institute of Global and Area Studies.

Castro Madero, C. (1976). Argentina. Política Nuclear. *Estrategia*, 42, 42-47.

Castro Madero, C. & Takacs, E. (1991). *Política nuclear argentina. ¿Avance o retroceso?* Buenos Aires: Instituto de Publicaciones Navales.

Cepi, N. (2018). Política energética argentina: un balance del período 2003-2015. *Revista Problemas del Desarrollo*, 192(49), 37-60.

CNEA (1965). *Estudio de preinversión. Central nuclear para la zona del Gran Buenos Aires-Litoral*. Buenos Aires: CNEA.

Staebler, U. M. (1958). Economía de la energía nuclear. *Boletín Informativo de la CNEA*, 2(4), 21-25.

Lessa, C. (1967). Dos experiencias de política económica: Brasil-Chile (una tentativa de confrontación), *El Trimestre Económico*, 34(135), 445-487.

CNEA (1974). *Proyecto Plan Nuclear 1975-1985*. Buenos Aires: CNEA.

Córdova, J. G., González, R., Jiménez, A., Morales, R., Pérez, A., Ponce, M., Vázquez, A. & Whaley, A. (1978). *La energía nuclear en México*. México: INEN.

Csik, B. J. (1964). Algunas observaciones sobre los reactores de potencia tipo U natural-grafito-gas. Informe N° 102. Buenos Aires: CNEA.

Cubillos Meza, A. (2012). O desenvolvimento nuclear do Brasil: revisão histórica. Memórias. Revista Digital de História y Arqueología desde el Caribe, 9(17), 170-204.

Del Mar Rubio-Varas, M. & De la Torre, J. (2016). Spain – Eximbank's Billion Dollar Client. The Role of the US Financing the Spanish Nuclear Program. En A. Beltran, L. Laborie, P. Lanthier & S. Le Gallic (Eds.), *Electric Worlds / Mondes Électriques: Creations, Circulations, Tensions, Transitions (19th-21st C.)* (245-268). Bruselas, Berlín, Bern; Nueva York, Oxford: Peter Lang AG.

Elli, M. (2016). Adapting to a Bearish Nuclear Market: The Transition of Framatome in the 1980s. En A. Beltran, L. Laborie, P. Lanthier & S. Le Gallic (Eds.), *Electric Worlds / Mondes Électriques: Creations, Circulations, Tensions, Transitions (19th-21st C.)* (535-558). Bruselas, Berlín, Bern; Nueva York, Oxford: Peter Lang AG.

Erramuspe, H. (1988). Costos de generación nucleoelectrónica. Informe N° 491. Buenos Aires: CNEA.

Fernández, J. (2011). El surgimiento de las comisiones de energía atómica en Argentina y Brasil (1945-1956). *Eä*, 3(2).

Flemes D. (2006). Brazil's Nuclear Policy. From Technological Dependence to Civil Nuclear Power. GIGA Working Papers N° 23. Hamburgo: German Institut for Global and Area Studies.

Foro Nuclear Nacional (1978). Memoria. México: FSTSE.

Grabendorff, W. (1987). La política nuclear y de no-proliferación de Brasil. *Estudios Internacionales*, 20(80), 520-568.

Hurtado, D. (2014). El sueño de la Argentina atómica. Política, tecnología nuclear y desarrollo nacional (1945-2006). Buenos Aires: Edhasa.

Hymans, J. (2015). The Dynamics of nuclear politics. Lessons from Latin America. En J. Domínguez & A. Covarrubias (Eds.), *Routledge handbook of Latin America in the World* (362-375). Nueva York: Routledge.

Krige, J. (2006). Atoms for peace, Scientific Internationalism, and Scientific Intelligence. *OSIRIS*, 21(1), 161-181.

Martínez Vidal, C. (1972). Ciencias y tecnologías argentinas en la industria. Bariloche: Fundación Bariloche.

Kucinski, B. (1977). Energía nuclear y democracia. Algunos aspectos políticos del acuerdo de cooperación nuclear entre los gobiernos de Brasil y la RFA. *Nueva Sociedad*, (31-32), 111-125.

Kuramoto, R. & Appoloni, C. (2002). Uma breve história da política nuclear brasileira. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 19(3), 379-392.

Lugones, M. (2020). Política nuclear y política energética en la Argentina. El Programa Nucleoeléctrico de la CNEA (1965-1985) [Tesis de maestría]. Bernal: Universidad Nacional de Quilmes.

Martin, J.-M. (1969). El papel posible de la industria nuclear en la consolidación de la industrialización en la Argentina. *Desarrollo Económico*, 9 (34), 235-257.

Morales, I. (1978). Programas del INEN, suspendidos. *Diario El Proceso*, 14 de enero. Recuperado de: <https://www.proceso.com.mx/122194/programas-del-inen-suspendidos>.

PEN (1973). Plan Trienal para la Reconstrucción y Liberación Nacional. Buenos Aires: Poder Ejecutivo Nacional.

Randall, L. & Rivero, M. (1979). Política energética de México. *Revista Mexicana de Sociología*, 41(4), 1123-1166.

Ribeiro, A. M. (2012). Átomos na política internacional. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad -CTS*, 7(21), 113-140. Recuperado de: <http://www.revistacts.net/contenido/numero-21/atomos-na-politica-internacional/>.

Ribeiro, A. M. & Lopes, T. (2013). A dinâmica política da criação da Comissão Nacional de Energia Nuclear, 1956-1960. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi Ciências Humanas*, 8(1), 113-128.

Rodríguez Padilla, V. (2016). Industria eléctrica en México: tensión entre el Estado y el mercado. *Problemas del desarrollo*, 47(185), 35-57.

Ruiz Ferreira, C. & Cunha Leites, C. (2015). Brasil como miembro no permanente del consejo de seguridad de las naciones unidas en el mandato 2010-2011. *Foro Internacional*, 55(4), 1054-1081.

Rodríguez, M. (2020). Estado, industria y desarrollo. Atucha II y la senda del Programa Nuclear Argentino (1979-2014). Rosario: Prohistoria Ediciones.

Sabato, J. (1970). Para el prontuario del Plan Nuclear Argentino. *Ciencia Nueva*, (1), 36-46.

Sabato, J. & Mackenzie, M. (1982). La producción de tecnología. Autónoma o transnacional. México: Nueva Imagen.

Sabato, J. & Ramesh, J. (1980). Programas de energía nuclear en el mundo en desarrollo: su fundamento e impacto, *Estudios internacionales*, 13(49), 70-85.

Sabato, J., Wortman, O. & Gargiulo, G. (1978). Energía atómica e industria nacional. Washington: OEA.

Sarquís Ramírez, D. (2013). Apuntes para la historia de la ciencia y la tecnología nuclear en México. *Multidisciplina*, (15), 129-175.

Segura Millán, K. & Sánchez Cano, J. (2019). Nuclear energy in Latin America in the face of economic and environmental challenges. *International Journal of Scientific Research and Management*, 7(4), 1099-1107.

Serradet Acosta, M. (1995). Programa nucleoelectrico cubano. La Habana: Regional Seminar on Public Information.

Sheinbaum Pardo, C. & Rodríguez Viqueira, L. (1995). Eficiencia energética y privatización de la industria eléctrica. *Problemas del Desarrollo*, 24(100), 217-254.

Sotomayor, A. (2013). Brazil and Mexico in the Non Proliferation Regime. *Non-Proliferation Review*, 20(1), 81-105.

Solingen, E. (1993). Macropolitical Consensus and Lateral Autonomy in Industrial Policy: The Nuclear Sector in Brazil and Argentina. *International Organization*, 47(2), 263-298.

Stevis, D. & Mumme, S. (1991). Nuclear Power, Technological Autonomy, and the State in Mexico. *Latin American Research Review*, 26(3), 55-82.

Suárez, C. & Bravo, V. (1972). Una política para el abastecimiento energético argentino 1970-1980. Bariloche: Fundación Bariloche.

Vera, N. (2021). Científicos, militares y política exterior en el desarrollo de tecnologías estratégicas en la semiperiferia: aproximación al estudio de los programas tecnopolíticos nucleares de Argentina, Brasil y México en clave comparada (1950-1991) [Tesis de doctorado]. Buenos Aires: Universidad Nacional de San Martín.

Vera, N. & Colombo, S. (2022). Semiperiferias y gobernanza nuclear. Argentina, Brasil y México en el Régimen de No Proliferación en el siglo XXI. En N. Vera (Comp.), *Ciencia, tecnología y política exterior. Reflexiones desde y para la (semi)periferia* (100-171). Tandil: CEIPIL-UNICEN.

Woite, G. (1978), Capital Investment Costs of Nuclear Power Plants. *IAEA Bulletin*, 20(1), 11-23.