

**Del “aprender haciendo” al cierre del ciclo con efecto demostración:
la crónica del reprocesamiento de combustible nuclear ***

**De “aprender fazendo” ao encerramento do ciclo com efeito
demonstração: a crônica do reproprocessamento
de combustível nuclear na Argentina**

***From “Learning by Doing” to Closing the Cycle with a Demonstration
Effect: the Story about Nuclear Fuel Reprocessing in Argentina***

Domingo Quilici y Ana Spivak L’Hoste **

Entre los emprendimientos que lanzó en la década del 60 la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), organismo argentino responsable de la investigación, el desarrollo y el asesoramiento en materia nuclear, se destaca el reprocesamiento de combustibles nucleares gastados. Dicha tecnología separa, con distintos fines, uranio, plutonio y residuos radiactivos del combustible irradiado. Este artículo aborda los proyectos de reprocesamiento que se encadenaron en CNEA entre 1962 y 1976: las Plantas de Reprocesamiento 1 y 2 y el Ensamble de Reprocesamiento Experimental. El foco está puesto en las decisiones técnicas y políticas que orientaron cada proyecto, sus continuidades y discontinuidades, así como los contextos que los habilitaron. La hipótesis que guía la argumentación es que los proyectos se corresponden con distintos paradigmas de política científica y tecnológica. Más precisamente, se corresponden con diferentes lógicas de definición de objetivos y de prácticas de trabajo, de justificación de sus contenidos, de estrategias de toma de decisión y de expectativas en torno a las posibilidades y los efectos del desarrollo local de ciencia y tecnología.

Palabras clave: desarrollo nuclear; Argentina; políticas tecnocientíficas; contextos socio-políticos

* Recepción del artículo: 30/12/2016. Entrega de la evaluación final: 11/08/2017. El artículo pasó por dos instancias de evaluación.

** *Domingo Quilici*: investigador retirado de la Comisión Nacional de Energía Atómica, Argentina. *Ana Spivak L’Hoste*: investigadora del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas en el Centro de Investigaciones Sociales (CIS CONICET IDES), Argentina. Correo electrónico: anaspivak17@gmail.com.

Entre os empreendimentos lançados na década de 60 pela Comissão Nacional de Energia Atômica (CNEA) - organismo argentino responsável pela pesquisa, desenvolvimento e consultoria nuclear, destaca-se o reprocessamento de combustíveis nucleares gastos. Essa tecnologia separa, com diversos fins, urânio, plutônio e resíduos radiativos do combustível irradiado. Este artigo aborda os projetos de reprocessamento que se encadearam na CNEA entre 1962 e 1976: as Instalações de Reprocessamento 1 e 2, e a Montagem de Reprocessamento Experimental. O foco está nas decisões técnicas e nas políticas que orientaram cada projeto, suas continuidades e descontinuidades, bem como os contextos em que foram habilitados. A hipótese que orienta a argumentação é que os projetos se correspondem com diferentes paradigmas de política científica e tecnológica. Mais precisamente, eles se correspondem com diferentes lógicas de definição de objetivos e de práticas de trabalho, de justificação de seus conteúdos, de estratégias de tomada de decisão e de expectativas em torno às possibilidades e os efeitos do desenvolvimento local de ciência e tecnologia.

Palavras-chave: desenvolvimento nuclear; Argentina; políticas tecnocientíficas; contextos sociopolíticos

34 *Among the initiatives introduced in the 1960s by the National Atomic Energy Commission (CNEA, due to its initials in Spanish), the Argentine agency responsible for nuclear research, development and consultancy, the reprocessing of spent nuclear fuels stands out. This technology separates uranium, plutonium and radioactive waste from irradiated fuel for different uses. This paper addresses the CNEA fuel reprocessing projects that were launched between 1962 and 1976: Reprocessing Plants 1 and 2 and the Experimental Reprocessing Assembly. The focus is placed on the technical and political decisions that guided each project, their continuities and discontinuities, as well as the environments that enabled them. The hypothesis that guides the arguments made is that these projects correspond to different scientific-technological policy paradigms. More precisely, they correspond to different logics used to define objectives and work practices, rationales to justify their content, decision-making strategies and expectations regarding the possibilities and effects of the local development of this science and technology.*

Keywords: nuclear development; Argentina; techno-scientific policies; socio-political contexts

Introducción

Una de las características de la historiografía de la ciencia, sugería el historiador francés Dominique Pestre en los años 80, fue su preferencia por estudiar la obra de destacados científicos. Estos estudios abordaron experimentos, teorías y conceptos; describieron sus encadenamientos y mostraron a la actividad científica como una empresa esencialmente individual (Pestre, 1988). La dimensión experiencial y contingente de la práctica científica, la *arrière cuisine*, como la llama ese autor, así como las decisiones y los procesos socio-institucionales que la modelan, han sido de menor interés para los historiadores clásicos. Reconociendo las limitaciones derivadas de este recorte, y con la contribución de disciplinas como la sociología, la antropología o las ciencias políticas, se avanzaron a partir de los 70 investigaciones con foco en prácticas, ámbitos de trabajo, procesos y negociaciones relativas a la historia de la producción científica. Investigaciones que comenzaron a considerar su dimensión técnica e instrumental, sus contextos sociopolíticos de producción, sus nexos con la tecnología y sus efectos. Este artículo se propone aportar a esa discusión a partir del análisis de un desarrollo científico y tecnológico específico: el reprocesamiento de combustibles nucleares en Argentina en los años 60 y 70 del siglo XX.

El reprocesamiento de combustibles nucleares es, en breve, un procedimiento que separa los tres componentes que restan luego de que el combustible, fabricado con uranio natural o enriquecido, libera energía dentro de un reactor. Estos componentes son plutonio, uranio y residuos radiactivos.¹ El primero puede potencialmente utilizarse tanto con fines militares como civiles. La capacidad que tiene el reprocesamiento para recuperarlo hace de ese procedimiento una tecnología de uso dual.² El uranio también puede utilizarse con ambos destinos, sólo que en su caso la calidad militar no se alcanza vía reprocesamiento, sino a través de otros procedimientos técnicos. Los residuos radioactivos deben ser tratados para asegurar su disposición final sin dispersión en el medioambiente. Originalmente orientado a obtener plutonio para la construcción de explosivos atómicos, el reprocesamiento civil cobró impulso asociado al desarrollo de la energía atómica para producir electricidad, para usos médicos e industriales (Schneider y Marignac, 2008).

El impulso al reprocesamiento de carácter civil se fundó en la posibilidad de separar uranio, plutonio y residuos con tres fines. El primero fue recuperar plutonio para fabricar combustibles de óxidos mixtos (plutonio más uranio), a usar en reactores convencionales y combustibles de plutonio para reactores reproductores rápidos, una

1. El uranio natural se extrae de los yacimientos uraníferos y se compone mayormente del isótopo 238. El uranio enriquecido resulta de someter ese uranio natural a un proceso para aumentar la concentración del isótopo 235, que es el isótopo de uranio que se fisiona en el reactor y genera energía. El plutonio no se halla en la naturaleza, sino que se produce dentro de un reactor.

2. Los proyectos de reprocesamiento que aquí trataremos son de carácter civil. En esa dirección, cabe señalar que el plutonio de uso civil y el de uso militar son distintos isotópicamente y se obtienen, además, de reactores diferentes. El primero se obtiene reprocesando combustibles en un reactor convencional de potencia, mientras que el segundo se obtiene en reactores diseñados para ese fin especialmente. Los reactores de potencia, usados en forma no convencional, pueden producir plutonio de calidad militar de forma antieconómica.

nueva generación de reactores sobre la cual se trabajaba en esos años. El segundo fin fue recuperar el uranio no consumido durante el paso del combustible en el reactor para su reutilización, previo enriquecimiento, en la fabricación de nuevos combustibles. Finalmente, el reprocesamiento se concibió como una opción ventajosa para acondicionar los residuos radiactivos y asegurar su integridad en repositorios geológicos. En el marco de una proyección a gran escala de la nucleoelectricidad y con el propósito último de reducir sus costos de producción de la energía eléctrica, Francia, Inglaterra, Estados Unidos, Japón, India o la ex Unión Soviética se lanzaron a diseñar y construir, en las décadas del 50 y 60, plantas de reprocesamiento a diferentes escalas. Argentina fue uno de esos países.

El objetivo de este artículo es reconstruir y analizar los proyectos de reprocesamiento que se lanzaron en Argentina, más precisamente en la Comisión Nacional de Energía Atómica (en adelante CNEA), entre 1962 y 1976. La reconstrucción y el análisis focalizarán en las motivaciones, propósitos y resultados de cada proyecto. En una primera parte se reseñarán los proyectos que puso en marcha el Departamento de Reprocesamiento de CNEA: la Planta de Reprocesamiento 1 (PR1), la Planta de Reprocesamiento 2 (PR2) y el Ensamble de Reprocesamiento Experimental (ERE). Asumiendo que, por su carácter dual, el reprocesamiento constituye un desarrollo complejo en términos técnicos y políticos, el análisis ahondará, en una segunda parte, sobre las decisiones que orientaron cada proyecto.³ Se enfatizarán las continuidades y discontinuidades que se sucedieron entre ellos así como sobre los contextos que en cada caso los habilitaron.

36

La hipótesis que guiará la argumentación es que los dos primeros proyectos, la PR1 y la PR2, y el siguiente, el ERE, responden a distintos paradigmas de política científica y tecnológica. Más específicamente, que los proyectos activaron, en paralelo, distintas lógicas de definición de objetivos y de prácticas de trabajo, de justificación de sus contenidos, de estrategias de toma de decisión y de expectativas en torno a las posibilidades y efectos del desarrollo local de ciencia y tecnología. En esa línea, estas páginas intentarán mostrar cómo, en el avance en reprocesamiento, se desplazó el foco inicial centrado en la resolución de procedimientos técnicos y competencias para poner en marcha una planta experimental hacia el propósito de demostrar que Argentina podía dominar esta tecnología. En concreto, que podía recuperar plutonio y cerrar industrialmente el ciclo de combustible de reactores de potencia. Intentaremos mostrar, además, la relación entre ese desplazamiento del foco de los proyectos, el marco de movilización social y política al que se sumaba y las proyecciones que la ciencia y la tecnología asumían en ese contexto.

3. Asumimos que la tecnología de reprocesamiento (entre otras tecnologías o componentes de la industria nuclear) son efectivamente de uso dual. Esto es: pueden tener tanto usos civiles como militares. Sin embargo, cabe aclarar que el uso militar no ha sido una opción en Argentina. Los proyectos desarrollados localmente en esa materia han sido siempre de carácter civil. Al menos eso reconoce la tradición histórica que los estudia (Hymans, 2001, y Hurtado, 2014, entre otros). Como señala Albornoz (2015), puede haber habido intensiones individuales y algunos desarrollos específicos ligados a la bomba, pero la construcción de artefacto bélico nuclear nunca estuvo integrada a una política de CNEA. Por ese motivo, los debates en torno a la dimensión internacional relativa al uso dual de ciertas tecnologías, exceptuando algunas menciones específicas en línea con el análisis propuesto, quedan fuera del alcance de este texto.

La metodología que utilizamos para la elaboración de este texto se apoya en los avances en antropología dialógica (Rabinow, 1977 [1992]; Dwyer, 1982; Tedlock, 1979; y Crapanzano, 1980, entre otros). Esta metodología propone un ejercicio de incorporación explícita de las voces de quienes forman parte del universo social a estudiar. En esa propuesta, los informantes de la antropología clásica devienen interlocutores y su participación no se reduce a una función de fuente o testimonio (de proveedor del dato), sino que se suma tanto al análisis como al proceso de presentación de sus resultados. Si bien este texto no expresa una versión pura de esta metodología (que a veces imprime exclusivamente el diálogo entre antropólogo y nativo), sí intenta articular un intercambio que recorrió todo el proceso de investigación, desde la definición del tema y los objetivos, la búsqueda y análisis de los materiales, hasta la propia redacción.

En concreto, el texto resulta de dos años de diálogos entre los autores (ingeniero y antropóloga de formación), pesquisa, lectura y relectura de fuentes, así como de sistematización de los materiales recolectados. Por un lado, escritos que fueron hallados por distintas vías y en diversas localizaciones: memorias institucionales, boletines de asociaciones profesionales, publicaciones elaboradas por los protagonistas (artículos periodísticos o de divulgación, exposiciones en conferencias, discursos). Por otro lado, testimonios actuales de quienes fueron parte de estas experiencias, tomados en primera persona a través de entrevistas abiertas y en profundidad o en diálogos vía correo electrónico con diversos disparadores (preguntas técnicas puntuales o pedidos de lectura de fragmentos de nuestros borradores, entre otros). El trabajo de escritura obligó a revisar esos materiales (que a veces se contradecían entre sí) a la luz de sus contextos de producción y, cuando lo hubiera, de las trayectorias de sus autores. Y obligó, además, a contrastar dicha revisión con los juicios epistemológicos e interpretativos de cada autor configurados a partir de distintas experiencias profesionales, generacionales y de vida.

37

1. El reprocesamiento de combustibles nucleares en Argentina

En la biblioteca del Centro Atómico Ezeiza, uno de los centros de investigación y desarrollo de CNEA, encontramos un documento institucional, sin fecha de redacción (aunque se estima, por su contenido, que es de 1976) y sin firma. Este texto, que se denominará "Informe Reprocesamiento", sintetiza los proyectos de reprocesamiento de CNEA. De ese documento se deriva la siguiente cronología:

1959: se suspende la producción de uranio metálico en el edificio donde luego funcionaría la primera planta de reprocesamiento: PR1.

1962: se crea el Departamento de Reprocesamiento en el marco de la Gerencia de Energía de CNEA.

1963-1967: se construye la PR1 con el propósito de reprocesar algunos elementos combustibles utilizados por el RA1, primer reactor de investigación de Argentina.

1968-1970: opera la PR1. Se reprocesan 12 kilogramos de uranio de combustibles del RA1, recuperándose 425 mg de plutonio.

1970: se inicia el proyecto PR2 con el objetivo de reprocesar todos los combustibles del RA3, reactor de investigación en marcha desde 1967.

1970-1972: se realiza el diseño y la ingeniería básica de la PR2. Se continúa el desarrollo de química analítica y la prueba de equipos. Se consolida un grupo técnico profesional. Se desmantela la PR1.

1973: se lanza el proyecto ERE con el objetivo de reprocesar los elementos combustibles gastados del RA3 en nexa con un proyecto de planta de corte y disolución de elementos combustibles de reactores de producción de nucleoelectricidad.

La propuesta de reprocesar algunos de los combustibles del primer reactor de investigación inaugurado en el país en 1958, el RA1, tomó forma en 1962, cuando se creó el Departamento de Reprocesamiento y sus tres divisiones: desarrollo, analítica y planta (Memoria Anual, 1962). La meta de los primeros años, según consta en dicha memoria, fue obtener experiencia y formar personal a partir del diseño y operación de una planta experimental. Dicha meta se pensaba realizable vía el acceso a información pública, de circulación internacional, sobre ese tipo de planta.

Este acceso no siempre fue una opción. Las potenciales aplicaciones bélicas de la tecnología nuclear, o sea el carácter dual de dicha tecnología que excede a los procedimientos técnicos ligados específicamente al reprocesamiento, habían restringido la circulación de informaciones al respecto. En efecto, tras la explosión de las bombas atómicas en Japón, el gobierno de Estados Unidos, único poseedor al momento de esa tecnología bélica, prohibió por ley la transferencia de conocimiento nuclear a otros países (Harriague *et al.*, 2008). Pero la explosión atómica realizada por la Unión Soviética en 1949 puso fin a ese monopolio, alterando la política nuclear. En 1953, Estados Unidos lanzó "Átomos para la Paz", un programa que, con la consigna de cooperación internacional en materia nuclear con fines pacíficos, posicionó a ese país en la exportación de reactores de investigación y de potencia.⁴ En paralelo comenzaron las negociaciones para crear una agencia internacional. Estas negociaciones, en las que participaron representantes de Argentina, concluyeron en 1957 con la fundación del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), encargado entre otras funciones de establecer salvaguardias entre los países adherentes y desclasificar información sobre las tecnologías asociadas al desarrollo nuclear.^{5,6}

Además del acceso a la información, dos procesos sustentaron la propuesta de reprocesar en Argentina. El primero fue la consolidación de un clima institucional en CNEA atravesado por el optimismo respecto de la investigación y desarrollo en

4. Este programa permitió vender, durante dos décadas, reactores de investigación a 41 países. No es el caso de Argentina, que con escasa transferencia de tecnología construyó de forma autónoma sus reactores de investigación y plantas de producción de radioisótopos (Hurtado, 2005).

5. Argentina tuvo destacada participación en una de las reuniones en las que se gestó la OIEA: la Primera Conferencia de Ginebra sobre las Aplicaciones Pacíficas de la Energía Atómica. En esa conferencia, realizada en septiembre de 1955, científicos de CNEA comunicaron el descubrimiento de una decena de nuevos radioisótopos (Radicella, 2010, y Castro, 2011).

6. Las salvaguardias son las medidas probatorias del cumplimiento de la prohibición de que materiales, tecnologías o instalaciones nucleares se utilicen con fines no pacíficos.

tecnología nuclear. El segundo fue la experiencia acumulada en un laboratorio de la institución durante la década previa.

CNEA se creó en 1950 para coordinar la investigación y desarrollo nuclear con fines pacíficos. En los años 60 la institución lanzó, además de los proyectos que aquí se reseñan, otros emprendimientos. Entre ellos se destacan la minería de uranio, la construcción de los reactores de investigación RA1, RA2 y RA3, la metalurgia, la fabricación de elementos combustibles, la medicina nuclear y la decisión de construir la primera central de potencia Atucha I. La concepción y lanzamiento de estos proyectos transcurrió en un escenario marcado por una valoración positiva y una proyección del crecimiento del uso pacífico de la energía atómica (Hurtado y Feld, 2010). Un clima de época que, en el país y en el extranjero, anclaba esta valoración en las posibilidades del átomo en materia energética, salud y desarrollo industrial. Acompañando a los términos ciencia o ingeniería, la categoría nuclear revalorizaba, en ese marco, los proyectos que la nombraran (Hecht, 2006). Este clima de época se asociaba, en CNEA, con la confianza de que se podía investigar y producir localmente en materia nuclear. Una confianza que no siempre tenía como correlato un apoyo económico acorde a sus necesidades, como muestran Briozzo *et al.* (2007), pero que se sostenía acordando la importancia de generar capacidades técnicas y decisorias más allá de las adversidades que presentara la coyuntura socioeconómica del país (Sabato, 1973).

El segundo factor que sustentó el desarrollo de esta iniciativa se vincula a una de las actividades iniciales de CNEA: la investigación en radioquímica desarrollada con la supervisión del químico alemán Seelman Eggbert. El Grupo de Buenos Aires, que Eggbert lideraba, se integraba por los químicos, físicos e ingenieros que pusieron en marcha uno de los primeros laboratorios experimentales de CNEA. Un laboratorio cuyo trabajo giraba en torno de dos equipos científicos de punta en los años 50 en investigación nuclear: el acelerador de cascadas Cockcroft-Walton y el sincrociclotrón (Hurtado, 2014). Esta experiencia de laboratorio, con logros reconocidos a nivel internacional, formó al primer jefe del Departamento de Reprocesamiento. Fue su trabajo en caracterización de radioisótopos en ese grupo lo que le dio la base técnica y profesional para liderar el nuevo proyecto.⁷

39

1.1. PR1: experimentar en reprocesamiento

En 1962 el Departamento de Reprocesamiento se instaló en Ezeiza, en el predio del actual Centro Atómico homónimo. Por ese entonces dicho predio, ubicado a unos 30 kilómetros de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, apenas estaba ocupado por el edificio donde había funcionado, en los años 50, una planta piloto para fabricar uranio metálico.⁸ En 1963 se inició el proyecto PR1 con cuatro profesionales y tres

7. Los radioisótopos son elementos químicos que emiten radiación y que se usan con distintos fines médicos, industriales y de investigación.

8. El uranio metálico es uranio natural que, mediante un proceso químico, se transforma en metal. Existían, en los años en los que se construyó esa planta piloto, reactores que funcionaban con uranio metálico como combustible.

administrativos como único personal (Bonini *et al.*, 1973). Las primeras tareas del departamento se concentraron en el diseño y la construcción de una planta experimental para reprocesar los combustibles del RA1 (fabricados con uranio enriquecido al 20%), así como en desarrollos analíticos, radioquímicos y de laboratorio (Memoria Anual, 1962). Entre 1963 y 1967 se concretaron las instalaciones cumpliendo con una de las exigencias centrales de trabajo con materiales radioactivos: la tele-manipulación de todas sus operaciones.⁹ Los componentes fueron diseñados, incluso a veces construidos, por miembros del proyecto. El Departamento de Reprocesamiento contó con la colaboración, para la puesta en marcha de la PR1, de un experto en reprocesamiento de la OIEA, que incluso trabajó en la redacción del manual de operación de la planta.

En 1968 la PR1 entró en funcionamiento. Para su operación se sumaron, al grupo original, cuatro nuevos profesionales y cinco técnicos (Bonini *et al.*, 1973). A fines de 1969 se alcanzó el resultado previsto: se reprocesaron 12 kilogramos de uranio de los combustibles del RA1, obteniendo 425 mg de plutonio (Memoria Anual, 1970). La inversión para alcanzar este resultado, según nos informó un miembro del Departamento de Reprocesamiento de esos tiempos, fue de 30.000 dólares. La misma no fue asignada vía el presupuesto anual aprobado por las autoridades de CNEA, sino que provino de pagos por “caja chica”.¹⁰ Es decir, fue financiada con parte del dinero otorgado al Departamento para su funcionamiento rutinario.

40

Tras ese resultado, destacado por la complejidad del procedimiento, la PR1 comenzó a ser desmantelada. Ese desmantelamiento era impulsado por otra propuesta que tomaba forma entre los miembros del Departamento y que pronto tendría nombre: la PR2 (Memoria Anual, 1970). Para lanzar la PR2 se sumaron al grupo inicial nuevos integrantes, en su mayoría ingenieros químicos pero también obreros mecánicos calificados y técnicos de apoyo. El “Informe Reprocesamiento” afirma que el aumento del personal entre 1969 y 1970 fue del orden de 150%. Este personal fue el que diseñaría la nueva planta destinada, en primer lugar, a reprocesar todos los combustibles usados por el nuevo reactor de investigación y producción de radioisótopos, el RA3, cuyo uranio había que devolver a Estados Unidos, su proveedor (Bonini y Quilici, 1973). Y, en segundo lugar, a avanzar “soluciones” (en cursiva en el original) para reprocesar los combustibles de Atucha I, primera central nucleoelectrónica del país, entonces en construcción (Memoria Anual, 1970).¹¹

9. La radiación exige que haya una barrera de blindaje entre el operador y el material radioactivo.

10. El “Informe Reprocesamiento” no presenta estimaciones de costo de la PR1 ni refiere a licitaciones para la compra de sus componentes, a diferencia de lo que sucede en los proyectos posteriores.

11. Argentina cuenta hoy con tres reactores de potencia activos desde 1974 (Atucha 1), 1984 (Embalse) y 2014 (Atucha 2). Con participación variable en la matriz energética nacional, en 2015 estos produjeron el 6% de la energía que consumió el país. Los combustibles de Atucha 1 fueron fabricados, originalmente, con uranio natural. La decisión de usar uranio natural y no enriquecido, como usa la mayoría de los reactores, se tomó para garantizar el suministro de combustible. Argentina poseía yacimientos uraníferos, capacidad extractiva y competencias para fabricar combustible. No contaba, en cambio, con la tecnología de enriquecimiento con lo que esa opción generaba dependencia respecto de proveedores extranjeros.

1.2. PR2: un cambio de escala a escala

Diseñar y construir la PR2 fue decisión del equipo de trabajo inicial del Departamento de Reprocesamiento. Buena parte de su ingeniería conceptual fue inclusive desarrollada por uno de sus fundadores. Su objetivo fue reprocesar todos los combustibles utilizados por el RA3 y avanzar “soluciones” para reprocesar “algunas” barras de los combustibles que usaría el primer reactor de potencia de Argentina.¹² La antecedió, por un breve lapso, otra propuesta: la PR1', una planta inspirada en los informes de Jamrack, el mencionado especialista de la OIEA. La PR1', que no figura en el “Informe Reprocesamiento”, pero sí en otros documentos institucionales, proponía una serie de modificaciones de las instalaciones de la PR1. Sin embargo, fue desestimada. Según Bonini *et al.*, “era técnicamente imposible reprocesar en condiciones seguras los elementos combustibles del RA3 con una instalación tan precaria” (1973).

Los objetivos técnicos delineados en el proyecto PR2 tenían además una justificativa: la intención de contribuir, con los avances en reprocesamiento, a la investigación y desarrollo en tecnología del plutonio. Puntualmente, con dos líneas experimentales sobre las que se trabajaba en esos años en CNEA (Memoria Anual, 1970). La primera era la investigación en óxidos mixtos, una combinación de uranio y plutonio que se pensaba que podría utilizarse como combustible en reactores convencionales. La segunda era la investigación en reactores reproductores rápidos, que proyectaban utilizar plutonio como combustible.¹³ Estos reactores, en desarrollo en diversos países, se consideraban en esa época el futuro de la aplicación nuclear para la producción de energía.¹⁴

41

Como el proyecto anterior, la PR2 también fundamentaba los objetivos técnicos en la necesidad de capacitar al personal, generar experiencias en el trabajo con material irradiado y concretar infraestructura técnica (CNEA, 1976). Pero, a diferencia de la PR1, la nueva planta suponía un cambio de escala motivado por el tipo y la cantidad de elementos combustibles a reprocesar: 50 kilogramos de uranio enriquecido al 90% por año. Aunque se pensaba mantener parte de los servicios de la PR1, la planta se desmanteló para dejarle espacio a la nueva y ahorrar, según testimonios, dinero y tiempo. Según señala la Memoria Anual de 1970, los profesionales incorporados al departamento avanzaron en la ingeniería del proyecto. Asimismo se compraron

12. Un combustible de Atucha 1 tiene 36 barras combustibles. El objetivo de reprocesar sólo algunas barras muestra el carácter experimental que seguía manteniendo la propuesta de esta planta.

13. Se había comenzado a trabajar sobre tecnología del plutonio, de manera experimental, en la Facilidad Alfa, laboratorio de CNEA con sede en el Centro Atómico Constituyentes (Memoria Anual, 1970). Allí se desarrollaron elementos a base de uranio natural (blanket), que se pensaba instalar en la periferia del núcleo del RA3 con el propósito de recuperar plutonio. Se planeaba, a futuro, reprocesar ese plutonio en la PR2 para fabricar nuevos combustibles. Incluso se proyectó, a nivel conceptual, un reactor (el RA5) como facilidad para un posterior desarrollo de la tecnología de los reactores rápidos.

14. En los años 60 y 70, Inglaterra, Estados Unidos, Japón, India, Francia, Alemania y la Unión Soviética desarrollaron estos reactores que se pensaba producirían más combustible del que consumirían. Ahora bien, aunque algunos llegaron a conectarse a la red eléctrica, su costo de operación y mantenimiento les quitaron competitividad restringiendo la inversión en Investigación y Desarrollo en esa materia.

equipos, vía licitación y no con caja chica, como en el proyecto anterior, y se hicieron tareas experimentales.

Las plantas PR1 y PR2 suponían un funcionamiento con procesos similares establecidos a partir de bibliografía de libre acceso, actividades de investigación y desarrollo llevadas a cabo en el departamento y el uso de insumos químicos relativamente estándares y accesibles en el mercado. No obstante, había también entre ellas diferencias relevantes. La primera diferencia se centraba en la cantidad de combustible a reprocesar. La segunda se establecía en torno del tipo de enriquecimiento del combustible (90% en el caso de la PR2), que generaba mayores exigencias respecto de la consideración de los problemas de criticidad.¹⁵ La tercera diferencia consistía en que la proyección de la PR2 como planta piloto incorporó, en su diseño, componentes industriales, así como procedimientos de control de calidad y rigurosidad respecto a la seguridad y protección radiológica. Para la PR2 se hizo, además, un estudio sobre el tipo de licitación más conveniente (Morazzo, 1973) y se estimó su costo en 12,5 millones de dólares (Menéndez y Panelo, 1973). Sin embargo, la planta nunca llegó a construirse. Según el citado informe, se completó la ingeniería básica y parte del pliego de licitación.¹⁶ Pero el proyecto se desestimó por razones técnicas y económicas.

1.3. ERE: proyectarse al cierre del ciclo de producción de nucleoelectricidad

42

Entre 1962 y 1973, hubo en Argentina cinco presidentes. El contraalmirante Oscar Quihillalt, autoridad de CNEA desde 1955, atravesó, con una interrupción entre 1958 y 1960, todos estos mandatos. Sus casi dos décadas en el cargo garantizaron una continuidad en política nuclear que contrastó con la inestabilidad que erosionaba otras instituciones de ciencia y tecnología. Esa continuidad permitió que la institución creciera por diversificación interna y ampliación de su red de influencias (Hurtado, 2014). Y que generara, a su vez, conocimientos que contribuyeron fuera del mundo académico. Conocimientos que, como testimonian los muchos escritos de Jorge Sabato (entonces gerente de tecnología de CNEA) tuvieran efectos en el desarrollo de la industria nacional. En este marco se impulsaron los proyectos PR1 y PR2, se diseñó y construyó el RA3, se realizó el estudio de factibilidad de Atucha I y se creó el Servicio de Asistencia Técnica a la Industria (SATI).¹⁷ CNEA contaba, más allá del interés estratégico que le adjudicaba cada gestión nacional al sector nuclear, con la impronta positiva que la asociaba a la modernización y le otorgaba cierto margen de acción.

15. En un accidente de criticidad aumentan vertiginosamente las reacciones nucleares en cadena, liberando un pico de radiación de alta energía que puede producir graves consecuencias a los operadores y al ambiente. La probabilidad de ocurrencia de estos accidentes crece en función del enriquecimiento de uranio de los combustibles: a mayor enriquecimiento, mayor probabilidad.

16. Los documentos que plasman la ingeniería básica de la PR2 suman aproximadamente 3000 páginas de texto y 200 planos (fuente: correspondencia personal de uno de los miembros del proyecto).

17. El SATI se propuso llevar a la industria conocimientos y técnicas desarrollados vía la investigación básica y aplicada, facilitar el acceso a información para ayudar a la industria a resolver sus problemas técnicos y entrenar profesionales en distintos aspectos de la ingeniería metalúrgica (Enríquez, 2011).

Esa suerte de continuidad se vio alterada a partir de 1973. Ese año, tras la llegada de Cámpora a la presidencia de la nación, el capitán de fragata (R) Pedro Iraolagoitia reemplazó a Quihillalt. El cambio redundó en otros niveles que hasta el momento habían conservado autoridades. Esto generó rupturas respecto de las trayectorias de trabajo previas (Hurtado, 2014) y en las lógicas de organización institucional que habían marcado el rumbo de CNEA hasta entonces (Larcher, 2014). En el Departamento de Reprocesamiento, en particular, se designó un nuevo jefe, desplazando a quienes habían estado a cargo de los proyectos desde su creación. Con el nuevo jefe, integrante del Departamento desde la PR1 y alineado políticamente con la nueva gestión nacional e institucional, tomó impulso un proyecto alternativo a la PR2 que se presentó inicialmente como PR3 (Bonini *et al.*, 1973), pero que pronto cambió su denominación por ERE.

El nuevo proyecto compartía metas con la PR2: reprocesar los combustibles del RA3 y avanzar “soluciones” para el de Atucha I (CNEA, 1976). Y compartía parte del proceso químico propuesto en el proyecto anterior. Pero también presentaba novedades. La primera era el alcance de la capacidad proyectada para reprocesar combustibles de Atucha. Como la PR2, el ERE proponía recuperar diez gramos de plutonio por año de 50 kilogramos de uranio enriquecido de combustibles de RA3. Pero, a diferencia del anterior, se proponía recuperar seis kilogramos de plutonio por año, correspondientes a 1,5 tonelada de uranio natural de combustibles de Atucha I (CNEA, 1976). La segunda novedad era la precisión, entre sus objetivos, de la resolución del proceso de corte y disolución. Una precisión que daba contenido a las “soluciones” de reprocesamiento de combustibles de centrales de potencia vagamente enunciadas en la PR2. Dicha resolución suponía, en concreto, la construcción de una segunda planta para instalar la celda de corte y disolución, dispositivo necesario para quebrar el material que recubre los combustibles de estos reactores (circaloy) y obtener el uranio a reprocesar.

43

La capacidad proyectada de reprocesamiento de combustibles de Atucha I y la explicitación de esa resolución técnica en la redacción del proyecto ponían en evidencia el interés en orientar esa planta hacia las centrales nucleares de potencia. La celda de corte y disolución empezó a tomar forma en 1975 con un estudio de factibilidad técnico-económico que CNEA desarrolló en colaboración con el Instituto Nacional de Tecnología Industrial. Según el “Informe Reprocesamiento”, su costo estimado era siete millones de dólares y su capacidad diaria un combustible y medio de Atucha I o 16 combustibles CANDU, el modelo de Central Nuclear que se comenzaba a construir en Embalse y cuyo combustible, fabricado también con uranio natural, tenía un tamaño menor respecto del primero.¹⁸

El ERE comenzó a construirse en 1976 (CNEA, 1976), pero el presidente de CNEA, que asumió tras el golpe de Estado del 24 de marzo de ese año, el vicealmirante Carlos Castro Madero, decidió ponerla en suspenso por dos motivos centrales. El

18. Las vainas de circaloy que recubren las pastillas de uranio en los elementos combustibles de Atucha I miden aproximadamente cinco metros; las del modelo CANDU, como las de Embalse, miden 50 centímetros.

primer motivo era la sensibilidad internacional asociada al desarrollo de una tecnología de uso dual y, específicamente, al manejo de plutonio. Una sensibilidad que generaba mayores alarmas en el inicio de un gobierno de carácter militar aunque éste no hubiera expresado una voluntad explícita para lanzarse en el desarrollo armamentístico. El segundo motivo era que el grupo responsable del ERE y algunos de los profesionales que se desempeñaban en el Departamento de Reprocesamiento, señalados como políticamente activos en el último y breve período democrático, habían sido separados de su cargo y detenidos de manera ilegal.¹⁹

2. Análisis

De esta breve reseña de tres proyectos se derivan múltiples líneas de análisis. Aquí retomaremos dos de ellas: 1) los fundamentos científicos y técnicos de los proyectos, sus continuidades y quiebres; y 2) los contrastes entre una justificación en términos del aprendizaje tecnológico y la proyección de la planta de reprocesamiento con vistas a su posterior desarrollo industrial.

2.1. De fundamentos científicos y técnicos: continuidades y diferencias

Las propuestas de plantas de reprocesamiento tenían la intención de tratar a los combustibles de los reactores de investigación y anticipar, en los casos de la PR2 y el ERE, “soluciones” para los de la central nuclear Atucha I. Se sucedieron en menos de 10 años con continuidades y diferencias decisorias y técnicas, con objetivos y desafíos en común, con novedades y con resultados dispares.

La PR1 y la PR2 se pensaron para obtener información sobre el reprocesamiento de combustible nuclear como procedimiento químico. Su diseño e ingeniería, la construcción de la PR1 con desarrollos artesanales y financiada por “caja chica”, las resoluciones técnicas vía acceso a materiales públicos y con desarrollos propios, así como las decisiones que se tomaron obedecían a un doble objetivo. Por un lado, desarrollar ese procedimiento. Por otro lado, generar competencias cognoscitivas, tecnológicas y humanas durante el proceso. En todo caso, estos objetivos apuntaban a prepararse para un futuro no definido respecto de las posibilidades, opciones y técnicas relativas al desarrollo de la nucleoelectricidad. Un futuro no definido, ni en Argentina ni en los otros países que sumaban esa fuente a su matriz energética. El dominio del reprocesamiento permitiría, se pensaba entonces, abaratar los costos de funcionamiento de un reactor a partir de la reutilización de materiales recuperados para fabricar nuevos combustibles y del avance en nuevos combustibles nucleares.

Este doble objetivo, desarrollar un procedimiento técnico y aprender en su curso, no fue exclusivo de esos proyectos de reprocesamiento. Como ya se mencionó, otros emprendimientos de CNEA incorporaron y recrearon tales fundamentos. La consigna

19. Cuatro de sus miembros, que Hurtado (2014) asocia a la militancia de izquierda de la Juventud Peronista, fueron encarcelados durante seis meses y luego partieron al exilio.

de “aprender haciendo” (Sabato, 1973) atravesaba la institución, tanto a partir de prácticas concretas de trabajo como en las argumentaciones que sustentaban propuestas y decisiones.²⁰ Argumentaciones que estaban arraigadas en alcanzar autonomía tecnológica a partir de las competencias técnicas y humanas que se generaran en la marcha de los proyectos y asociada al desarrollo económico, social e industrial derivado de los avances de la tecnología nuclear.²¹

En este contexto, marcado por las potencialidades pacíficas de la energía atómica y la intención local de avanzar su investigación y el desarrollo de carácter civil, se puso en marcha la PR1. La construcción de la Facilidad Alfa, casi en paralelo, enmarcó la motivación de dominio del reprocesamiento en un horizonte más amplio. Pese a que el plutonio que se utilizó para experimentar en dicha facilidad no fuera el obtenido en la PR1, ambos proyectos confluían en el propósito de generar conocimiento y tecnología ligada al plutonio.²² En la PR1, el eje estaba puesto en su obtención; en la Facilidad Alfa, en la experimentación de propuestas de combustibles que incorporasen plutonio (Memoria Anual, 1970).

Tras alcanzar los resultados previstos para la PR1, el Departamento de Reprocesamiento subió la apuesta. Pronto tendrían a mano los combustibles gastados por el RA3 con sus desafíos técnicos y cognoscitivos. A esos desafíos el diseño de la PR2 sumó un requisito no considerado en la planta anterior: devolver a Estados Unidos el uranio reprocesado de todos los combustibles que utilizara el reactor. Asociadas a la marcha de este proyecto, se destacaron la redacción del Manual de Seguridad, el diseño de un sistema de control equivalente a los que funcionan en plantas industriales y el establecimiento de controles de calidad. Para llevar adelante la PR2, y tras descartar la posibilidad de adaptar la PR1 como se pensó inicialmente, se desmantelaron sus instalaciones generando un doble efecto: se consiguió el espacio físico para encarar el nuevo proyecto, pero se desactivaron las capacidades instrumentales que habían permitido reprocesar.

El proyecto PR2 se suspendió con un destacado avance de ingeniería y en los estudios para licitar la planta, pero sin alcanzar sus objetivos. Según indica el “Informe Reprocesamiento”, su suspensión se debió a problemas de financiamiento. Pero esa explicación se pone en tensión con el lanzamiento, en paralelo, de un nuevo proyecto

20. Como ejemplo de como esa consigna atravesaba CNEA va este fragmento del discurso de Quihillalt por la inauguración del RA3. “En el proceso evolutivo de la industria nuclear, como en cualquier otra gran industria nueva, hay etapas necesarias y obligadas a cumplir si se quiere alcanzar esa experiencia propia a que nos referimos y que constituye la base de todo progreso. Porque, insistiendo en este concepto, experiencia es por definición ‘práctica y observación’, cosas que no se pueden comprar ni pedir de prestado” (citado en Briozzo *et al.*, 2007: 36).

21. Sabato consideraba que el sector nuclear era una industria “industrializante”, sobre todo respecto de la industria metal mecánica (1973). Esto significa que su desarrollo podía encadenar el desarrollo de aquellos sectores de la industria nacional que oficiaran como proveedores técnicos, de insumos y de servicios.

22. El plutonio que utilizó la Facilidad Alfa, al igual que el uranio enriquecido de los combustibles de los reactores de investigación, fue prestado por los Estados Unidos y debía ser devuelto a ese país. Esto muestra la confianza, entre los países miembros de la OIEA, en el cumplimiento de las normas de salvaguardia. Por otra parte, la cantidad de plutonio obtenido en la PR1 era insuficiente para avanzar las investigaciones que se proponían en dicha facilidad.

de reprocesamiento. Y se pone en tensión, asimismo, con las argumentaciones que mencionan otras fuentes recuperadas durante la elaboración de este texto. En particular, con las argumentaciones que estructuran el informe “Análisis de situación de reprocesamiento. Una estrategia para el sector”, documento del Departamento de Reprocesamiento publicado en abril de 1973 y firmado por seis de sus miembros. Este documento hace, al igual que el “Informe Reprocesamiento”, un recuento de los avances en esa materia en el país. Cita los pasos que llevaron a la construcción de la PR1 (que, afirma, produjo poca experiencia extrapolable al diseño de plantas de mayor tamaño) y cuestiona la marcha de la PR2. Los autores subrayan que dicho proyecto “careció de definición conceptual del propósito por fuera de las circunstancias inmediatas de necesidades de reprocesamiento” (Bonini *et al.*, 1973). El informe presenta a la PR2 como una instalación orientada a las necesidades circunstanciales del sector y no a aquellas que se proyectaban en vistas al desarrollo futuro de la nucleoelectricidad en el país. Así caracterizada, la PR2 no asume lo que los autores del mencionado documento definen como su valor estratégico: poner a CNEA en condiciones para satisfacer los requerimientos emergentes de la etapa industrial del reprocesamiento.

El informe no niega el valor de la PR2 como etapa preparatoria para una posterior fase industrial. En esa dirección destaca el uso de métodos de trabajo modernos, el abordaje de proyecto desde un punto de vista ingenieril, los claros objetivos, el avance en capacitación y la consolidación de información escrita (Bonini *et al.*, 1973). Pero en el texto también se enfatizan inconvenientes relativos al modo en que se instrumentalizó esta etapa. Entre ellos, la imposibilidad de extrapolar la experiencia a generar con los combustibles del RA3 a los reactores de potencia, la ausencia de un planteo de diseño y construcción de una celda de corte y una serie de conflictos en torno al emplazamiento, los costos y la financiación de la planta.

46

Tras evaluar distintas alternativas se optó por reemplazar la PR2 por un nuevo proyecto que mantenía inicialmente su carácter de fase secundaria (Bonini *et al.*, 1973). Los propósitos de ese proyecto, que inicialmente se llamó PR3 pero pronto se denominaría ERE, eran cubrir las necesidades de plutonio para investigación y desarrollo de CNEA, integrar el ciclo de combustible de Atucha I en una segunda etapa, generar experiencia técnica extrapolable a una planta industrial y maximizar la participación de la industria nacional. Ahora, más allá de su definición como fase secundaria, el ERE explicitó con sus precisiones técnicas (la instalación de una celda de corte fundamentalmente) su orientación al reprocesamiento de los combustibles de las centrales de potencia Atucha I, de pronta inauguración, y Embalse, en inicios de su construcción. Y evidenció, en su capacidad proyectada, la intención de saltar esa fase hacia un prototipo de carácter industrial.

2.2. Del “aprender haciendo” al cierre del ciclo combustible con efecto de demostración

La decisión de suspender la PR2 y lanzar el ERE es indisociable del escenario político, social y económico del país, y de CNEA en particular, al momento de esa suspensión. El año 1973 trajo recambio de autoridades nacionales, institucionales y del departamento. Se cerraba un ciclo de casi ocho años de dictadura e iniciaba una

nueva experiencia democrática. El llamado a elecciones de ese año había terminado con la proscripción del peronismo, aunque no de Juan Domingo Perón, su figura emblema. El candidato peronista Héctor Cámpora, vencedor, convocó a un nuevo sufragio. En septiembre de 1973, tras 18 años de exilio y con votantes provenientes de un amplio espectro político que sumaba diversos horizontes de esperanza (nacionalistas, socialistas, revolucionarios), asumió Perón su tercer mandato. Un mandato breve pero agitado que propuso una reestructuración del capitalismo argentino, poniendo en práctica un ambicioso programa de fomento del desarrollo nacional basado en una planificación integral que abarcaba múltiples aspectos de la vida económica y política (Vitto, 2012). Un mandato que quedó trunco cuando Perón falleció en julio de 1974, dejando la presidencia a su vice, María Estela Martínez de Perón, e iniciando un período de desarticulación de las fuerzas sociales antes movilizadas y de crisis política, económica y social (Svampa, 2003).

En el marco de ese regreso democrático se pensó y lanzó el ERE. Su formulación, en nexa con la reestructuración del Departamento de Reprocesamiento, replicó y contribuyó, a la vez, al espíritu de movilización y de expectativas de cambio que caracterizó ese período (Franco, 2012). Hasta entonces las modificaciones propuestas en los proyectos de reprocesamiento habían sido graduales y centradas en los combustibles de reactores de investigación. Entre la PR1 y la PR2 se pasó de una escala experimental a una piloto sobre la base de los aprendizajes técnicos consolidados. La PR2 proponía superar la etapa de laboratorio, incorporando nuevos desafíos en función de las cantidades (todos los combustibles del RA3) y de sus características (fundamentalmente el mayor enriquecimiento del uranio). Su mención al reprocesamiento de algunos combustibles de Atucha 1 se mantenía a esa escala. Las decisiones que se tomaron sobre la marcha de ambos proyectos atendían a esos desafíos. Ahora bien, en el pasaje de la PR2 al ERE, aun con el objetivo común de reprocesar el combustible del RA3, la experiencia, las competencias técnicas y el diálogo con otros emprendimientos de CNEA dejaron paso a otros fundamentos.

47

En marzo de 1973 se había firmado el contrato para construir la segunda central nuclear argentina. Su combustible sería, como en Atucha I, fabricado con uranio natural. Durante los meses previos, la Asociación de Profesionales de CNEA promovió esa opción como estratégica para el desarrollo tecnológico e industrial argentino subrayando que “la decisión referente al tipo de combustible era, esencialmente, de carácter político” (APCNEA, 1972).²³ La nueva central constituía la base de una política nuclear inspirada en los principios de: 1) manejo del ciclo de combustible; 2) consolidación de la infraestructura de ingeniería y tecnología a través de la adquisición por profesionales y técnicos argentinos de la capacidad para concebir y diseñar las futuras centrales nucleares de forma autónoma; 3) óptima utilización de los recursos uraníferos; y 4) promoción de la actividad industrial nacional (Maqueda y Scheuer, 2014).

23. La Asociación de Profesionales de CNEA creó, en 1972, una subcomisión destinada al estudio de los objetivos y la estructura de la institución. En uno de sus boletines se reproduce un documento firmado ese año, en el que se establece la urgencia de definir los objetivos a largo plazo y, en particular, el papel que los profesionales debían jugar en ella.

Algunos de esos argumentos ya se habían esgrimido durante la elección del tipo de combustible y del tipo de reactor a construir en Atucha I (Sábato, 1973). Pero entonces el alcance de la discusión fue menor, con una participación limitada en términos generales a los responsables de la gestión de CNEA y circunscripto a los márgenes de esa institución.²⁴ La decisión en torno a la nueva central nuclear y sus combustibles se incorporaba, en cambio, a un debate nutrido, en los años 60 y comienzos de los 70, con las discusiones sobre ciencia y tecnología que se habían sucedido en CNEA y en las universidades, y divulgado en revistas o conferencias (Borches, 2014). Discusiones que volvieron a poner a la ciencia y la tecnología en la arena pública, acentuando su rol estratégico para el desarrollo del país (Feld, 2011 y 2015).²⁵ Y que, involucrando nuevos actores (asociaciones científicas, gremiales o profesionales, investigadores, docentes universitarios), destacaron los retos relacionados con su producción en vínculo con el desarrollo, la independencia decisoria y la industrialización nacional, asumiendo en algunos casos posturas radicalizadas a esos respectos.²⁶

En el nuevo escenario político e institucional, estos debates desplegaron su participación, el alcance de sus argumentaciones y su protagonismo. Como ya se sugirió, la llamada primavera camporista y los meses que siguieron al retorno de la democracia se caracterizaron por una movilización que asoció el regreso de Perón con la posibilidad de producir cambios estructurales en la economía y la política del país (Svampa, 2003). Una movilización que se manifestó, entre otros eventos, en un “ciclo de tomas de hospitales, universidades, empresas y entidades públicas y privadas posteriores a la asunción de Cámpora” (Franco, 2012: 41). Las instituciones científicas no fueron ajenas a ese fenómeno. Los Institutos de Tecnología Agropecuaria y Tecnología Industrial (INTA e INTI, respectivamente), por ejemplo, incorporaron un pensamiento innovador que impulsaba líneas de trabajo conectadas con temas de interés social (salud, vivienda y producción de alimentos, entre otros) y un desarrollo industrial que apuntale la distribución de ingresos (Hurtado, 2010).²⁷ En esa misma línea, buena parte de los trabajadores de CNEA se involucraron en distintos dispositivos de participación orientados a discutir la estructura y los objetivos de la institución para ponerla en sintonía con la propuesta política y económica del gobierno peronista (Larcher, 2014).²⁸

48

24. El propio Sábato (1973) veía en el agitado debate, que según Hurtado (2013b) llegó a la cúpula del gobierno, una muestra de la vigencia que había alcanzado el desarrollo nuclear en Argentina.

25. Entre algunas de las voces individuales que alimentaron estas discusiones se destacan, entre otros, Jorge Sábato, Oscar Varsavsky, Manuel Sadosky, Rolando García y Amílcar Herrera. Para un análisis completo y contextualizado de esas discusiones, véase: Feld, 2015.

26. Sugiere Feld, por ejemplo, que “algunos grupos se trazaron metas que iban bastante más allá de la preocupación por la política científica, las reivindicaciones corporativas o la ciencia, y propusieron la participación del movimiento estudiantil, el movimiento obrero y las organizaciones de científicos en la definición e implementación de una política científica ‘al servicio del pueblo’” (2015).

27. Para un análisis de la reorientación de las políticas agropecuarias en este período, y de la trayectoria del INTA en relación a ellas, véase: Gárgano, 2015.

28. Entre junio y diciembre de 1973 funcionó en CNEA el Consejo Coordinador (COCO), un ámbito destinado a revisar los objetivos de la institución y proponer una reestructuración del organismo (Larcher, 2014). Afirma la autora que la invitación a participar de las mesas de trabajo del COCO “se extendió a profesionales, técnicos y administrativos de todas las dependencias y regionales de la CNEA” (2014: 20). El año anterior la Asociación de Profesionales de CNEA había creado una subcomisión destinada al estudio de los objetivos y estructura de la institución (Maqueda y Scheuer, 2014).

El ERE se enmarcó en esa discusión de la estructura de CNEA y en la revisión de los valores institucionales que habían fundamentado los proyectos previos de reprocesamiento. Se enmarcó, en concreto, en ese escenario de movilización, en el cual buena parte de sus empleados participaban en el debate sobre la dinámica institucional y su rumbo. Debate que en algunos casos radicalizaba, como sugiere Larcher, las premisas de autonomía e independencia tecnológica que habían orientado a CNEA desde sus orígenes (2014).²⁹ En ese escenario, el aprendizaje tecnológico y la generación de competencias, aun mencionadas en la formulación del proyecto, asumieron un rol secundario respecto del propio dominio del reprocesamiento con dos fines definidos entonces como estratégicos para el país: cerrar el ciclo del combustible nuclear de reactores de potencia y mostrar, consecuentemente, que Argentina podía obtener plutonio.

El ciclo combustible tiene su punto de partida en el uranio que se obtiene en los yacimientos y que luego se acondiciona para su colocación en los combustibles. Estos combustibles se instalan en los reactores liberando energía que se transforma en electricidad. Una vez utilizado, el combustible se extrae del reactor y se coloca en piletas para reducir su radioactividad. Ahí se abren dos opciones. La primera consiste en colocarlo en un depósito temporario hasta que se decida su destino final. La segunda es trasladarlo a una planta de reprocesamiento donde pueden obtenerse del combustible elementos reutilizables (uranio y plutonio) y separar los residuos radioactivos para su depósito final.

La justificativa para reprocesar los combustibles de las centrales nucleares situó al ERE en la búsqueda de autonomía en el ciclo combustible. Mientras la decisión de optar por el uranio natural para la fabricación de combustibles garantizaba el suministro (y la independencia respecto de los proveedores de uranio enriquecido), la planta de reprocesamiento se proyectaba, 10 años después, como un cierre de ese ciclo. El uranio se obtendría en las minas ubicadas en el territorio; con ese uranio se fabricarían en el país los combustibles que pondrían en funcionamiento al reactor. El reprocesamiento cerraría el ciclo recuperando los componentes reutilizables para fabricar nuevos combustibles y acondicionando los residuos radiactivos para su disposición final. Y contribuiría, así, al auspicioso horizonte del desarrollo de nucleoelectricidad en el país. Ahora bien, este horizonte estaba entonces menos ligado a certezas y decisiones concretas en materia de tecnología nuclear (tipo de reactores a construir, tipos de combustibles a utilizar, opciones de tratamiento de dicho combustible tras su uso, entre otras) que a las promesas asociadas a ese desarrollo.³⁰ Más específicamente, a las promesas de autonomía, independencia

49

29. Ejemplo de esa radicalización es el cuestionamiento a Sábato por la compra "llave en mano" de Atucha I a una compañía alemana. Un cuestionamiento que puede relativizarse a la luz de las características del contrato firmado, que garantizó una alta participación de la industria nacional en su construcción y de aprendizaje tecnológico en el proceso.

30. La incertidumbre en torno al desarrollo de tecnología nuclear para la producción energética no se reducía a Argentina. En los años 70, las discusiones en torno a qué tipo de reactores, qué tipo de combustibles, cómo fabricarlos y qué hacer con ellos tras su paso por el reactor estaban lejos de estar resueltas en los países que habían optado u optaban por incorporar esta fuente en su matriz energética. A modo de ejemplo, Quillat mencionaba, en una conferencia dictada en 1972, la posibilidad de construir a futuro en Argentina tanto reactores a uranio enriquecido como reactores rápidos.

económica e industrialización que iban de la mano con las reflexiones en boga sobre la importancia de la producción de ciencia y tecnología en el desarrollo nacional.

Pero el reprocesamiento tenía, en el ERE, otra justificativa que se afirmaba tan estratégica como el cierre del ciclo combustible de la nucleoelectricidad: recuperar plutonio. En una nota del diario *Clarín* de 2006, el periodista Daniel Santoro reproduce un diálogo entre el jefe del Departamento de Reprocesamiento y el presidente Perón desarrollado a comienzos de 1974.

“-¿Licenciado, cuánto cuesta desarrollar el reprocesamiento de elementos combustibles? -General, depende de la escala en que se quiera producir. -Nuestro objetivo estratégico no es producir grandes cantidades de material nuclear, sino demostrar nuestra capacidad. Es algo así como producir una (sola) aspirina pero que no se pueda distinguir de una de la Bayer” (*Clarín*, 8 de enero de 2006).

Este diálogo, narrado al periodista por el jefe del departamento, pone en evidencia lo que aquí llamaremos, retomando los términos de la cita anterior, el efecto de demostración. Esto es, la posibilidad de demostrar que en el país se podían desarrollar competencias tecnológicas en materia nuclear, y específicamente en reprocesamiento. Y que podía recuperar plutonio en ese proceso. En efecto, aunque ya no se contara con la PR1 para hacerlo, la recuperación de plutonio ya había sido un logro de CNEA. Pero entonces, aunque entre ese logro y el lanzamiento del ERE solo mediaran cuatro años, el valor político del reprocesamiento, y del plutonio, no era el mismo. Durante los últimos años de la década del 60 y los primeros de la siguiente, se habían multiplicado mecanismos y acuerdos de carácter internacional para restringir la posesión de armamento nuclear. Estos mecanismos y acuerdos se fueron formalizando con tratados como el de No Proliferación o TNP (abierto a la firma el 1968) y el Tratado de Tlatelolco, que concentraba sus incumbencias anti-proliferación en América Latina y el Caribe y que entró en vigencia en 1969 (el mismo año que el Departamento de Reprocesamiento alcanzó sus resultados). Ahora bien, las restricciones destinadas a controlar la proliferación de armamento nuclear afectaban también a los emprendimientos y las transacciones comerciales de carácter pacífico. Por ese motivo, y por considerarlos discriminatorios (ya que sometían a controles de salvaguardia de la OIEA sólo a los países no poseedores de armas nucleares), Argentina no ratificó el Tratado de Tlatelolco y decidió no firmar el TNP (Hurtado, 2013a).

50

A este escenario de mayor y más formalizado control a escala internacional se sumaron, en 1974, las restricciones de circulación de materiales y tecnologías nucleares que resultaron de la alerta respecto al desarrollo armamentístico en países no poseedores de la bomba, que despertó la primera prueba de explosión de un artefacto bélico atómico indio.³¹ Restricciones y controles que, por ejemplo, y a nivel

31. Respecto a esta explosión, afirma Hurtado que “el hecho de que poco antes se hiciera público un acuerdo entre la India y la Argentina fue un motivo adicional para profundizar las sospechas sobre las intenciones ocultas del programa nuclear argentino” (2014: 166).

local, afectaron la construcción del reactor de potencia de Embalse al frenarse la transferencia de tecnología por parte de la empresa canadiense responsable de los reactores CANDU. En este marco, demostrar que, pese a las restricciones y controles, se podía reprocesar combustible nuclear y recuperar plutonio, en concordancia con ese contexto local de movilización y de expectativas de cambio, reorientó al ERE. Lo que estaba en juego, como ilustra el diálogo con el presidente Perón que recuerda el entonces jefe del departamento, era generar esa capacidad. Más allá de que hubiera alguna voluntad individual que aspirara a recuperar gran cantidad de plutonio o construir algún día un artefacto bélico, el propósito que fundamentaba el proyecto, como producir una aspirina que no pudiera distinguirse de la Bayer, era mostrar que se podía hacerlo.

En ese escenario de restricción y control, que afectaba fundamentalmente a los países no poseedores de la bomba como Argentina, reprocesar combustibles nucleares, cerrar de manera autónoma el ciclo y recuperar plutonio se asumían entonces como una fuerte demostración de las potencialidades y de la capacidad local en el desarrollo de tecnología compleja. Una capacidad que, en este caso, sumaba a Argentina al reducido grupo de países que habían manejado hasta ese momento dicha tecnología limitando, paralelamente, su propagación.

Notas finales

“Domingo: La construcción de la planta de reprocesamiento PR1 en Ezeiza es una epopeya chiquita pero que no fue del todo reconocida. ¡Pensá en su bajísimo costo y mirá sus resultados!
 Ana: ¿Por qué no es del todo reconocida? Domingo: La complejización política pasó por encima de los logros” (diálogo entre los autores).

51

Las preguntas que se derivan de este fragmento de uno de los diálogos iniciales entre los autores del artículo motivó, de alguna manera, el resto de este ejercicio. ¿Por qué la PR1 fue una epopeya? ¿De qué se trataba y en que resultó? ¿Por qué la complejización política pasa por encima de sus logros? O, mejor dicho, ¿qué significa que alguien que fue parte de estos proyectos interprete hoy sus resultados de ese modo?

La PR1 fue construida por pocos profesionales y técnicos, con “caja chica”, soluciones muchas veces artesanales y el propósito de generar conocimiento en el proceso. Su éxito condujo, paradójicamente, a su fin. Con objetivos técnicos más complejos en función del material a reprocesar, la proyección de la PR2 llevó a su desmantelamiento. La primera lectura respecto del desmantelamiento de la PR1 fue negativa. ¿Por qué destruir las facilidades que permitían reprocesar? ¿Por qué destruir los medios que se tenían para mostrar cómo hacerlo? E, independientemente del desmantelamiento, ¿por qué diseñar una planta de capacidades algo exageradas respecto de la cantidad de material a reprocesar? (A corto plazo, el reprocesamiento

de los combustibles del RA3 implicaba, según Bonini y Quilici (1973) una operación de la planta PR2 de 20 días por año.)³²

Pero una lectura en perspectiva de la decisión llevó a reconsiderar esa valoración. La PR1 había alcanzado su objetivo con éxito. Avanzar en el reprocesamiento de los combustibles del RA3 en el espacio físico donde funcionó la PR1, teniendo en cuenta las exigencias de ese combustible y los requisitos de la nueva planta (pasar, inclusive, de una fase laboratorio a una piloto que permitiera reprocesar todos los elementos combustibles del reactor para devolver el uranio a Estados Unidos y comenzar a ensayar con algunas barras del combustible de Atucha I), requería dismantelar para hacer espacio, resolver dificultades técnicas y de seguridad y construir la PR2 acorde a nuevos desafíos y propósitos. En una lógica experimental de la práctica de investigación y desarrollo y con una base progresiva por etapas de producción de conocimiento científico y tecnológico, avanzar no dejaba a priori otra alternativa que dismantelar.

En el marco de recambios de autoridades a múltiples niveles, movilización general y proliferación de discusiones, incluso radicalizadas, acerca de la relación entre ciencia, tecnología, política y desarrollo nuclear, la PR2 dejó lugar al ERE. El nuevo proyecto priorizó, entre sus objetivos, el cierre del ciclo combustible para los reactores de potencia y la recuperación de plutonio como estratégicas. Como había sucedido al intentar entender la anterior transición, surgieron algunas aparentes contradicciones técnicas y decisorias. ¿Por qué proyectarse como prototipo industrial con apenas un reactor de potencia en marcha y experiencia en reprocesamiento sólo a escala experimental? ¿Por qué hacerlo, además, sobre la base del modelo de los combustibles de Atucha I si la opción de compra de nuevos reactores estaba en el modelo CANDU cuyos combustibles, más pequeños, exigirían adaptar a corto plazo la planificada celda de corte y disolución?³³ ¿Sobre la base de que cálculos y con qué fines se establecían las necesidades de plutonio para presentar su producción como estratégica para el país? ¿Por qué invertir en la construcción de una planta de reprocesamiento de combustibles fabricados a base uranio natural si no estaba económicamente probado que cerrar ese ciclo fuera necesario?³⁴

52

Si bien no dio solución técnica a esas preguntas, una nueva pregunta en perspectiva las enmarcó en una respuesta posible.

El ERE fue producto y parte, a la vez, de esa lógica de movilización y quiebre que atravesó y excedió a CNEA durante el breve período democrático que precedió a la

32. En ese mismo trabajo, Bonini y Quilici (1973) concluyen que el costo de reprocesar los combustibles del RA3 en Argentina sería considerablemente mayor que hacerlo en el extranjero. El fundamento de la PR2 sigue siendo, entonces, la de generación de aprendizajes y competencias locales en dicha materia.

33. Documentos consultados afirman que esa sería la línea a continuar (Quillalt, 1972, y Bonini *et al.*, 1973).

34. Como afirmaba Oscar Quihillat en una conferencia de 1972, en los reactores a uranio natural no era "económicamente necesario reprocesar el combustible porque el valor del uranio remanente es menor, siendo conveniente el reprocesamiento sólo cuando el valor del plutonio producido y recuperado justifica económicamente tal operación". La justificativa económica a la que se refería Quihillat estaba ligada al éxito de los reactores reproductores rápidos.

última dictadura militar. Su propio nombre, ERE, ya activaba ruptura (sino, ¿por qué no continuar llamándolo PR3 como aparece en los documentos de inicios de 1973?),³⁵ Esa misma lógica de quiebre justificó el corrimiento de los objetivos más experimentales, asociados a reprocesar combustibles de reactores de investigación y aprender sobre la marcha, hacia el reprocesamiento de combustibles de centrales nucleares, el cierre de ciclo combustible y la demostración de la capacidad de recuperar plutonio. Un desplazamiento que se arraigaba más en el horizonte de promesa de autonomía, independencia y desarrollo estratégico, ligado a ese universo aún incierto técnicamente, que en la resolución de necesidades tecnológicas relativas a los proyectos entonces en marcha. Un desplazamiento en el cual, además, operó una inversión del paradigma de política científica y tecnológica que había guiado y al cual habían aportado los primeros proyectos: de un aprendizaje gradual —por etapas, sugería Quihillalt (1967)—, para generar conocimientos y competencias y lograr autonomía en materia nuclear, a la búsqueda de autonomía como fin político. Una autonomía que demostrase que Argentina podía recorrer exitosamente los caminos del desarrollo de tecnología, aun en ámbitos como el nuclear y en tiempos en los que las presiones internacionales, los controles y las restricciones en torno a la circulación de insumos y conocimientos eran los criterios dominantes.

“Cuando los problemas de producción normal y eficiente de óxido y metal sean resueltos, y cuando se tengan ideas de tipo de reactor a instalarse, será oportuno preocuparse de los problemas de reprocesamiento. Para esa época quizás se haya reunido experiencia en los distintos caminos que actualmente se vislumbran y se estará en condición de elegir el más conveniente, que puede ser, quizás, el de no reprocesar” (Moruzzi, 1959: 24).

53

Esta afirmación de Moruzzi, profesional de CNEA desde la década del 50, proviene de un texto que reseña el cierre de la planta piloto de uranio metálico. Un cierre que se dio en paralelo al abandono de esa tecnología como opción para la fabricación del combustible nuclear. Estas páginas intentaron mostrar cómo en la marcha de los proyectos científicos tecnológicos, siempre asociados y partícipes de las condiciones estructurales y coyunturales específicas (institucionales, de país, internacionales), no siempre prima la racionalidad técnica que Moruzzi ejemplifica. O, mejor dicho, intentaron mostrar que esa eventual racionalidad no puede escindirse de la trama sociopolítica y de los paradigmas que impulsan tanto la marcha de los proyectos como a los productos tecnológicos que resultan de ellos.

35. Una anécdota ejemplifica este espíritu de ruptura del ERE. Sobre la marcha de la elaboración del proyecto se decidió que este no se construiría en el predio utilizado por las plantas que lo precedieron. Necesitaba más espacio para la celda de corte y disolución. Pero los responsables del Departamento no se limitaron proponer otros terrenos. Sin motivos concretos, y con colaboración del ejército, explotaron el edificio donde había funcionado la PR1 y se había proyectado la PR2. Si bien el ERE no se construiría sobre los cimientos de esa edificación, el edificio igual se destruye.

Como se anticipó, el ERE no llegó a buen puerto. Apenas había comenzado su primera etapa de construcción cuando el golpe cívico militar de marzo de 1976 la puso en suspenso. Una suspensión, se dijo también, que fue acompañada por la detención de sus responsables y algunos de los profesionales que estaban a cargo del proyecto. Las negociaciones y disputas en torno al mismo, su visualización, la militancia política que se les asignaba a los integrantes del proyecto ERE, además de los recaudos asociados al trabajo con plutonio en manos “sospechosas” para este nuevo régimen de facto, resultaron en un vaciamiento del Departamento de Reprocesamiento que no se dio en ningún otro ámbito de CNEA. Meses después, con otros responsables y otro nombre (Laboratorio de Procesos Radioquímicos), el reprocesamiento volvió a ser parte de la agenda de CNEA. Pero esta nueva etapa queda fuera de los alcances de esta historia.

Bibliografía

AFA (1972): “La Asociación de Física Argentina y el Plan de Centrales Nucleares”, *Revista Ciencia Nueva*, n° 20, pp. 44-45.

ALBORNOZ, M. (2015): “Un sueño y muchos soñadores. A propósito del libro de Diego Hurtado: El sueño de la Argentina atómica”, *Boletín del Instituto de Historia Argentina y Americana Dr. Emilio Ravignani*, n° 43, *Tercera Serie*, pp. 171-183.

54

APCNEA (1972): Informe de la subcomisión a la Comisión Directiva, Buenos Aires, CNEA. Disponible en: <https://uranionaturalvsenriquecido.files.wordpress.com/2015/09/repositorio-boletines-11.pdf>. Consultado el 13 de abril de 2016.

BONINI, A., CALLE, C., MENENDEZ, A., MORAZZO, S., NARCIZO, E. y QUILICI, D. (1973): *Análisis de situación de reprocesamiento. Una estrategia para el sector, documento interno del Departamento de Reprocesamiento*, Gerencia de Energía, CNEA.

BONINI, A. y QUILICI, D. (1973): *Estudio económico del ciclo combustible del RA3*, documento interno del Departamento de Reprocesamiento, Gerencia de Energía, CNEA.

BORCHES, C. (2014): “Ciencia Nueva. La revista científica de los ‘70”, *Revista la Ménsula*, año 7, n° 8, pp. 1-8.

BRIOZZO, F., SBAFFONI, M., HARRIAGUE, S. y QUILICI, D. (2007): “A 40 años de la inauguración del RA-3: anécdotas, historias y algunas enseñanzas”, *Revista de CNEA*, año 7, n° 27-28, pp. 30-37.

CASTRO, R. (2011): “Perlas históricas de la Comisión Nacional de Energía Atómica”, *Revista de CNEA*, año 11, n° 41-42, pp. 26-32.

CLARIN (2006): *Perón quería obtener plutonio para una estrategia de disuasión*, 8 de enero.

CNEA (1964): Memoria anual correspondiente al ejercicio I-XI-1962 al 30-X-1963, Buenos Aires CNEA. Disponible en: <http://bdcies.cnea.gov.ar/greenstone/collect/memorias/index/assoc/HASH09c.dir/cicacMemoriaCNEA1962-63ocrA9.pdf>. Consultado el 5 de julio de 2015.

CNEA (1967): Memoria anual correspondiente al ejercicio 1-I- 1966 al 31 -XII- 1966, Buenos Aires, CNEA. Disponible en: <http://bdcies.cnea.gov.ar/greenstone/collect/memorias/index/assoc/HASH0185.dir/cicacMemoriaCNEA1966ocrA9.pdf>. Consultado el 5 de julio de 2015.

CNEA (1972): Memoria anual correspondiente al ejercicio 1970, Buenos Aires. Disponible en: <http://bdcies.cnea.gov.ar/greenstone/collect/memorias/index/assoc/HASH017f.dir/cicacMemoriaCNEA1970ocrA9.pdf>. Consultado el 5 de julio de 2015.

CNEA (1976): "Informe Reprocesamiento", documento interno del Departamento de Reprocesamiento, Gerencia de Energía.

CRAPANZANO, V. (1980): *Tuhami, portrait of a Moroccan*, Chicago, University of Chicago Press.

DWYER, K. (1982): *Moroccan dialogues. Anthropology in Question*. Baltimore y Londres, The Johns Hopkins University Press.

ENRIQUEZ, S. N. (2011): "A 50 años del Servicio de Asistencia Técnica a la Industria (SATI): apuntes de una heterodoxia", *Revista de CNEA*, año 11, n° 41-42, pp. 14-20.

55

FELD, A. (2011): "Las primeras reflexiones sobre la ciencia y la tecnología en Argentina: 1968-1973", *Revista Redes*, vol. 17, n° 32, pp. 185-221.

FELD, A. (2015): *Ciencia y política(s) en la Argentina, 1943-1983*, Bernal, Universidad Nacional de Quilmes.

FERNANDEZ LARCHER, A. (2014): "Entre la mística y la politización. Análisis de las tensiones interpretativas sobre la memoria institucional de la CNEA (1973)", *Revista KULA. Antropólogos del Atlántico Sur*, n° 11, pp. 24-41.

FRANCO, M. (2012): *Un enemigo para la nación. Orden interno, violencia y "subversión", 1973-1976*, Buenos Aires, Fondo de Cultura Económica.

GARGANO, C. (2015): "La cartera agropecuaria en tiempos de Giberti y el rol del INTA en la política estatal. Intereses, recursos y sujetos sociales agrarios en disputa", *Realidad Económica*, n° 289, pp. 108-132.

HARRIAGUE, S., SBAFFONI, M., SPIVAK L'HOSTE, A., QUILICI, D. y MARTINEZ DEMARCO, S. (2008): "Desarrollo tecnológico en un contexto internacional dinámico: los reactores nucleares de investigación argentinos a lo largo de medio", actas de las séptimas Jornadas Latinoamericanas de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología (ESOCITE), Río de Janeiro, del 28 al 30 de mayo.

HECHT, G. (1994): "Political Designs: Nuclear Reactors and National Policy in Postwar France", *Technology and Culture*, vol. n° 4, pp. 657-685.

HECHT, G. (2012): *Being nuclear. Africans and the global uranium trade*, Cambridge, Massachusetts, MIT press.

HECHT, G. (2006): "Nuclear ontologies", *Constellations*, vol. 13, n° 3, pp. 320- 331.

HURTADO, D. (2005): "Autonomy, Even Regional Hegemony: Argentina and the "Hard Way" Toward Its First Research Reactor (1945–1958)", *Science in Context*, vol. 18, n° 2, pp. 285–308.

HURTADO, D. (2010): *La ciencia Argentina. Un proyecto inconcluso 1930-2000*, Buenos Aires, Edhasa.

HURTADO, D. (2013a): "La construcción de argentina como país proliferador", *Voces del fénix*, n° 24, pp. 116-125.

HURTADO, D. (2013b): "Estudio preliminar" en S. Harriague y D. Quilici (eds.): *Estado, política y gestión de la tecnología. Obras escogidas (1962-1983)*. Jorge Sabato, Buenos Aires, UNSAM Edita, pp.13-28.

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

56

HURTADO D. y FELD, A. (2010): "La revista Mundo Atómico y la 'nueva Argentina científica'", en G. Korn y C. Panella (eds.): *Ideas y debates para la Nueva Argentina. Revistas culturales y políticas del peronismo*, La Plata, Ediciones EPC de la Universidad Nacional de La Plata, pp. 199- 228.

HYMANS, J. (2001): "Of gauchos and gringos: Why Argentina never wanted the bomb, and why the United States thought it did", *Security Studies*, vol. 10, issue 3, pp. 153-185.

JAMRACK, J. D. (1967): *Possible use of Ezeiza plant for reprocessing of RA-3 fuel elements. Informe técnico*, Buenos Aires, CNEA.

JAMRACK, J. D. (1967): *Use of the Ezeiza pilot plant for reprocessing the first charge from the RA-1 reactor*, Buenos Aires, CNEA.

MAQUEDA E. y SCHEUER, W. (2014): "Una batalla por la autonomía tecnológica: Uranio Natural o enriquecido (Más de cuatro décadas después)", actas del noveno Encuentro de Filosofía e Historia de la Ciencia del Cono Sur y de las XXV Jornadas de Epistemología e Historia de la Ciencia, Córdoba, septiembre.

MENENDEZ, A. y PANELO, A. (1973): *Análisis del costo para la planta de procesamiento de combustibles irradiados PR-2*, documento interno del Departamento de Procesamiento, Gerencia de Energía, CNEA.

MORAZZO, S. (1973): *El proyecto PR2. Su contratación y la política de reprocesamiento*, documento interno del Departamento de Reprocesamiento, Gerencia de Energía, CNEA.

MORUZZI, H. (1959): "Producción y Reprocesamiento de combustibles nucleares: dos tecnologías en transformación", *Boletín Informativo de CNEA*, vol. 3, n° 1, pp. 18-26.

PESTRE, D. (1988): "Comment se prennent les décisions de très gros équipements dans les laboratoires de «science lourde» contemporains. Un récit suivi de commentaires", *Revue de synthèse*, n° 1, pp. 97-130.

QUIHILLALT, O. (1972): "Panorama Energético Argentino", conferencia pronunciada en el Centro Cultural San Martín, Buenos Aires, noviembre de 1972, CNEA.

RADICELLA, R. (2010): *El nacimiento y los primeros años de la radioquímica en la Argentina*, conferencia pronunciada en el Instituto de Investigación y Desarrollo de la Academia Nacional de Ciencias de Buenos Aires, Buenos Aires, noviembre. Disponible en: <http://ciencias.org.ar/user/FILE/Radicella.pdf>. Consultado el 7 de septiembre del 2015.

RABINOW, P. (1992 ?1977?): *Reflexiones sobre un trabajo de campo en Marruecos*, Barcelona, Júcar.

SABATO, J. (1973): "Energía atómica en Argentina. Una historia de caso", *World development*, vol. 1 n° 8, pp. 23-38.

57

SCHNEIDER, M. y MARIGNAC, Y. (2008): "Spend nuclear fuel reprocessing in France", *Research report of the International Panel Fissile Materials*. Disponible en: www.fissilematerials.org. Consultado 15 de octubre de 2015.

SVAMPA, M. (2003): "El populismo imposible y sus actores", en J. Daniel (ed.): *Nueva Historia Argentina, 1955-1976*, Buenos Aires, Sudamericana. Disponible en: maristellavampa.net/archivos/ensayo25.pdf. Consultado el 6 de marzo de 2016.

TEDLOCK, D. (1979): "The analogical tradition and the emergence of a dialogical anthropology", *Journal of Anthropological Research*, vol. 35, pp. 387-400.

VITTO, C. (2012): "Plan económico del tercer gobierno peronista. Gestión de Gelbard (1973-1974)", *Problemas del Desarrollo*, vol. 43, n° 171, pp. 111-134.

Cómo citar este artículo

QUILICI, D. y SPIVAK L'HOSTE, A. (2018): "Del 'aprender haciendo' al cierre del ciclo con efecto demostración: la crónica del reprocesamiento de combustible nuclear en Argentina", *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad -CTS*, vol. 13, n° 39, pp. 33-57.