



RIDAA
Repositorio Institucional
Digital de Acceso Abierto de la
Universidad Nacional de Quilmes



Universidad
Nacional
de Quilmes

Briozzo, Federico

Emergencia de la medicina nuclear en la Argentina : abastecimiento de radioisótopos para uso médico (1950-1971)



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Argentina.
Atribución - No Comercial - Sin Obra Derivada 2.5
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/ar/>

Documento descargado de RIDAA-UNQ Repositorio Institucional Digital de Acceso Abierto de la Universidad Nacional de Quilmes de la Universidad Nacional de Quilmes

Cita recomendada:

Briozzo, F. (2017). *Emergencia de la medicina nuclear en la Argentina: abastecimiento de radioisótopos para uso médico (1950-1971)*. (Tesis de maestría). Bernal, Argentina : Universidad Nacional de Quilmes. Disponible en RIDAA-UNQ Repositorio Institucional Digital de Acceso Abierto de la Universidad Nacional de Quilmes <http://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/266>

Puede encontrar éste y otros documentos en: <https://ridaa.unq.edu.ar>

Emergencia de la Medicina Nuclear en la Argentina. Abastecimiento de radioisótopos para uso médico (1950-1971)

TESIS DE MAESTRÍA

Federico Briozzo

federico.briozzo@gmail.com

Resumen

Esta investigación tiene por objeto analizar el abastecimiento de radioisótopos para uso médico en Argentina entre los años 1950 y 1971. El periodo está delimitado por ser las primeras dos décadas de institucionalización de las actividades nucleares centradas en la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA). El comienzo lo determina la creación de la CNEA, que constituye el inicio formal de las actividades nucleares en el país. El fin del período abordado fue determinado por ser el año en que la demanda local de radioisótopos se alcanzó a satisfacer con producción propia.

¿Cómo, dónde, en qué circunstancias y a partir de la participación de quiénes comenzó y se institucionalizó la producción de radioisótopos para uso médico?

¿Cuáles fueron los intereses que se disputaron? ¿Qué conocimientos se movilaron? ¿Cuál fue y cómo se determinó la política institucional? ¿Cómo se desarrollaron las relaciones de colaboración y tensión entre actores provenientes de distintas disciplinas científicas?

A partir de estos interrogantes emergieron dos desafíos: uno, histórico; el otro, conceptual.

Desde una perspectiva histórica, intento reconstruir el desarrollo de la capacidad endógena de producción de radioisótopos, atendiendo a los siguientes elementos determinantes: contexto de una posguerra que comenzó con el lanzamiento de dos bombas nucleares; instituciones jóvenes movilizand o conocimientos novedosos; y actores heterogéneos transitando estas instituciones y estos conocimientos.

Con la reconstrucción histórica emerge, indisociable, el desafío conceptual generado por la heterogeneidad de los actores involucrados y por los cambios en las prácticas, en los imaginarios y en las relaciones entre los actores, que esta heterogeneidad implica.

Palabras clave: radioisótopos; medicina nuclear; Argentina.



Universidad
Nacional
de Quilmes

MAESTRÍA EN CIENCIA TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD

Emergencia de la Medicina Nuclear en Argentina

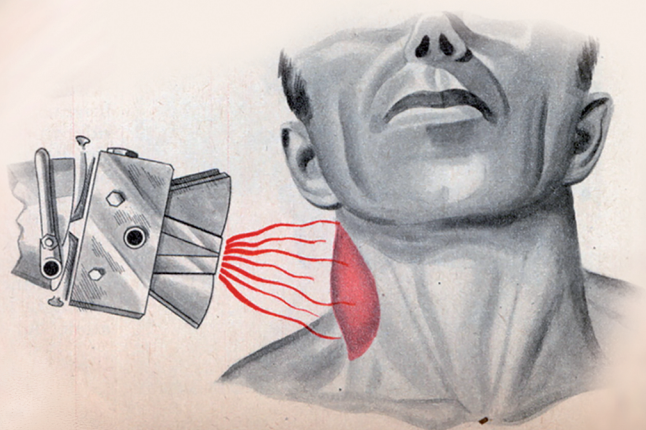
Abastecimiento de radioisótopos para uso médico (1950 - 1971)

Tesista | Lic. Federico Briozzo
Director | Dr. Pablo Kreimer

ATOMIC MEDICINE

The atomic bomb, most feared weapon the world has ever known, may prove to be the savior of millions of human lives!

The doctor at the right is garbed in mask, shirt and apron impregnated with lead as a protection from rays emanating from the radium he holds.





MAESTRÍA EN CIENCIA,
TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD

TESIS

Emergencia de la Medicina Nuclear en Argentina

Abastecimiento de radioisótopos para uso médico (1950 - 1971)

Tesista | Lic. Federico Briozzo

Director | Dr. Pablo Kreimer

2014

Agradecimientos

A todos los integrantes del Instituto de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología de la Universidad Nacional de Quilmes. Entre ellos, quiero mencionar especialmente a José Buschini, Lucía Romero, Luciano Levin, Gabriel Matharan, Adriana Feld, Pablo Pellegrini, Manuel González y Juan Pablo Zabala, quienes dedicaron notables porciones de tiempo y paciencia para que un becario arraigado en el estudio de la comunicación, se sienta menos vapuleado por la sociología y la historia de la ciencia. Al Instituto, entonces, y claro, a los seminarios de los viernes.

A Pablo Pacheco, investigador de la Universidad Nacional de Cuyo, por facilitarme desinteresadamente los recortes del Diario Los Andes y otros aportes de su archivo personal.

A Rafael Castro, que me abrió las puertas de la Comisión Nacional de Energía Atómica y de su archivo. *Rafa* estuvo siempre para desenredar los nudos de la historia y sus innumerables personajes.

A Pablo Kreimer, por compartir su experiencia en el campo de los estudios sociales de la ciencia y la tecnología, con un criterioso balance entre la exigencia, la docencia y el humor.

A Norberto Caminoa, y en él, a la Universidad Nacional de Chilecito, por brindarme la enorme oportunidad de formarme como docente investigador y por el apoyo permanente.

A Eugenia, Nicoletta y Dante.

Contenido

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	3
Conceptualización y problematización en términos de sociología de la ciencia	6
Estudios sobre objetos similares	19
Metodología y fuentes	27
Contenido de los capítulos siguientes	28
CAPÍTULO 2. LA INSTITUCIONALIZACIÓN TEMPRANA.....	29
Primeras experiencias en el mundo. Relaciones en Argentina.....	30
Los hermanos Lawrence, el ciclotrón y el fósforo	30
Lawrence y algunos médicos argentinos.....	31
El bocio endémico en Mendoza	33
Institucionalización.....	37
La creación de la CNEA.....	37
Administración de radioisótopos.....	38
Físicos, químicos, ingenieros y médicos en el proceso de institucionalización.....	39
El Departamento de Radioisótopos y el Reglamento de Uso	44
Reestructuración y organización	47
Buscando su rol	49
CAPÍTULO 3. PRÁCTICAS y ACTORES.....	52
Los primeros reactores	53
Los primeros radioquímicos.....	59
Qué se producía, qué se importaba, expertos internacionales y moléculas marcadas .	64
Producción de radioisótopos: hacia el autoabastecimiento	69
Análisis de mercado.....	70
La demanda camino al RA-3.....	72
Inversión de la ecuación.....	75
Médicos	76
La autonomía dependiente y el liderazgo en Latinoamérica.....	79
Viajeros.....	79
Espacios de legitimación.....	83
Autonomía dependiente: relación con EEUU y el OIEA	85
ANÁLISIS Y CONCLUSIONES	88
Este trabajo en relación a investigaciones similares.....	94
Nuevas preguntas y escenarios posibles de continuación	95
BIBLIOGRAFÍA	98
ANEXO	112



Capítulo 1

Introducción

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

Esta investigación tiene por objeto analizar el abastecimiento de radioisótopos para uso médico en Argentina entre los años 1950 y 1971. La creciente demanda de radioisótopos para su utilización en diagnóstico y tratamiento médico, la centralización de las actividades nucleares en el país y la política de desarrollo autónomo llevada adelante por la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) determinaron la estrategia de abastecimiento del mercado nacional.

¿Cómo, dónde, en qué circunstancias y a partir de la participación de quiénes comenzó y se institucionalizó la producción de radioisótopos para uso médico? ¿Cuáles fueron los intereses que se disputaron? ¿Qué conocimientos se movilizaron? ¿Cuál fue y cómo se determinó la política institucional? ¿Cómo se desarrollaron las relaciones de colaboración y tensión entre actores provenientes de distintas disciplinas científicas?

A partir de estos interrogantes emergieron dos desafíos: uno, histórico; el otro, conceptual.

Desde una perspectiva histórica, intento reconstruir el desarrollo de la capacidad endógena de producción de radioisótopos, atendiendo a los siguientes elementos determinantes: contexto de una posguerra que comenzó con el lanzamiento de dos bombas nucleares; instituciones jóvenes movilizando conocimientos novedosos; y actores heterogéneos transitando estas instituciones y estos conocimientos.

Con la reconstrucción histórica emerge, indisociable, el desafío conceptual generado por la heterogeneidad de los actores involucrados y por los cambios en las prácticas, en los imaginarios y en las relaciones entre los actores, que esta heterogeneidad implica.

¿Por qué los radioisótopos devienen en tal complejidad?

Un isótopo es una variante de un elemento químico.¹ Un radioisótopo (isótopo radiactivo, radionucleído, son sinónimos) es un átomo con el núcleo inestable que tiende a estabilizarse emitiendo radiación. Es decir, debido al desbalance entre neutrones y protones, deben perder energía para alcanzar su estado fundamental.²

Existen dos clases de radioisótopos, los naturales y los que son artificiales o creados en laboratorios. Estos últimos son los que interesan a esta investigación porque fue la capacidad técnica de producirlos industrialmente lo que permitió su comercialización masiva. Los métodos de obtención se describen más adelante.³

Estudiando las propiedades atómicas y buscando nuevos elementos radiactivos se encuentran los químicos y los físicos. Hay ingenieros, físicos y químicos en la producción de radioisótopos. Y hay médicos y biólogos aprovechando la utilidad de radiación emitida.

Con esta complejidad subyacente, la utilización de radioisótopos en medicina se fue institucionalizando en Argentina como un espacio de producción de conocimiento atravesado por un proceso de hibridación de la física, la química y la medicina, campos disciplinarios tradicionales en el país, pero que hasta ese momento operaban de un modo autónomo. Se generaron a partir de aquí múltiples relaciones, conflictivas en muchos casos, que construyeron este nuevo campo de investigación en concordancia con lo que sucedía a nivel mundial. Se tejieron múltiples relaciones por la heterogeneidad de actores; las tensiones fueron corrientes, ya sea por las distintas dinámicas de trabajo disciplinar o por la disputa de los espacios de decisión, sin obviar que las relaciones de colaboración existieron y posibilitaron la concreción de

¹ Todos los isótopos de un elemento comparten la misma ubicación en la tabla periódica y tienen el mismo número atómico (número de protones en el núcleo). Lo que los diferencia es el número de neutrones, derivando así en diferentes masas (suma de protones y neutrones).

² Cada isótopo se desintegra (irradia energía hasta estabilizarse) a su propio ritmo. Se dice que tiene una *vida media* característica. Hay radioisótopos que se estabilizan en pocos segundos y otros que emiten radiación durante años.

³ Tal como se esperaba, los isótopos naturales son los que se encuentran en la naturaleza. El hidrógeno, por ejemplo, tiene tres isótopos naturales: el propio, que no tiene neutrones; el deuterio, con un neutrón; y el tritio, que contiene tres neutrones. Este último es ampliamente utilizado en las labores nucleares. Entre otras aplicaciones, es el elemento esencial de la bomba de hidrógeno utilizada en Hiroshima y Nagasaki. Otro elemento que contiene isótopos muy importantes es el carbono. El carbono-12, por ejemplo, que es la base referencial del peso atómico de cualquier elemento. También el carbono-13, que es el único carbono con propiedades magnéticas, y el carbono-14 radiactivo, el más *famoso*, ya que está presente en todos los organismos y su vida media es de 5760 años, entonces puede ser utilizado en la arqueología para determinar la edad de los fósiles orgánicos.

numerosos avances; y ocurrió de acuerdo a lo que sucedía a nivel mundial porque este espacio de investigación se fue estructurando de una manera similar en varios países que comenzaron a incorporar estas técnicas a principios de la década de 1950.

Para el desarrollo del análisis he considerado tres núcleos temáticos, que tempranamente contaron con estructuras formales en la CNEA, organizados en torno a los reactores, la radioquímica y el tratamiento y diagnóstico médico. A partir de la observación de estos núcleos de trabajo, problematizo tanto las relaciones de colaboración como los focos de tensión.

Resulta particularmente interesante para el abordaje de este objeto, la noción de *uso del conocimiento*, que está implicada en el proceso de producción del mismo. Desde sus comienzos, la investigación en radioisótopos en Argentina estuvo fuertemente vinculada con el uso social de esos conocimientos producidos. Así, estos desarrollos institucionales fueron acompañados por la conformación de agendas de investigación, centradas fundamentalmente en el aprendizaje de técnicas de producción y en la búsqueda de nuevos elementos. Las agendas de los médicos tendieron en general a replicar las técnicas de aplicación de radioisótopos y a atender las preocupaciones relacionadas con la protección radiológica. Aún recorriendo los caminos trazados por la elite internacional, se puede observar una preocupación institucional por planificar atendiendo a las prioridades de la salud pública en cuanto a diagnóstico, tratamiento y prevención de enfermedades.

Por último, si bien la actividad nuclear en Argentina es un tema relativamente transitado por diversas investigaciones,⁴ no hay bibliografía que aborde la emergencia de la medicina nuclear en el país, y menos aún el abastecimiento de radioisótopos de uso médico para el mercado local. Asimismo, aquellas investigaciones sobre la actividad nuclear, en su mayoría, han sido abordadas desde una perspectiva histórica o desde la historia social. Aquí se propone, en cambio, lo que implica una perspectiva como novedosa para esta temática, por un lado, la mirada desde la construcción del uso de los conocimientos

⁴ Algunos de estos trabajos se encuentran en: Mariscotti, 1985; Marzorati, 1998, 2003, 2006a y 2006b; Westerkamp, 1975; Bernaola, 2001; Hurtado de Mendoza, 2005a y 2005b; Hurtado de Mendoza y Vara, 2006; Spivak L'Hoste, 2010; García y Reising, 2003.

producidos localmente y, por otro, el abordaje sobre la hibridación de distintos campos disciplinares hasta ese momento autónomos.

El periodo 1950-1971 está delimitado por ser las primeras dos décadas de institucionalización de las actividades nucleares centradas en la CNEA. El comienzo lo determina la creación de la CNEA, que constituye el inicio formal de las actividades nucleares en el país. El fin del período abordado fue determinado por ser el año en que la demanda local de radioisótopos se alcanzó a satisfacer con producción propia.

El presente trabajo es un recorte de una investigación más amplia, que toma como caso particular la medicina nuclear en Argentina desde la perspectiva del estudio de procesos de emergencia, institucionalización y desarrollo de campos de investigación en contextos periféricos. En este abordaje más amplio, la investigación se extiende hasta 1994, año en que la CNEA es desmembrada tras el fallido intento de privatización en el marco de una serie de políticas neoliberales llevadas a cabo durante la década de 1990. Además de una mayor extensión temporal, el análisis contempla los procesos ocurridos en los hospitales que disponían de especialistas en medicina nuclear, la relación con los pacientes y la reafirmación del proceso de institucionalización a partir de la creación de asociaciones profesionales, la realización de congresos y otros lugares de encuentro, entre otros aspectos. Naturalmente, la CNEA es también en este análisis más amplio uno de los actores principales, ya que mantuvo centralizado el abastecimiento de insumos y las determinaciones de regulación y control.

Conceptualización y problematización en términos de sociología de la ciencia

¿Cómo conceptualizar este espacio heterodoxo? Lo que aquí se aborda es la emergencia de un espacio de producción de conocimiento con determinados problemas, conceptos, instrumentos, métodos y ámbitos de intercambio y discusión, que traspasa varios límites. Los actores que participan recorren

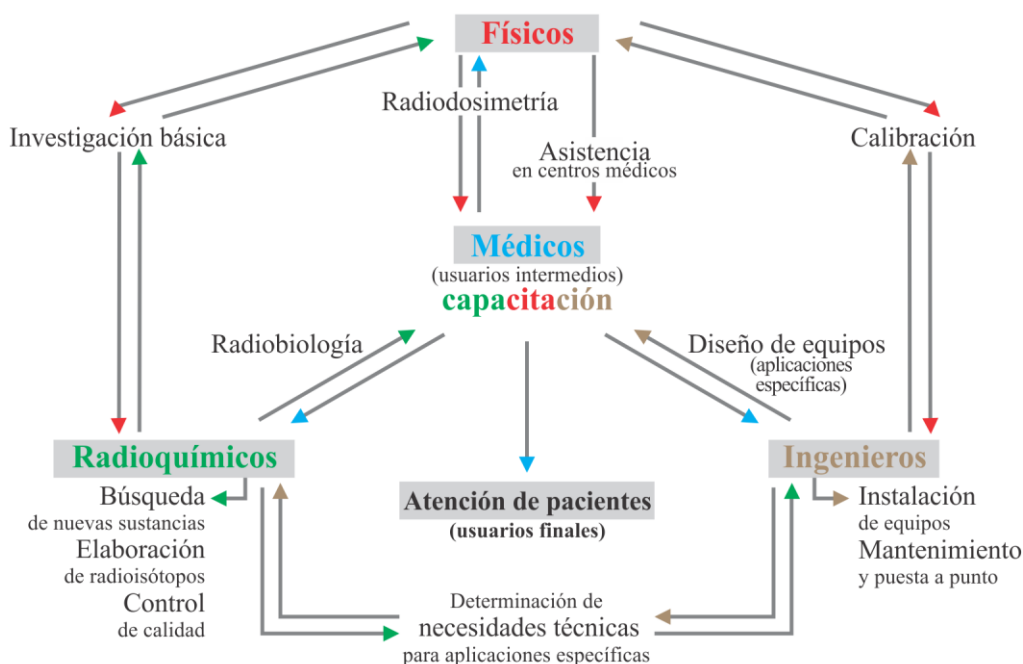
distintas instituciones, acumulan capital simbólico en distintos campos y rigen su accionar según las normas de distintas comunidades.

Los distintos perfiles profesionales se enfocaban en intereses particulares. Los físicos estaban más interesados en la mejor comprensión de la estructura del átomo, del potencial energético de las reacciones nucleares, en el funcionamiento de los reactores, por ejemplo. Los químicos que intervenían en temas nucleares por aquellos años estaban preocupados por la obtención de nuevos elementos químicos, o bien, lograr la estandarización de los productos derivados de la actividad nuclear. Los biólogos y médicos, con menos armas inicialmente, poseían alguna información sobre lo experimentado con radio y estaban más familiarizados con los rayos X.

Es interesante para este abordaje el planteo de Terry Shinn (1993, 1997, 2000a, 2000b, 2000c, 2008a y 2008b), y el realizado en colaboración con otros autores (Shinn y Joerges, 2002; Shinn y Lamy, 2006; Shinn y Ragouet, 2005), quien propone observar regímenes de investigación científica y técnica, incluyendo en el análisis las prácticas científicas -y sus contenidos cognitivos- conjuntamente con la comprensión de la organización social e institucional. Los regímenes son: *disciplinario*, *utilitario*, *transitorio* y *transversal*, los cuales se diferencian en la intensidad con la que los científicos circulan franqueando fronteras, desde una circulación nula hasta un tránsito frecuente y cotidiano.

Ahora bien, la producción de radioisótopos, y la medicina nuclear en general, es un espacio difícil de identificar. No se trata de la física clásica, sino de físicos que -si bien resuelven problemas de física- discuten continuamente con médicos; los médicos tienen los problemas tradicionales con sus pacientes, pero piden la colaboración de los radioquímicos para obtener determinadas sustancias, y la creatividad de los ingenieros para imaginar aparatos que permitan manipular elementos radiactivos; los radioquímicos necesitan entenderse con los físicos y con los ingenieros porque el acelerador de partículas debe trabajar a determinada potencia para obtener los compuestos que necesitan los médicos para atender a los pacientes. Todos los actores están en permanente vaivén.

Gráfico 1. Esquema de relaciones disciplinares



Fuente: elaboración propia.

En la caracterización de Shinn, los regímenes disciplinarios responden a la organización tradicional de las actividades científicas en disciplinas y especialidades y puede encontrarse fácilmente en distintas instituciones. Shinn sostiene que las disciplinas no están en riesgo y que siguen siendo centrales para la ciencia y para los cuatro regímenes que propone. El régimen disciplinar constituye su propio mercado, se retroalimenta: los profesionales son los consumidores de sus propias producciones. Aval y legitimidad son otorgados por pares disciplinares. En palabras de Shinn, es una economía cognitiva cerrada.

A diferencia del régimen disciplinar, en el régimen utilitario el objetivo principal no es la producción de conocimiento, sino la utilidad. Mientras que en el disciplinario se busca la universalidad que trascienda, el utilitario es local y práctico: se buscan soluciones a problemas específicos de corto plazo. El régimen utilitario (Shinn, 2008b: 21 y ss.) no es una comunidad autoreferencial, sus miembros no constituyen el mercado, sino que trabajan, en general como

técnicos o ingenieros realizando consultorías, constituyendo una economía ampliamente abierta. Mientras que el régimen disciplinar emerge relativamente autónomo en virtud de sus autoreferencias, la producción en el régimen utilitario está basada en factores exógenos.

Cuando surgen oportunidades técnicas o intelectuales en la periferia de los campos disciplinarios, los investigadores atraviesan provisoriamente las fronteras de sus disciplinas acercándose a las vecinas, lo que puede llevar a la aparición de una nueva subdisciplina o, incluso, de un nuevo campo científico. Del mismo modo, Shinn plantea que los individuos realizan cruces desde la disciplina a las empresas. La trayectoria de los actores es oscilante: en el régimen transitorio el centro principal de la identidad y de la acción de los practicantes está todavía ligado a las disciplinas, mientras que los individuos atraviesan los campos disciplinarios. Según el autor, tales cruces no son frecuentes, sino que los realizan en contadas oportunidades a lo largo de sus trayectorias. La característica principal para distinguir estos cruces de frontera, sobre todo los pasajes hacia empresas, es que la audiencia y el mercado dejan de ser sus pares disciplinares.

Shinn y Lamy (2006) reconocen tres categorías de individuos dentro de esta caracterización: los “académicos”, que crean empresas pero su referente principal sigue siendo la disciplina (la empresa está subordinada a los objetivos del régimen disciplinar); los “pioneros”, investigadores que trabajan en laboratorios universitarios, pero que su principal afiliación es la empresa (la ciencia debe estar al servicio de la economía y de la sociedad); y los categorizados como “Jano”,⁵ cuya identidad principal depende de su disciplina, pero oscilan entre el laboratorio y su empresa. Según los autores, esta última categoría podría considerarse una expresión actual del régimen transitorio, constituyendo un soporte para la investigación básica, así como para el crecimiento económico, en una “cadena de continuidad” que vincula la producción de investigación, su aplicación y su difusión en el mercado económico.

⁵ Jano (en latín *Janus*) es, en la mitología romana, un dios que tenía dos caras mirando hacia ambos lados de su perfil.

En los regímenes transversales, se hace muy engorrosa la identificación de las trayectorias de los investigadores porque se rompen los lazos entre las disciplinas y las instituciones. Los científicos están identificados con los proyectos más que con las disciplinas o las instituciones, entre las que se desplazan libremente. En lugar de deliberar acerca de las leyes de la naturaleza, este régimen se propone explorar las leyes de la instrumentación, de la construcción de instrumentos genéricos, según Shinn, el modelo ideal de transversalidad. En este sentido, quienes circulan en el régimen transversal son los “tecnólogos de investigación” (*research technologists*). Trabajan en un espacio temporal relativamente libre de restricciones exógenas inmediatas, logrando, de este modo, concentrarse en los principios subyacentes a la instrumentación, al contrario de aquellos individuos preocupados por la construcción de un aparato adecuado a una necesidad restricta.

En estos regímenes, también traspasan fronteras los usuarios locales, que se alejan temporariamente de su espacio organizacional, industrial o académico habitual para realizar nuevos aportes a instrumentos genéricos ya existentes y poder así otorgarles mayores cualidades multipropósito. Luego de un breve paréntesis, retomaré la caracterización de instrumentos genéricos y de las tecnologías posibilitadoras de investigación.

La perspectiva ofrecida por Shinn es la más apropiada para explicar los procesos que se abordan. No obstante, es innegable que otros conceptos que influyeron en la comprensión del objeto tal como se concibe en esta investigación. Estos conceptos acarrearán varias décadas de discusión y, por tal motivo, plantearlos profundamente excede a esta tesis de maestría. Sin embargo, sí vale comentar los aspectos que permitieron moldear finalmente el objeto.

“Lo que se llama disciplina no es más que el ordenamiento inestable de células elementales que son cada técnica, cada objeto, cada teoría”. Los distintos sectores “están en movimiento continuo los unos en relación a los otros” y “se unen entre ellos para construir lo que antes se llamaban disciplinas”, uniones que están actualmente en constante renovación (De Certeau, 1976).

Según el análisis que Casas Guerrero (1980) realiza sobre la noción de “comunidad científica”, Polanyi (1951) agrupa a científicos de distintas disciplinas en una comunidad que es la encargada de dirigir la agenda investigativa sin intervención externa. Esta perspectiva es compartida por Ben David (1974) que también la considera como un mecanismo aislado. Por otra parte, Kuhn (1962, 1974) se centra en la noción de paradigma: las comunidades pueden especificarse en un nivel macro -disciplinas, grandes áreas del conocimiento, especialidades- pero su definición sobre un paradigma compartido la aplica sólo para un nivel menor: grupos de tamaño reducido unidos por elementos comunes y por educación y noviciado, con una fluida comunicación interna y unanimidad en la mayoría de los temas.⁶

Hay quienes sostienen, como Whitley (1978) que el agrupamiento por especialidades es irrelevante y que, en realidad, por debajo de esas estructuras están las áreas de problemas, con investigadores sumamente especializados y con intensos flujos de comunicación no formales. La macroestructura es, para Torres Albero (1994), el producto social y cognitivo acabado donde se plasma el orden social científico.

Otras perspectivas plantean la identificación de colegios invisibles (Price, 1963) o bien el rastreo de colectividades científicas (Woolgar, 1976). En el primer caso, se parte del análisis de la matrícula de reuniones de realización periódica, cursos de verano e intercambio de información, en búsqueda de las instituciones que conforman el “circuito”, pero donde los investigadores tienen un lazo mayor con el “colegio” que con su institución de pertenencia y donde prima la obtención de status y prestigio. Por otra parte, Woolgar plantea la detección de redes de investigación rastreadas por análisis bibliográfico, de citas, etc.

En su concepción de “campo científico”, Bourdieu (1976) reemplaza el concepto de “comunidad científica”, focalizándose en el sistema de relaciones entre posiciones adquiridas y no en el análisis de las interacciones e intercambios entre científicos. Aquí, lo que predomina es el análisis de relaciones de poder y acumulación de capital simbólico.

⁶ Años más tarde reemplazó el término “paradigma” por “matriz disciplinaria”, compuesta por las generalizaciones simbólicas, los modelos y los ejemplares.

Bourdieu (1976) plantea la sustitución del concepto de comunidad científica por el de campo científico, pasa el eje de análisis de las interacciones e intercambios entre científicos al sistema de relaciones entre posiciones adquiridas -lugar de lucha por el monopolio de la autoridad científica-, en lo que Knorr-Cetina denomina una economía capitalista de mercado de la ciencia. La ciencia deja de ser el espacio donde impera la racionalidad como principio, como lo planteara Merton, y su enfoque es desde el conflicto en lugar del consenso (Kreimer, 1999).

Knorr Cetina (1982, 1995), critica los esfuerzos por especificar empíricamente la existencia de comunidades de especialistas, porque la construcción “comunidad científica” es externa, surge de clasificaciones por similitud sobre la base de características que le son atribuidas externamente. Ella plantea la noción de “arenas transepistémicas”, que son las arenas de acción dentro de las cuales se desarrolla la investigación científica y son transepistémicas dado que en los criterios de decisión cotidianos hay involucrados argumentos e intereses técnicos y no técnicos. En estas arenas se negocian el establecimiento, la definición, la renovación o la expansión de recursos, imprescindibles para la supervivencia.

Por último, mucho más cercana al objeto de esta tesis está la noción de Vinck (2006) acerca de la existencia de un “tejido de relaciones” en el marco de “redes científicas”. Este concepto permite dar cuenta de procesos de desarrollo local donde la producción de tejidos sociales entre investigadores y empresarios públicos y privados locales (entre otros actores que pueden emerger) es la condición esencial del desarrollo resultante. A su vez, todos los actores implicados están estrechamente ligados a la historia local y determinados fuertemente por esta.

Este conjunto de conceptos influyeron en la construcción del objeto, pero el aporte de Shinn presentado en primer término enfatiza determinados aspectos que resultan los de mayor interés para esta investigación.

En el caso de la producción de radioisótopos para uso médico son de singular importancia las implicaciones “externas” a la ciencia. Sin dudas, el programa

Átomos para la Paz,⁷ es fundamental y resulta relativamente ajeno a la “comunidad científica”, al menos en su génesis. Las decisiones políticas de la conducción de la CNEA en estos años también son relevantes porque determinaron la elección de un camino de desarrollo relativamente autónomo, con una intensa promoción de la industria nacional en algunos rubros, no obstante estrechando fuertes lazos con las potencias centrales. En este sentido, debe contemplarse necesariamente la relación ciencia-industria-Estado, que para este objeto es central, y que en la mayoría de las perspectivas anteriormente presentadas está ausente.

De este modo, la discusión sobre las relaciones de poder en el establecimiento del paradigma, la búsqueda de capital simbólico, la reinversión de ese capital, el crédito, la credibilidad, etc., son conceptos útiles para pensar las tensiones en los procesos analizados, pero no son centrales.

Tampoco es central la relación maestro-aprendiz en la conformación de las élites científicas, que a partir de la incorporación de recursos humanos amplían su red de influencia (Mulkay, 1976; Torres Alberó, 1994; Kreimer, 1997; entre otros), porque el período abordado no permite observar la sucesión de generaciones de investigadores. No obstante, utilizaremos algunos elementos de este enfoque para analizar la conformación del primer grupo de radioquímica.

En definitiva, Shinn aporta la particularidad de poder caracterizar -conjuntamente- el movimiento oscilatorio de los investigadores, la relación ciencia-industria-Estado y la permanencia en algunos niveles de la raíz disciplinaria de los actores. Por otra parte, se trata de un espacio que, además de estos elementos, involucra –como adelanté- instrumentos genéricos.

Shinn (1993, 1997, 2005 y 2008a), y también en coautoría con Bernward Joerges (2001), denominó a estos espacios “*research technology*

⁷ En diciembre de 1953 fue anunciado “Átomos para la paz”, el programa impulsado por EEUU dedicado exclusivamente a la promoción de la utilización de la energía atómica con fines pacíficos, por el cual venían bregando diversos sectores desde el fin de la Segunda Guerra Mundial. La iniciativa tuvo un enorme impacto internacional y fue determinante para resignificar socialmente una tecnología que a finales de la década de 1940 estaba íntimamente ligada al uso de la energía nuclear con fines bélicos. Además, EEUU y la Unión Soviética, protagonistas centrales de la guerra fría, contaban ambos con armas nucleares. En este sentido, el programa también contemplaba poner al mundo en guardia frente a potenciales usos de tales armas (Arbos Rivera, 2006).

ATOMOS PARA LA PAZ

Científicos de países amigos de Estados Unidos, asistirán a cursos especiales, cuyo comienzo se anuncia para el próximo Mayo

WASHINGTON, 7.—La Comisión de Energía Atómica ha anunciado que en la próxima primavera comenzarán a ser instruidos en investigaciones radioactivas técnicos extranjeros, como parte del programa "Átomos para Paz" del presidente Eisenhower. La comisión dirigirá un curso especial de cuatro semanas en técnica de radioisótopos, que dará comienzo el dos de mayo para treinta y dos científicos de países amigos.

Después de este programa especial del mes de mayo, otro número de cualificados científicos extranjeros serán admitidos en sesiones regulares en los cursos de enseñanza en Oak Ridge que dieron comienzo en 1948.

El propósito de los cursos de

Oak Ridge —dice la Comisión de Energía Atómica— es el permitir a los hombres de ciencia cualificados en investigaciones científicas y técnicas el obtener facilidad suficiente en el uso de los radioisótopos y energía atómica para aplicarlo a sus propios trabajos.

EN BUENOS AIRES

ATOMOS PARA LA PAZ

(Crónica por correo aéreo de nuestro corresponsal.)—Buenos Aires ha recibido con curiosa simpatía a los cinco científicos que los Estados Unidos envían en la misión «Átomos para la paz» para difundir por el continente americano la buena nueva de la era atómica y las infinitas posibilidades que se abren para el futuro.

A aquella ruidosa estafa en que el aventurero Ritcher, avalado por las declaraciones de Perón, proclamó ante el mundo que la Argentina poseía la bomba atómica y que la energía atómica se vendería muy pronto «embotellada» para cubrir todas las necesidades domésticas siguió un largo y prudente silencio.

Ahora Eisenhower ofrece a la Argentina financiar la mitad de la instalación de una pila atómica en este país. Su costo se calcula en 700.000 dólares. Veremos si el Gobierno acepta o declina esa oferta pues las preocupaciones nacionales andan ahora por otros caminos más urgentes y directos para conseguir la pacificación política y la recuperación económica.

El plan EISENHOWER "ATOMOS PARA LA PAZ" ha sido aprobado

por los occidentales en la ONU

Por de pronto nos confirman lo que ya sabíamos sobre la energía nuclear en el campo de la medicina. Mediante los radioisótopos —cuerpos simples como el carbono, cobalto, hierro, etc., activados radiactivamente en la pila atómica— se han logrado grandes progresos en enfermedades graves. El yodo radiactivo es, hasta hoy, el agente más eficaz para el tratamiento terapéutico del cáncer, pues busca las células cancerosas allí donde el bisturí del cirujano no puede llegar. Para el cáncer de pulmón, próstata y abdomen ofrece grandes posibilidades el oro radiactivo. En cambio el fósforo radiactivo parece ser lo más eficaz para la leucemia o anemia perniciosa, conocida hoy como el cáncer de la sangre. El sodio radiactivo se está utilizando para la investigación de la hidropesía. Y así múltiples posibilidades medicinales.

No cabe duda de que estos señores que componen la misión para América latina de «Átomos para la paz» ponen una nota de juvenil optimismo para el futuro en los grises y brumosos días del invierno austral que ahora comienza. Oríol DE MONTSANT.

All-nation agency approved

UN WOULD HARNESS ATOMS FOR PEACE

NEW YORK, Sunday: The United Nations General Assembly unanimously approved yesterday the creation "without delay" of an international atoms-for-peace agency.

TO SOUTH FIRST
**U.S. starts
"atoms
for peace"**

From Our New York Staff

**NEW YORK, August
16 — America has
taken the first step in
its "atoms for peace"**

communities".⁸ La peculiaridad de los procesos ocurridos alrededor del surgimiento de la medicina nuclear, y específicamente en el abastecimiento de radioisótopos, posibilita pensar a estos radioelementos en el marco de dicho concepto. Se trata de comunidades híbridas dedicadas al diseño e implementación de instrumentos que crecientemente revolucionan y condicionan la investigación científica, así como se nutren simbióticamente de ésta, tanto a nivel de ideas innovativas como de resultados aplicables. La comunidad produce instrumentos genéricos que encuentran extensiones y aplicaciones precisas en la industria, la universidad y emprendimientos estatales. Este sistema de instrumentos provee un vocabulario (metrología) y un repertorio de representaciones común para entornos y grupos que generalmente se encuentran aislados y fragmentados. Algunos años más tarde, Shinn comenzó a aplicar el concepto a las tecnologías. Sostiene la descripción de una comunidad productora de tecnologías posibilitadoras de investigación, pero comienza a denominar algunos objetos directamente *research technologies*.

Ahora bien, según la caracterización de regímenes expuesta anteriormente, la existencia de *research technologies*, instrumentos genéricos y un lenguaje común determina el abordaje desde la perspectiva de los regímenes transversales.

No obstante, el espacio identificado en esta tesis, tal como algunos investigadores, también oscila; se mueve entre la caracterización transitoria y la transversal, porque tiene elementos de ambas. Los actores van y vienen, mantienen la identidad disciplinaria, pero también hay alineamientos en función de proyectos y no de disciplinas.

¿Qué aspectos diferencian a los regímenes transitorio y transversal? En primer término, si bien en ambos regímenes hay circulación de científicos que van desde lo disciplinar a lo utilitario, en el caso de los "transitorios" este movimiento ocurre con escasa frecuencia, dos o tres veces en toda la carrera, según Shinn; distinto es en el caso de los *research technologists* (transversal), quienes rutinariamente atraviesan estas fronteras. Otro aspecto a tener en

⁸ El binomio "*research technologies*" es traducido por algunos como "tecnologías posibilitadoras de investigación" o bien como "tecnologías para la investigación".

cuenta es que en el régimen transitorio los investigadores siguen enraizados a sus disciplinas de origen, las cuales les proporcionan identidad y validación. En el régimen transversal, en cambio, el carácter genérico y los principios de la instrumentación constituyen el patrón de producción; la singularidad de este régimen es que retroalimenta la circulación de los actores, no sólo al interior de la ciencia, sino también hacia otras formas de acción social (interacción con la industria y el Estado).

En estas circulaciones, las frecuentes y las esporádicas, el lenguaje común es el que permite la convergencia. Las *research technologies* generan una especie de *lingua franca*: vocabularios específicos, metrologías e imágenes imbricados en el aparato. Los operadores provenientes de múltiples orígenes se apropian de este lenguaje mínimo compartido: los aportes disciplinares y la diferenciación sustentan al régimen, el cual al mismo tiempo genera la asociatividad (Shinn, 2008b).

En este escenario heterogéneo, la validación se obtiene por carriles distintos a los que otorga la universalidad epistemológica. Es el instrumento genérico el que posibilita la obtención de resultados comparables. Se trata de la “universalidad práctica”, en términos de Shinn, que tiene raíces en experiencias sociales compartidas por grupos heterogéneos y que también se sustenta en el acceso a instrumentos genéricos confiables, comparables y estandarizados.

En definitiva, en el espacio caracterizado en este trabajo se observan elementos del transitorio (aunque crucen la frontera más de dos o tres veces en su carrera, pero sin que la circulación sea permanente, mantienen su raíz disciplinar) y del transversal (instrumentos genéricos, *research technologies* y *research technologists*).

Según dos autores españoles que analizan los radioelementos en general, no sólo los radioisótopos,

...el concepto de *research-technology* tiene cabida en la historia de la radiactividad, una disciplina que creció en tierra de nadie, entre la física y la química (...) Las aplicaciones médicas y biológicas jugaron un papel primordial en la configuración del mercado del radio y centraron la atención de [Marie] Curie y sus colaboradores. Los radioelementos se convirtieron en el eje de las investigaciones de Curie y juegan en su caso el papel de una *research-technology* (Herran y Roqué, 2003).

En este caso, centrarse en los radioelementos les permitió a Herran y Roqué comprender la oscilación entre distintas disciplinas. En esta lógica, en lugar de construir la historia a partir de fronteras disciplinares que obligarían a franquearlas, se trata de abordar aquellas técnicas e instrumentos que implican interdisciplinariedad.

Según Rheinberger (2003), el contador de centelleo iba camino de convertirse en el punto sobre el que pivotara una comunidad transdisciplinar, temporal e informal de investigadores, ingenieros e industriales. ¿Los radioisótopos tienen las características para ser pívot en este imaginario esquema basquetbolístico? En principio sí. Químicos, físicos, ingenieros y médicos empezaron a compartir ámbitos, discusiones y, fundamentalmente, objetos.

Joerges y Shinn (2001) afirman que los *research-technologists* desarrollan la habilidad de tener varias caras y manejar varios lenguajes y, que por tal variedad, hay quienes no las consideran comunidades. Lo cierto es que si aceptamos que las comunidades desde esta perspectiva son viables, no pueden ser descritas en términos de una sola institución o perfil profesional.

En el período observado se estableció una comunidad transdisciplinar o, al menos, un tejido de relaciones; y si bien no fue informal, porque se establecieron instituciones formales que agrupaban investigadores y legitimaban la actividad, fue *menos* formal que las disciplinas de origen de quienes intervinieron. Es decir, fundamentalmente eran químicos, por ejemplo, y eventualmente trabajaban con este objeto que compartían con miembros de otras disciplinas. Si bien médicos, químicos, físicos e ingenieros continuaron con su carrera “tradicional”, la mayoría participó en la conformación de ámbitos de referencia para este nuevo espacio (asociaciones, congresos, etc.). ¿Cómo hacer sino para lograr reconocimiento entre tanta apertura y flexibilidad?

En los congresos y otros eventos de este tipo, quedaba en evidencia la cantidad variada de usuarios, desde el núcleo epistémico de la investigación física, química y biomédica hasta el amplio terreno del diagnóstico hospitalario, las medidas de precisión, la estandarización y el control de la radiación. La revista *Nucleonics* fundada en 1947, por ejemplo, fue anunciada como “un medio para la fertilización cruzada de avances técnicos en todas las fases de la

tecnología nuclear, un lugar de encuentro para el intercambio de ideas entre ingenieros, físicos, químicos, científicos de la vida y profesores” (Rheinberger, 2003).

Hay otro aspecto más, dice Rheinberger, en esta historia sobre tecnologías posibilitadoras de investigación: el trabajo en red. No se trata aquí de comparar “red” y “comunidad”, sino emplearlos para describir distintos aspectos del objeto.

Además de la competición había también cooperación. En la parte técnica, el contador de centelleo líquido dependía de la fiabilidad y pureza de las fuentes cuantificadas de varios isótopos para examinar el circuito y las soluciones del instrumento, para calibrar el proceso de cuenteo, y para muestras estándar adecuadas. En lo que se refiere a biología, eran necesarios compuestos adecuadamente marcados (Rheinberger, 2003).

Vale preguntarse por el objeto que abordamos aquí: ¿existieron redes formal o informalmente conformadas alrededor de la investigación y producción de radioisótopos? ¿Existían relaciones de cooperación interdisciplinar o prevalecían las tensiones? En el desarrollo histórico se observará que la cooperación interdisciplinar efectivamente existió, a pesar de las tensiones propias generadas por el encuentro de distintas dinámicas de trabajo.

En términos de Joerges y Shinn, los radioisótopos impulsaron el desarrollo de carreras híbridas construidas alrededor de un instrumento o una técnica y difundieron en su recorrido un lenguaje y una metrología específicos. Los radioisótopos, como la centrífuga de Beams,⁹ cruzaron varios límites - geográficos, disciplinarios e institucionales- y, en ese viaje, la terminología y el

⁹ En las décadas de 1930, 1940 y 1950, Jesse Beams desarrolló la ultracentrifugadora moderna. Beams no era ni un universitario clásico ni un ingeniero clásico ni un empresario clásico. Las carreras de la ultracentrifugadora y de quien la concibió son paralelas. Beams atravesó innumerables fronteras, circulando dentro y fuera de las instituciones y yendo de un empleador a otro. Perteneció a muchas organizaciones, movimientos y grupos de interés. No era ni pro institucional ni anti-institucional pero sí multi-institucional. No tenía un ámbito único pero en todas partes estaba en su ámbito. Exploró y explotó las leyes de la naturaleza objetivada en los instrumentos. Como el mismo Beams, las ultracentrifugadoras atravesaron múltiples fronteras. Eran instrumentos flexibles para uso general que lograban servir para una cantidad de funciones y dieron lugar a artículos en varios periódicos no universitarios. Un vocabulario específico y una manera de percibir los fenómenos se desarrollaron en conjunción con el instrumento de Beams. Se empezaron a evocar los microbios y los virus, la presión de la luz y la gravitación, la separación de los isótopos y las capas finas en términos de velocidad de rotación y de presión centrífuga. La rotación emergió como lingua franca en el seno de un abanico de campos y funciones yendo desde la universidad y la investigación a la producción industrial y a la terapia médica. El vocabulario y la imaginería rotacional unidos al instrumento de Beams se propagaron en todas las direcciones. El aporte de Beams y sus instrumentos contribuyeron así a vincular los mundos técnicos, profesionales e institucionales dispersos. La carrera de este investigador y las herramientas que creó encarnan tres principios subyacentes en la investigación técnico-instrumental: concepción genérica, posición socio-institucional intersticial y metrología (Shinn, 2000b).

lenguaje específico se fue filtrando en los ámbitos por donde transitaban. Los radioisótopos enlazaron instituciones diversas y modificaron las carreras tradicionales de los sujetos involucrados, quienes comenzaron a protagonizar “carreras híbridas”.

En cuanto a la metrología que mencionan Joerges y Shinn, alrededor de los radioisótopos empieza a generarse un lenguaje específico, nomenclaturas, medidas. También se observa que esta metrología fue tempranamente dominada por químicos y físicos, y luego por médicos.

Por último, el abordaje aquí planteado es original para la reconstrucción de las actividades nucleares en Argentina, por dos cuestiones: en primer término, lo que ya comentamos sobre hibridación, regímenes transitorios y transversales y *research technology communities*; por otra parte, es también novedoso el abordaje que contempla la noción de un uso social de los conocimientos implicada en el proceso mismo de producción de esos conocimientos.

Hay diversos análisis empíricos y aportes teóricos sobre el uso social de los conocimientos científicos en América Latina, entre los que se encuentran Charum y Parrado (1995); Vessuri (1995); Vaccarezza y Zabala (2002); Kreimer y Thomas (2003). Recientemente se ha abierto una nueva línea de indagación que busca llevar un paso más adelante estas reflexiones, a partir de considerar que la producción de conocimientos científicos para la resolución de problemas sociales no es el resultado de una demanda unidireccional que algunos actores (estado, empresas, movimientos sociales) realizan a los científicos, sino que la producción de conocimientos científicos y la definición de problemas sociales como tales se construyen mutuamente, teniendo la primera un rol activo en la segunda (Kreimer y Zabala, 2006).

Como se verá más adelante, la discusión sobre el uso de los conocimientos que se estableció entre los distintos actores en esta investigación fue evidente y muchas veces determinante en las agendas de investigación.

Estudios sobre objetos similares

A continuación se ofrecen, a modo de antecedentes y en forma resumida, distintos estudios de caso, situados geográfica, cronológica y políticamente en diversos escenarios. No es la intención desplegar un agudo análisis sobre las perspectivas teóricas desarrolladas por los colegas, sino proporcionar un mapeo a fin de situar esta tesis en el contexto de investigaciones similares.

Sobre la historia de la energía nuclear en Argentina hay varios aportes. Uno de los más citados es el libro de Mario Mariscotti (1985), centrado en los entretelones del denominado “affaire Richter”. En 1948 el científico austriaco Ronald Richter llegó al país y convenció al entonces presidente Perón de que era posible obtener energía atómica a través de la fusión controlada, lo que le daría la llave de la energía a bajo costo. El gobierno puso todos los medios a su disposición y Richter montó -primero en Córdoba y luego en la isla Huemul de Bariloche- gigantescas instalaciones. El 24 de marzo de 1951, Perón anunció oficialmente que se habían logrado “reacciones termonucleares bajo condiciones de control en escala técnica”. El físico y su empresa terminaron siendo un grandísimo fraude.¹⁰ Zulema Marzorati también dedicó varios artículos a este período, uno de ellos desde la original perspectiva del análisis de medios de comunicación y su influencia en la legitimación de políticas nucleares (Marzorati, 1998, 2003, 2006a y 2006b).

También José Westerkamp (1975) se ocupó de la energía nuclear, aunque no exclusivamente. Westerkamp dedica un considerable espacio a la física nuclear en el tomo que aborda la física en general y que forma parte de su extenso trabajo sobre la evolución de las ciencias en Argentina. De manera similar, Omar Bernaola (2001) en su biografía sobre Enrique Gaviola, uno de los principales físicos argentinos de la primera mitad del siglo XX, muestra las discusiones del protagonista con distintos sectores del gobierno peronista debido a las grandes diferencias de criterio para el establecimiento de un organismo nuclear estatal.

Diego Hurtado de Mendoza es uno de los historiadores que más se ha dedicado a recuperar la historia nuclear argentina. Entre sus aportes, se

¹⁰ Estos hechos también fueron recuperados en forma de novela por Daniel Sorín en “El hombre que engañó a Perón”.

Argentina Claims to Have Harnessed Atomic Energy Without Uranium

NEW, CHEAPER ATOM POWER Rays From Sun's Interior

LA POSIBILIDAD DEL NUEVO SECRETO ATOMICO EN PODER DE LA ARGENTINA SE CONSIDERA CON ESCEPTICISMO EN LOS MEDIOS CIENTIFICOS MUNDIALES

Argentina's new "summer secret"
Atom explosion
"made no noise"
 PERON "NOT INTERESTED"

BRITISH OPINION

ARGENTINE CLAIM
 "EXAGGERATED"
 Wide Doubts Cast On
 New Atom Theory

President Peron said he was not interested in what the United States or any other country thought.

Argentina Claims 'Sun' Atoms

THE ANNOUNCEMENT

General Peron's announcement said: "Contrary to foreign procedures, Argentine technicians worked on the basis of 'thermo-nuclear reactions' which are identical to those by which atomic energy is released on the sun.

"Superior to U.S. project"

He revealed that energy had been produced on February 16 at the Government's pilot plant at Huemul Island, 850 miles south-west of Buenos Aires, near the Chilean border.

ARGENTINE'S ATOMIC CLAIM STILL DRAWING WORLD SCEPTICISM

Peron's Extravagant Claims

ATOMIC ENERGY IN ARGENTINE

Buenos Aires, Tues.: Argentina might have electric power generated by atomic energy within two years, President Peron said when he opened the 85th Argentine Congress today.

destacan los trabajos dedicados a los procesos técnicos y políticos que atravesaron la construcción de reactores, haciendo hincapié en el “hard way” que eligieron los funcionarios argentinos para alcanzar algunos logros en materia de tecnología nuclear (2005a, 2005b; Hurtado de Mendoza y Vara, 2006). Otras categorías de análisis abordadas por Hurtado (2004) son “*big science*” y “contexto periférico” (y su relación), en este caso referidas a la construcción del acelerador de iones pesados TANDAR (TANDem ARgentino) entre 1975 y 1986. En el trabajo se consideran las relaciones con laboratorios extranjeros y la retórica afín a los objetivos del plan nuclear promovido por el sector militar como componentes centrales de la estrategia desplegada por los físicos que lideraron el proyecto. Hurtado discute sobre algunas precauciones relativas a la aplicación de la noción de “big science” a un contexto periférico.

Luego de varios años de trabajo, en 2014 Hurtado publicó “El sueño de la Argentina atómica. Política, tecnología nuclear y desarrollo nacional (1945-2006)”, en el que se describen las razones y condiciones que determinaron el desarrollo y la consolidación de una industria nuclear argentina.

Hurtado de Mendoza y Vara (2007) también publicaron un artículo comparativo sobre los caminos recorridos por Argentina y Brasil en el desarrollo de la física experimental. En esta misma línea comparativa se encuentran los trabajos de Clivia Sotomayor y Wolfgang Rudig (1983), por un lado, y Emanuel Adler (1988), por otro. Sotomayor y Rudig comparan los programas nucleares de ambos países a partir de tres interrogantes: 1. ¿el desarrollo nuclear era imprescindible para cubrir las necesidades eléctricas?; 2. ¿tienen la capacidad de producir armas nucleares?; y 3. ¿el desarrollo nuclear originó nuevas formas de dependencia? Por su parte, Adler compara ambos países en materia de desarrollo de informático y nuclear. Las dimensiones que tiene en cuenta son las instituciones creadas, pero sobre todo la ideología detrás de las instituciones y la concepción de desarrollo tecnológico autónomo. David Sheinin (2005) también analizó la cuestión del desarrollo autónomo argentino en el período 1950-1990, haciendo hincapié en el contexto de guerra fría que influía en todos los programas nucleares.

Ana Spivak L’Hoste (2003, 2006, 2010) ha realizado aportes respecto a la fabricación y venta de reactores argentinos, centrándose en las tensiones -

disputas públicas- que emergieron del proceso secreto de comercialización. En dichos trabajos se exploran algunas de las dimensiones sociales, históricas y simbólicas que se articularon en las narrativas que dieron vida a esta disputa.

Manuel Lugones, Marisa García y Ailín Reising han centrado su trabajo en procesos históricos y contemporáneos desarrollados en el complejo nuclear instalado en Bariloche. En términos institucionales han trabajado con el Centro Atómico Bariloche, la empresa de tecnología nuclear INVAP SE y el Instituto Balseiro. Sus desafíos conceptuales han girado en torno al desarrollo nuclear argentino y transferencia de tecnología, la formación de ingenieros y físicos experimentales, y los procesos de desarrollo institucional de las tres organizaciones mencionadas.¹¹

Asimismo, integrantes de la CNEA han realizado análisis históricos, a los efectos de contrastar la política nuclear pasada con la actual, que los encuentra a ellos como protagonistas. Se puede mencionar a Mónica Sbaffoni, Santiago Harriague, Domingo Quilici y Roberto Ornstein, entre otros, sumados a Renato Radicella, miembro de la CNEA desde sus inicios que continuó en actividad hasta su reciente fallecimiento, a los 77 años. Estos trabajos han sido publicados mayoritariamente en la revista institucional de la CNEA, pero algunos de estos autores también han colaborado con publicaciones de estudios sociales de la ciencia y la tecnología.¹²

Específicamente sobre radioisótopos y medicina nuclear en Argentina no he podido rastrear trabajos previos. En cambio, sí hay bibliografía sobre casos situados en otras regiones del mundo. En 2003, María Jesús Santesmases y Ana Romero editaron un volumen colectivo donde reunieron algunas experiencias españolas -tanto análisis de casos como relatos personales- y sumaron algunos artículos generales sobre instrumentación y acerca de la relación entre la física y las ciencias biológicas. La compilación parte del consenso acerca de las ventajas que acarrea trabajar con la historia reciente de la ciencia, que permite discutir con los protagonistas y agregar sus

¹¹ Véase Lugones, et. al. (2004a y 2004b); García y Reising (2003^a, 2003b, 2005a, 2005b, 2008); García, et. al. (2007); Lugones (2008, 2011).

¹² Véase Harriague, et. al. (2008); Carasales y Ornstein (1998); Quilici (2008); Radicella (1999).

recuerdos a las fuentes disponibles para el análisis. “Estos recuerdos están mediatizados por las características habituales de la reconstrucción retrospectiva, como las nuestras lo están por tradiciones historiográficas y filosóficas propias de los estudios sobre las ciencias”. El marco general lo ofrece el estudio sobre los instrumentos, a partir del supuesto de que “las ciencias siempre han sido instrumentales y es difícil separarlas de las técnicas, de los aparatos de los que se dotaron los experimentadores para legitimar sus propuestas teóricas” (Santesmases y Romero, 2003: 9-10). A continuación se mencionan algunos de los capítulos que interesan a esta investigación.

Ferreirós y Ordoñez (2003) ofrecen una breve reflexión acerca de la no neutralidad de los instrumentos científicos y plantean que los estudios sobre las ciencias deben incorporar seriamente el abordaje de los instrumentos, abrir las “cajas negras”, ya que en estos pueden encontrarse múltiples respuestas.

Hans-Jörg Rheinberger (2001, 2003)* toma al contador de centelleo como ejemplo de “instrumento posibilitador de investigación” (*“research enabling instrument”*). Según el autor, “en veinte años este instrumento evolucionó desde una tosca tecnología con el propósito de medir radiaciones hasta una tecnología genérica que se convirtió en ubicua en los laboratorios de biología molecular y medicina en los años 1970” (Rheinberger, 2003: 53). En el relato sobre cómo se fue moldeando al instrumento, el autor discrimina las distintas preocupaciones disciplinarias frente al aparato y menciona las distintas “demandas” o “requerimientos” de los investigadores (“usuarios”):

Los físicos están más sujetos a especificaciones técnicas y detalles técnicos y electrónicos que quieren de los ingenieros. Los investigadores en biología y medicina (...) suelen interactuar con los ingenieros basándose en la función de la que quieren disponer -con qué facilidad, con qué rapidez, con qué precisión, etc.-, pero no suelen estar interesados en detalles mientras funcione como se supone que deba hacerlo (Rheinberger, 2003: 68).

Las empresas intervinientes en la construcción del instrumento patrocinaban simposios destinados a investigadores provenientes de la biología y la medicina. Allí se demuestra una de las facetas de la interrelación entre ciencia, industria y Estado. Al margen de este dossier, pero estrechamente ligado a la perspectiva del artículo de Rheinberger, Alison Kraft (2006) analiza el rápido

* El artículo original se publicó en 2001. La traducción al español corresponde a la versión de este artículo publicada en el volumen colectivo coordinado por Santesmases y Romero (2003).

crecimiento de los radioisótopos “entre medicina e industria”, en Gran Bretaña entre 1945 y 1965. Kraft hace hincapié en el notable crecimiento de esta actividad “desde la periferia de la medicina a la práctica médica” y describe el fuerte apoyo político y financiero estatal.

Ana Romero (2003) trabaja sobre el primer reactor experimental instalado por la Junta de Energía Nuclear de España, mostrando cómo el reactor instalado en 1958 conjugó la política estadounidense encarnada en “Átomos para la Paz” y la ambición franquista por contar con esta tecnología que se presentaba tan poderosa. El aparato aparece como articulador de todo un centro y se establece como la razón para acercar investigadores de distintas disciplinas, tanto españoles como extranjeros. Es interesante el concepto utilizado por la autora al analizar el aspecto “vertebrador” del reactor: “Buena parte de las investigaciones que (...) se realizaron estuvieron dirigidas a nacionalizar técnicas, que en los años iniciales de la Junta no eran conocidas en España”, tal como -veremos- ocurrió en Argentina.

Por otra parte, el trabajo de Néstor Herran y Xavier Roqué (2003) incluido en esta compilación aborda las primeras importaciones de radioisótopos en España, procedentes de Gran Bretaña y Estados Unidos. El aporte más significativo para esta tesis es que, según los autores, los lazos que unen radiactividad, biología y medicina se originan mucho antes que los primeros aceleradores de partículas comenzaran a producir radioisótopos; sitúan tal relación en el comienzo de la radiactividad como espacio definido de producción de conocimiento. Herran y Roqué observan las experiencias de Pierre y Marie Curie enfocados en la relación “ciencia e industria de la radiactividad” y, como ya ha sido mencionado, definen a los radioelementos como *research technologies*. Más adelante en el relato se encuentran varias coincidencias con el caso argentino: la temprana referencia al Dr. Alfred Maddock, de la Universidad de Cambridge, quien visitó Argentina en 1954; los primeros convenios con hospitales interesados en utilizar radioisótopos, principalmente yodo radiactivo; las tempranas acciones de promoción del uso pacífico de la energía nuclear y las responsabilidades de control y metrología que absorbieron los organismos españoles involucrados.

Gabriela Morreale y Francisco Escobar (2003) ofrecen un relato personal sobre los comienzos de la endocrinología en España y las primeras aplicaciones de yodo radiactivo. Es interesante notar que los referentes para la época (década de 1950) son los mismos, como se desarrolla más adelante, que para los investigadores argentinos que comenzaban a interactuar con estos conocimientos. Gregorio Marañón fue el primero en destacar la importancia del problema de la endemia de bocio en España y Eduardo Ortiz de Landázuri el primero en estudiar esta enfermedad. Morreale y Escobar se incorporaron al equipo de Ortiz de Landázuri en 1953, ámbito en el que comenzaron a trabajar en la fisiología y la bioquímica de la tiroides y sus alteraciones. Inicialmente tuvieron la intención de perfeccionarse en Estados Unidos, pero no había posibilidad de becas para españoles en ese país. Sin embargo, sí las había en Holanda. Todas las cartas que enviaron a distintas universidades holandesas, obtuvieron como respuesta la referencia de Andries Querido, de la Universidad de Leiden, quien había regresado recientemente de una estancia en el *Massachussets General Hospital* de Boston bajo la dirección de Henry Means. En 1955, cuando Morreale y Escobar llegaron a Leiden, conocieron y trabajaron con John Stanbury, quien pasó allí un año sabático. Means y Stanbury habían recibido en 1950 la visita del médico argentino Héctor Perinetti; a partir de entonces, se estableció una relación de colaboración para estudiar la endemia bociosa en Mendoza, Argentina.

Por otra parte, la revista *Dynamis* publicó un dossier editado por Xavier Roqué y Néstor Herran (2009) titulado “Isótopos: ciencia, tecnología y medicina en el siglo veinte” en el que se presenta la historia de los isótopos desde sus comienzos como objetos de estudio hasta *commodities* tecnocientíficos, pasando por abordajes que los conceptualizan como *research technologies*.

Los primeros dos artículos abordan la emergencia de los isótopos y sus aplicaciones a nivel mundial. Jeff Hughes toma por caso los trabajos de Francis Aston en Cambridge, quien empleó un espectrógrafo de masa en la búsqueda de nuevos elementos durante las décadas de 1920 y 1930, trabajos por los cuales obtuvo el Premio Nobel.

Por otra parte, Gabor Palló muestra que la marcación con isótopos, técnica determinante en el posterior desarrollo de los isótopos, comenzó en 1910, en

Hungría, a partir de las investigaciones de George Von Hevesy. Esta técnica se expandió luego con la disponibilidad de radioisótopos a partir de los programas de distribución implementados en la posguerra. En este sentido, Soraya Boudia muestra la transformación de las aisladas investigaciones sobre isótopos en ciencia de gran escala (*big science*) gracias al impulso dado a la tecnología nuclear en la posguerra. Boudia, por un lado, y Matthew Adamson, por otro, se ocupan de los primeros programas de distribución franceses. Simone Turchetti analiza el rol que jugaron las patentes en el desarrollo de la industria de los isótopos en Estados Unidos entre los años 1930 y 1960 (incluye algunos aspectos del desarrollo en Canadá y Gran Bretaña).

Interesa particularmente a esta tesis el aporte de Néstor Herran, quien describe redes alrededor de los isótopos (de entrenamiento, comerciales, y de colaboración académica) entre Estados Unidos, Gran Bretaña y Francia (1946-1965). Conceptualiza a la tecnología nuclear como un sistema tecnocientífico. En la misma línea que otros autores, considera que los programas de distribución de isótopos fueron pioneros en incorporar la “*big science*” a la vida cotidiana. Según Herran, mientras Estados Unidos exportó mínimos porcentajes de su producción de radioisótopos, Gran Bretaña vendió a numerosos países el 40% de su producción, convirtiéndose en el principal proveedor de occidente, gracias a disminuir los requisitos de exportación, ofrecer mejores precios y rápido despacho. Por otra parte, es interesante el aporte de Herran acerca de los centros de formación instalados en Estados Unidos (cursos en Oak Ridge - 1948), Francia (Instituto Curie - 1950) y Gran Bretaña (Isotope School - 1951).¹³

En el mismo dossier de Dynamis, María Jesús Santesmases también se ocupó en recuperar la trayectoria de un isótopo. “Este artículo es una historia del yodo” comienza afirmando. Así como Santesmases analiza la profilaxis del bocio en varios países europeos y puntualmente la relación Estados Unidos - España, Adriana Feld y Analía Busala (2006, 2010) se ocupan de las políticas de salud pública para combatir el bocio endémico en Mendoza, Argentina, durante los primeros cincuenta años del siglo XX.

¹³ Herran es autor de un artículo enteramente dedicado a este centro de formación. Véase Herran, 2006.

Angela Creager es autora de numerosos artículos sobre el programa de distribución norteamericano. En este dossier de Dynamis se ocupa de los isótopos como “instrumentos políticos” e incluye en el análisis la comercialización de reactores atravesada por las implicancias políticas de la Guerra Fría (Creager, 2009). En un artículo anterior (2006), Creager detalla minuciosamente el primer lustro del programa estadounidense y analiza cómo la fuerte promoción de estas nuevas “herramientas” estimuló su consumo por parte de los científicos en los laboratorios. Desde una perspectiva similar, en otro aporte aborda la relación del laboratorio de producción de Oak Ridge con laboratorios europeos: en el relato, Creager combina el análisis cuantitativo con las relaciones políticas implicadas en la colaboración transoceánica (Creager, 2002). Por último, con un perfil “biográfico”, toma por caso al fósforo radiactivo (P-32) y lo denomina -juego de palabras mediante- como trazador histórico de la biología molecular (Creager, 2009). En la producción científica de Creager se destaca “Life Atomic”, de reciente publicación (2013), en el que la autora relata la historia de los radioisótopos estadounidenses actuando simultáneamente como herramientas científicas e íconos políticos que transformaron la biomedicina y la ecología.

Dos estudios de caso más situados en España. En 2006, Santesmases publicó un artículo en el que observa la promoción de los usos pacíficos y la experimentación biomédica; puntualmente, se ocupa del uso de radioisótopos en endocrinología y genética molecular entre 1947 y 1971. Por otra parte, Menéndez Navarro analiza la popularización de las aplicaciones médicas de la energía nuclear a partir de la observación de la impresionante campaña publicitaria desatada desde “Átomos para la Paz”. En el seno de esta campaña, las aplicaciones médicas fueron activamente empleadas para transformar la imagen de la energía atómica ante la opinión pública. “Si el proyecto Manhattan, que llevó a la construcción de la bomba atómica, ha sido descrito como el proyecto científico más caro de la historia, el cambio en la percepción social de la energía atómica hasta concebirla como un aliado para lograr el bienestar de la humanidad fue producto de una empresa persuasiva de dimensiones no menos impresionantes” (Menéndez Navarro, 2007).

Por último, dos libros realizados a partir de experiencias personales. John Stanbury (2008) recuperó sus múltiples campañas alrededor del mundo explorando la deficiencia de yodo y difundiendo los métodos de prevención. El primer capítulo del libro se titula “*An Argentine Adventure*” y relata las experiencias que en el siguiente capítulo de esta tesis se detallan. Por su parte, Efraim Otero Ruiz, uno de los pioneros de la medicina nuclear en Colombia, relata también desde su experiencia la “temprana historia” y las “reminiscencias personales” de la emergencia de la disciplina en su país (Otero Ruiz, 2002).

Metodología y fuentes

Para la realización de esta investigación se escogió un abordaje metodológico de tipo cualitativo, basado centralmente en el empleo de fuentes documentales (memorias institucionales, legislaciones, artículos de revistas especializadas tanto en sociología e historia de la ciencia como en biomedicina, radioquímica, física y demás disciplinas relacionadas con los radioisótopos, actas de congresos, pedidos de subsidios, anotaciones de científicos) y la realización de entrevistas en profundidad. Se realizaron entrevistas a varios de los funcionarios e investigadores que protagonizaron los procesos abordados: los doctores Renato Radicella, Victorio Pecorini, Jaime Pahissa Campá, Gregorio Baró, María Cristina Palcos, Elías El Tamer, Omar Bernaola y José Mayo. Han sido fundamentales las infinitas aclaraciones del Sr. Rafael Castro, responsable del archivo fotográfico y patrimonial de la CNEA.

Asimismo, se dispuso de amplia documentación institucional (documentos, informes, memorias) y se consultaron las publicaciones científicas relevantes de la época. El Centro de Información del Centro Atómico Constituyentes tiene a disposición, la mayor parte digitalizada y en línea, todas las memorias institucionales de la CNEA, así como numerosos boletines de información interna y más de 250 informes científicos de investigadores realizados en el período abordado.

La estructuración de la historia se realizó a partir de las dimensiones de análisis -históricas y conceptuales: la creación de marcos institucionales y regulatorios,

la conformación de agendas de investigación, el cruce disciplinario y el uso de los conocimientos producidos. En el análisis se cruzaron las dimensiones de orden institucional, de organización social y cognitivas, para establecer las trayectorias de los actores implicados, de los objetos de conocimiento que construyen y la dinámica de los diversos espacios contextuales de Argentina.

Contenido de los capítulos siguientes

Esta tesis está compuesta por dos capítulos analíticos, producto de una combinación de relato histórico y problematización conceptual, y las conclusiones.

En el primero, “La institucionalización temprana”, observo las primeras experiencias en aplicación de radioisótopos para uso médico, tanto a nivel mundial como en Argentina, los momentos iniciales de la institucionalización, durante el peronismo, y la CNEA postperonista. Asimismo, planteo ya algunos focos de tensión y relaciones de colaboración entre los distintos actores que interactuaron en dicho proceso inicial de institucionalización. El capítulo cierra con el proceso de elaboración de las primeras regulaciones sobre el uso de radioisótopos.

Posteriormente, “Prácticas y actores” está organizado en función de los tres grupos o tipos de prácticas ya comentados: radioquímica, reactores y médicos. El relato histórico permite exponer los nudos analíticos y observar si la conceptualización preliminar tiene fundamento: si se pueden pensar los procesos en términos de hibridación, *research technology communities*, regímenes transversales y transitorios de investigación, etc.

En las conclusiones recupero las preguntas/problemas que planteo en esta introducción y ofrezco algunas respuestas, pero también nuevas preguntas. En este sentido, y considerando que esta tesis se enmarca en una investigación más amplia, delinearé las acciones futuras y las primeras percepciones acerca del rumbo que pareciera tomar la investigación.

Han Sido Realizadas 17 Aplicaciones de Iodo Radioactivo a Bociosos

De acuerdo con un comunicado de la Facultad de Ciencias Médicas Doctor Tomás Perón, dependiente de la Universidad Nacional de Cuyo, el Instituto y División del Bocio había realizado hasta ayer 17 aplicaciones de iodo con fines de diagnóstico y que se espera la obtención de buenos resultados. Añadiéndose que la aplicación es completamente inocua para la salud del enfermo, al no alterar su ritmo normal de vida y la alimentación. Expresase también que, mientras tanto, se está dando término a la instalación del laboratorio de análisis de iodo y que en la semana próxima se aplicarán los primeros casos de iodo a los bociosos. Finalmente, se comunicó que las aplicaciones terapéuticas serán hechas en menor escala y que una vez minadas se cumplirá con los menes de diagnósticos.

Capítulo 2 La institucionalización temprana

CAPÍTULO 2. LA INSTITUCIONALIZACIÓN TEMPRANA

Las primeras experiencias de utilización de radioisótopos artificiales en medicina a nivel mundial se registraron a finales en la década de 1930 (Daugherty y Lawrence, 1948). La replicación de tales ensayos introdujo el tema en Argentina algunos años después (Arini y Pavlovsky, 1957).

El inicio formal de las actividades en medicina nuclear en Argentina debe necesariamente marcarse a partir de 1950, año en que el gobierno de Juan Perón creó la CNEA. A partir de la puesta en marcha de este organismo se centralizaron totalmente las acciones referidas a la energía nuclear en todo el país.

No obstante, se han podido rastrear experiencias previas que dan cuenta de intereses particulares de algunos médicos, como es el caso de los doctores Alfredo Pavlovsky y Carlos Lanari (1941), en empezar a utilizar radioisótopos para el diagnóstico y tratamiento de algunas enfermedades.

Por otra parte, el Dr. Héctor Perinetti llevaba varios años estudiando la profilaxis del bocio endémico en Mendoza. A partir de esta experiencia, consiguió el apoyo de un grupo de investigadores estadounidenses ocupados en comprender las particularidades geográficas del bocio. Es así que en 1951 desembarcaron en Mendoza investigadores del *Massachusetts General Hospital* con una serie de equipos para realizar masivamente pruebas de diagnóstico y tratamiento en la población mendocina, severamente afectada por la endemia bociosa. Asimismo, trajeron consigo el yodo radiactivo necesario para realizar los estudios (Perinetti, 1951; Perinetti, et al., 1952; Stanbury, et al., 1956).

Si bien esta experiencia pionera no significó un avance científico relevante, permitió la introducción al país de estas nuevas técnicas superando la escala de laboratorio. El diagnóstico y tratamiento del bocio con yodo radiactivo en Mendoza fue por varios años una de las principales actividades en medicina nuclear en Argentina. Incluso, aquella experiencia parece haber dejado su huella, porque muchas décadas después -en 1991- se creó la Fundación Escuela de Medicina Nuclear (FUESMEN), justamente en Mendoza, a partir de

un convenio entre el gobierno provincial, la Universidad Nacional de Cuyo y la CNEA.¹⁴

Estos fueron los antecedentes locales de un campo que empezaba a formarse en el mundo, en un contexto de fuerte promoción de los usos pacíficos de la energía nuclear.

Primeras experiencias en el mundo. Relaciones en Argentina

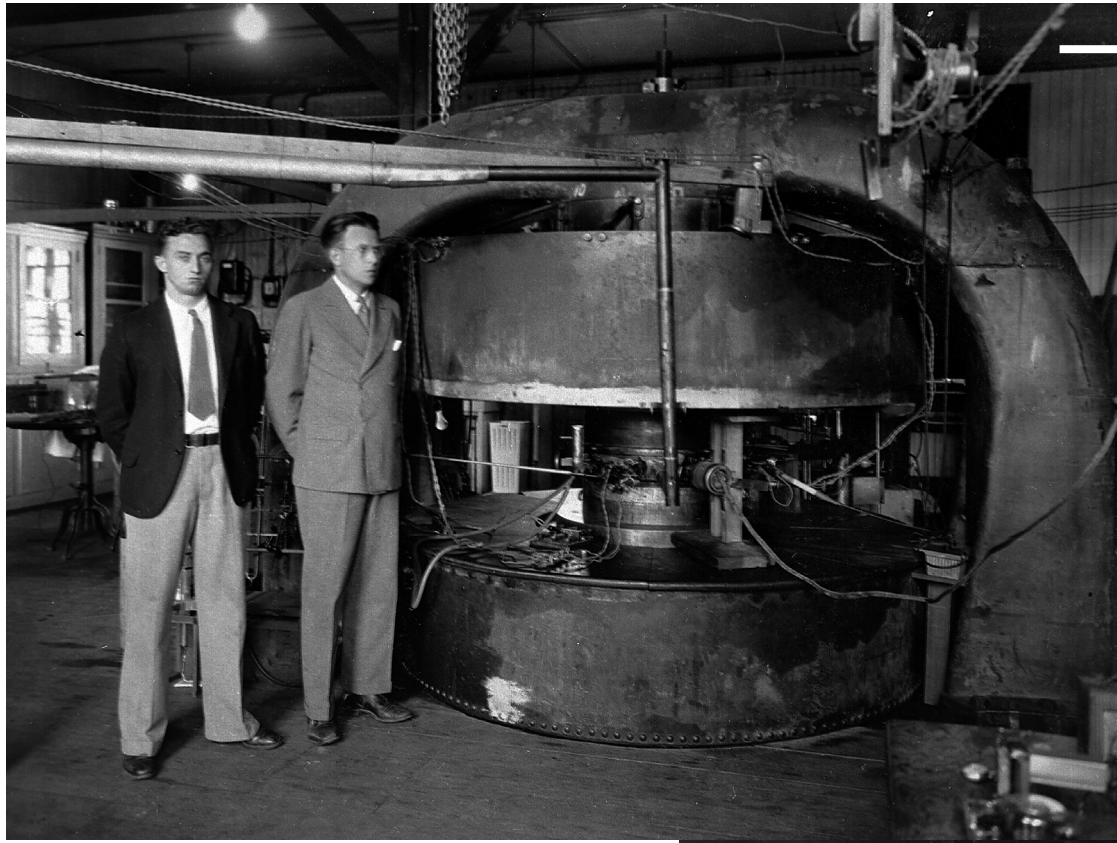
Los hermanos Lawrence, el ciclotrón y el fósforo

En el verano de 1935, John Lawrence decidió alejarse unas semanas de sus tareas en la Universidad de Yale para visitar a su hermano en Berkeley. Ernest, el hermano en cuestión, hacía unos años que había puesto a punto el primer ciclotrón capaz de acelerar iones hasta alcanzar elevadas velocidades, con la particularidad de prescindir del empleo de altos voltajes (Lawrence y Livingston, 1932). Seguramente, ni Ernest ni su compañero Stanley Livingston imaginaban la larga lista de aceleradores de partículas que sucedieron a aquel primer ciclotrón.

John no había decidido visitar a su hermano para conocer el ciclotrón, que seguramente ya conocía, sino porque el artefacto creado por Ernest ya producía fósforo radiactivo (P-32). Ese preparado novedoso sí intrigaba a John, quien deseaba probar estos isótopos artificiales en medicina. Tras la bienvenida en Berkeley, John comenzó los experimentos. Inyectó con el fósforo radiactivo a un grupo de ratones leucémicos y, algunas semanas más tarde, comprobó un notable mejoramiento general en el estado de los animales, provocado indudablemente por los efectos radiactivos del fósforo.

En diciembre de 1936, Lawrence le suministró una dosis de radiofósforo a una mujer de 28 años que sufría de leucemia crónica. Fue la primera dosis de un isótopo producido en ciclotrón que se destinó al tratamiento de un ser

¹⁴ Las instituciones fundadoras la dotaron de equipamiento de avanzada para la época, ya que desde sus comienzos contó con un Tomógrafo por Emisión de Positrones, lo que transformó a la FUESMEN en pionera de esta temática en América Latina.



John Lawrence y Stanley Livingston junto las 74 toneladas de hierro y cobre del ciclotrón de 152 cm. (1933)

Fotografía: Lawrence Berkeley National Laboratory.

Arriba: J.J. Livingood, F. Exner, M.S. Livingston, D. Sloan, E.O. Lawrence, M. White, W. Coates, L. Laslett, y T. Lucci (1933).

Fotografía: Lawrence Berkeley National Laboratory.

Abajo: equipo técnico y científico del Laboratorio de Lawrence en Berkeley sobre el imán del ciclotrón de 60 pulgadas (1939).

Fotografía: Lawrence Berkeley National Laboratory.

Giant Cyclotron Produces Strange New Elements

PALO ALTO, California, (AP)—A devastating smashup of the atom, yielding many strange, new, transmuted elements, has been reported as the first formal achievement of the giant postwar cyclotron at the University of California.

Dr Ernest L. Lawrence, builder of the cyclotron, has predicted that the machine eventually will produce bullets with energies up to one billion volts, giving scientists something more nearly approaching cosmic rays in atom-smashing ability.

Morning Bulletin, 11 de agosto de 1947, página 5.



humano.¹⁵ Esta experiencia inicial registró buenos resultados: el tratamiento con P-32 extendió el promedio de esperanza de vida a cinco años y disminuyó notablemente el sufrimiento (Daugherty y Lawrence, 1948). Tras los primeros ensayos exitosos, Lawrence probó el P-32 en pacientes con policitemia vera,¹⁶ en cuyo caso los resultados fueron excelentes (Daugherty y Lawrence, 1948).¹⁷

Paralelamente a las primeras experiencias con fósforo radiactivo, se avanzaba en la aplicación de otros radioisótopos, por ejemplo el yodo, cuyo uso terapéutico fue anunciado simultáneamente en 1942 por el grupo de Boston (Hertz y Roberts, 1942) y el grupo de California (Hamilton y Lawrence, 1942).

En 1948, el uso de radioyodo para tratamiento y diagnóstico de determinadas enfermedades de tiroides ya aparecía como altamente prometedor (Daugherty y Lawrence, 1948). Incluso estos autores vaticinaban que, “aunque los radioisótopos de I y P¹⁸ sean los únicos artificiales que cuentan con aplicaciones terapéuticas probadas, pareciera que en unos años una cantidad de isótopos tendrán usos clínicos aceptados”. Y ya hacían hincapié en la prevención: “Los nuevos tipos de radiactividad deben ser usados con cuidado, ya que se ha demostrado que la exposición a alguno de estos elementos de vida media larga puede producir la aparición de tumores o modificaciones irreparables en los tejidos”.

Lawrence y algunos médicos argentinos

En concordancia con lo que sucedía a nivel internacional, en Argentina las primeras experiencias tuvieron como protagonistas a isótopos radiactivos de fósforo y yodo. Como ya ha sido mencionado al comienzo de este capítulo, el fósforo fue utilizado por primera vez en 1942 por el Dr. Alfredo Pavlovsky y sus

¹⁵ Más adelante, en el apartado sobre producción de radioisótopos en Argentina, se explicarán brevemente los distintos métodos para producir.

¹⁶ Trastorno de la médula ósea que provoca principalmente un crecimiento descontrolado de glóbulos rojos y del volumen total de sangre.

¹⁷ En 1937, John y Ernest Lawrence propusieron probar la radiación con neutrones en terapia del cáncer. El apoyo inicial del *Rockefeller Institute* les permitió construir el primer *acelerador médico*, un ciclotrón de sesenta pulgadas con el cual demostraron que los neutrones podían eliminar tumores humanos. Los sucesivos trabajos en cáncer atrajeron la colaboración de William Donner, un empresario filántropo que había perdido un hijo a causa del cáncer. Es así que en 1942 se inauguró el *Donner Laboratory* con el objetivo de aplicar conocimientos de la física, la química y las ciencias naturales a la biología y la medicina. Algunos historiadores han coincidido en llamar a este laboratorio “la cuna de la medicina nuclear” y a John Lawrence como uno de los pioneros (Budinger, Mel y Tobias, 1991; Williams, 1999).

¹⁸ Yodo (I) y fósforo (P).

MEDICAL PROGRESS:

Isotopes in Clinical and Experimental Medicine*

ELLSWORTH C. DOUGHERTY, Ph.D., M.D., and JOHN H. LAWRENCE, M.D., Sc.D., *Berkeley*

This is Part I of an article in two parts. Part II, Important Applications of Isotopes in Experimental Medicine, will appear in the August issue.

INTRODUCTION

IN 1898—now 50 years ago—the Curies discovered radium (${}_{88}\text{Ra}$). Their announcement following

Daugherty, E. y J. Lawrence (1948):
Medical progress: Isotopes in Clinical
and Experimental Medicine, California
Medicine, Vol. 69 (1), pp. 58-73.

Izquierda: Ernest Lawrence en los controles del
ciclotrón de 37 pulgadas (1938).

Fotografía: Lawrence Berkeley National Laboratory.

Derecha: Joseph Hamilton, uno de los pioneros en
el trabajo con radioisótopos para la medicina. En
la imagen, experimenta con radiosodio a fines de la
década de 1930.

Fotografía: Lawrence Berkeley National Laboratory.



El primer paciente del ciclotrón de 60 pulgadas. Robert
Stone y John Lawrence, hermano de Ernest, tratan a
Robert Penny en el puerto de neutrones (1939).

Fotografía: Lawrence Berkeley National Laboratory.



colaboradores en el tratamiento de leucemias. A su vez, el yodo fue introducido en la provincia de Mendoza por el Dr. Héctor Perinetti en 1951 para el estudio del bocio endémico. A continuación, ambas experiencias.

En Argentina los doctores Alfredo Pavlovsky¹⁹ y Carlos Lanari²⁰ publicaron en 1941, el *estado del arte* en materia de utilización de radiactividad artificial en medicina. En dicho artículo comentaron los beneficios de la aplicación de las sustancias radiactivas en estudios metabólicos y destacaron el avance en las investigaciones con fósforo y yodo:

El fósforo ha sido el más estudiado de todos estos preparados fijándose las condiciones de su absorción y excreción (...) Se comprobó una acumulación mayor en los huesos, de lo que se deduce que por la introducción del radiofósforo se puede conseguir una irradiación selectiva a nivel de ellos. También se estudió la acción del radiofósforo sobre las células de la sangre circulante, observándose una apreciable disminución de los neutrófilos. Esto llevó a J. Lawrence a comparar el metabolismo del fósforo entre ratas normales y leucémicas, comprobando una evidente afinidad de radiofósforo por los tejidos leucémicos.

Los estudios con el radioyodo permitieron verificar la selectiva acumulación a nivel de la tiroides, predominando especialmente en las glándulas hiperplásticas, mientras que en las quísticas la cantidad de yodo era mucho menor (Pavlovsky y Lanari, 1941).

En cuanto a las aplicaciones terapéuticas, Pavlovsky y Lanari destacaron que la doble propiedad de estas sustancias (localización selectiva y acción radiactiva) “ha permitido abrigar serias esperanzas en el tratamiento principalmente del cáncer; habiéndose efectuado ya ensayos en los tumores de tiroides, por intermedio del yodo, o de los huesos (carcinomas metastásicos y

¹⁹ Discípulo de Mariano Castex, Pavlovsky fue uno de los principales referentes de la hematología argentina de entonces. Fue Director del Instituto de Investigaciones Hematológicas (IIH) desde su creación en 1955 y durante 25 años. El IIH fue creado por Mariano Castex sobre la base del Instituto de Investigaciones Físicas Aplicadas a la Patología Humana, creado en 1938, en el cual Pavlovsky estuvo a cargo de la Sección de Hematología, a partir de 1943. Entre sus primeros trabajos científicos se destacan aquellos que trataron sobre temas vinculados a problemas en la transfusión sanguínea. Como sus colegas de generación, tuvo su paso por el Instituto de Fisiología a cargo de Houssay y por la Cátedra de Castex. Tuvo una estadía de trabajo corta en el exterior, en los Estados Unidos, donde visitó los principales centros hematológicos de Nueva York y Boston. Su tema de tesis, sobre el papel diagnóstico de la punción ganglionar, fue objeto de aplicación, estudio y publicación de trabajos sobre metástasis ganglionares, leucemias, quistes amigdaloides de cuello y cáncer de pulmón. Asimismo, dedicó parte de su trabajo al estudio sobre los distintos tipos de anemias, y su tratamiento clínico, y sobre las coagulopatías -su interés y trabajo con éstas, lo condujo al descubrimiento de la segunda variedad de la hemofilia. Pavlovsky fue uno de los fundadores de la Sociedad Internacional de Hematología y presidió el IV Congreso de dicha sociedad que se realizó en el país en 1952. Además, fue miembro fundador de la Revista Medicina, publicación creada en 1939 (Romero, 2010). Según lo afirma Christiane Dosne Pasqualini (2007), Alfredo Pavlovsky fue el hematólogo más destacado de nuestro país, el que puso a la Argentina en el mapa mundial de su especialidad.

²⁰ Carlos Lanari integró, primero, el Instituto de Radiología y Fisioterapia del Hospital de Clínicas, después a partir de 1944, la Cátedra de Clínica y Patología de la Tuberculosis, a cargo de Vaccarezza, en carácter de médico radiólogo y luego, bajo el mismo rol, el Instituto de Investigaciones Médicas desde la sección de radiología (Romero, 2010).

mielomas múltiples), por intermedio del estroncio y del fósforo radioactivo” (Pavlovsky y Lanari, 1941: 244).

No obstante, el foco del artículo está puesto en los “verdaderos éxitos” que ha tenido Lawrence tratando leucemias. En comparación con la terapia profunda con radio (isótopo natural), que venía realizándose desde hace unos cuantos años, destacan que la aplicación del radiofósforo no sólo es “más cómoda”, sino que se evita la irradiación total del cuerpo, la cual arrastra efectos secundarios no deseados.

Estos comentarios a las experiencias de Lawrence permiten imaginar que había un grupo de médicos que estaba preparado para realizar este tipo de ensayos en Argentina. En efecto, Arini y Pavlovsky (1957) relatan que “en nuestro país el P-32 fue empleado como recurso terapéutico por los Dres. Saralegui y Pavlovsky en 1942, gracias a la gentileza del Dr. Lawrence, quien hizo posible los envíos. En esa oportunidad fueron tratados 5 casos de leucemia mieloide crónica y 1 de leucemia linfoide crónica”. Y continúa: “en 1949 Pavlovsky y Vilaseca hacen una comunicación de su experiencia con P-32 en diversas hemopatías, entre ellos 8 casos de leucosis agudas”.²¹

El bocio endémico en Mendoza

Así como algunos médicos en Buenos Aires seguían de cerca el desarrollo de las aplicaciones del fósforo radiactivo, desde 1920 el grupo liderado por el Dr. Héctor Perinetti comenzaba a incorporar, al menos teóricamente, la utilización de radioyodo para profundizar el estudio del bocio endémico en Mendoza (1950).²² Antes de comentar la experiencia encabezada por Perinetti, nos situarán adecuadamente algunos apuntes sobre el recorrido del yodo en el

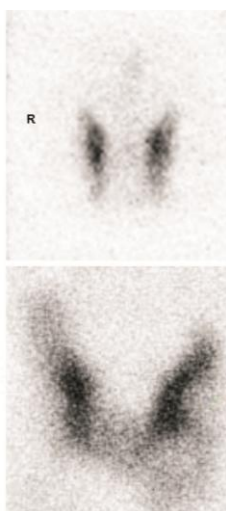
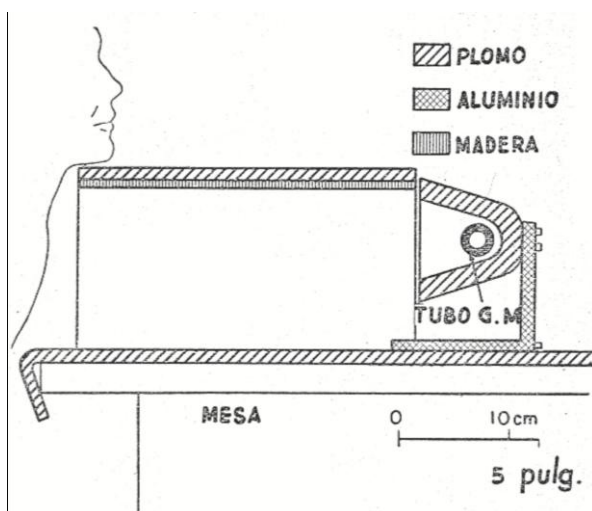
²¹ De acuerdo a esta afirmación, se trató de la primera aplicación de radioisótopos en humanos en América Latina. Sin embargo, el Dr. Eduardo Touya (1987, 1997) asegura que las primeras aplicaciones de radioisótopos en América Latina fueron realizadas en 1944 por el Dr. Carlos Chagas en el Instituto de Biofísica de la Universidad de Brasil, aunque destaca la relación de este grupo con los trabajos de Pavlovsky.

²² El bocio endémico es una hipertrofia de la glándula tiroidea que produce abultamiento de la región anterior del cuello, causada generalmente por no obtener suficiente yodo en la dieta. Esta condición está estrechamente vinculada con las características geológicas de ciertas regiones, especialmente en zonas montañosas (como la región andina de Sudamérica), en las que la lejanía del mar -por mencionar sólo un factor- deviene en escasas fuentes geológicas de yodo. La enfermedad representa fundamentalmente el esfuerzo del organismo para mantener la producción de la hormona tiroidea frente a una escasa provisión de yodo. Los efectos de la enfermedad pueden dar lugar a retardo mental, sordomudez, enanismo e hipertiroidismo (Feld y Busala, 2006; Perinetti, 1951).

organismo, su llegada a la tiroides y el estudio de ésta con la utilización de radioyodo.

El yodo ingresa al organismo ingerido con los alimentos y el agua, y es rápidamente absorbido del tracto gastrointestinal hacia la corriente sanguínea. Luego de sufrir algunos procesos químicos, queda a disposición de dos órganos que compiten por su disponibilidad: el riñón y la glándula tiroides. La glándula acciona nuevos procesos de mezcla y oxidación y produce la hormona tiroidea, la cual es secretada a la corriente sanguínea en la cantidad necesaria para mantener una adecuada concentración plasmática constante y así contribuir a la regulación del metabolismo y el crecimiento (Stanbury, et al., 1956).

El yodo radiactivo, como se ha dicho, comenzó a aplicarse en la década de 1940 para ampliar los conocimientos sobre el funcionamiento de la tiroides. Una vez que la solución radiactiva ingresa al organismo, generalmente por ingesta, una porción es absorbida por la tiroides. Una vez allí, los niveles de concentración de yodo, que después determinarán los diagnósticos, son detectados por el instrumental, un contador que capta las señales emitidas por el radioyodo desde el interior de la tiroides. Esas señales se transforman en pulsos eléctricos, los cuales conducen a la generación de imágenes morfo-funcionales del órgano (captadas, en el ejemplo inferior, por un tubo Geiger-Müller) que permiten analizar la distribución de yodo en el órgano y determinar anormalidades.



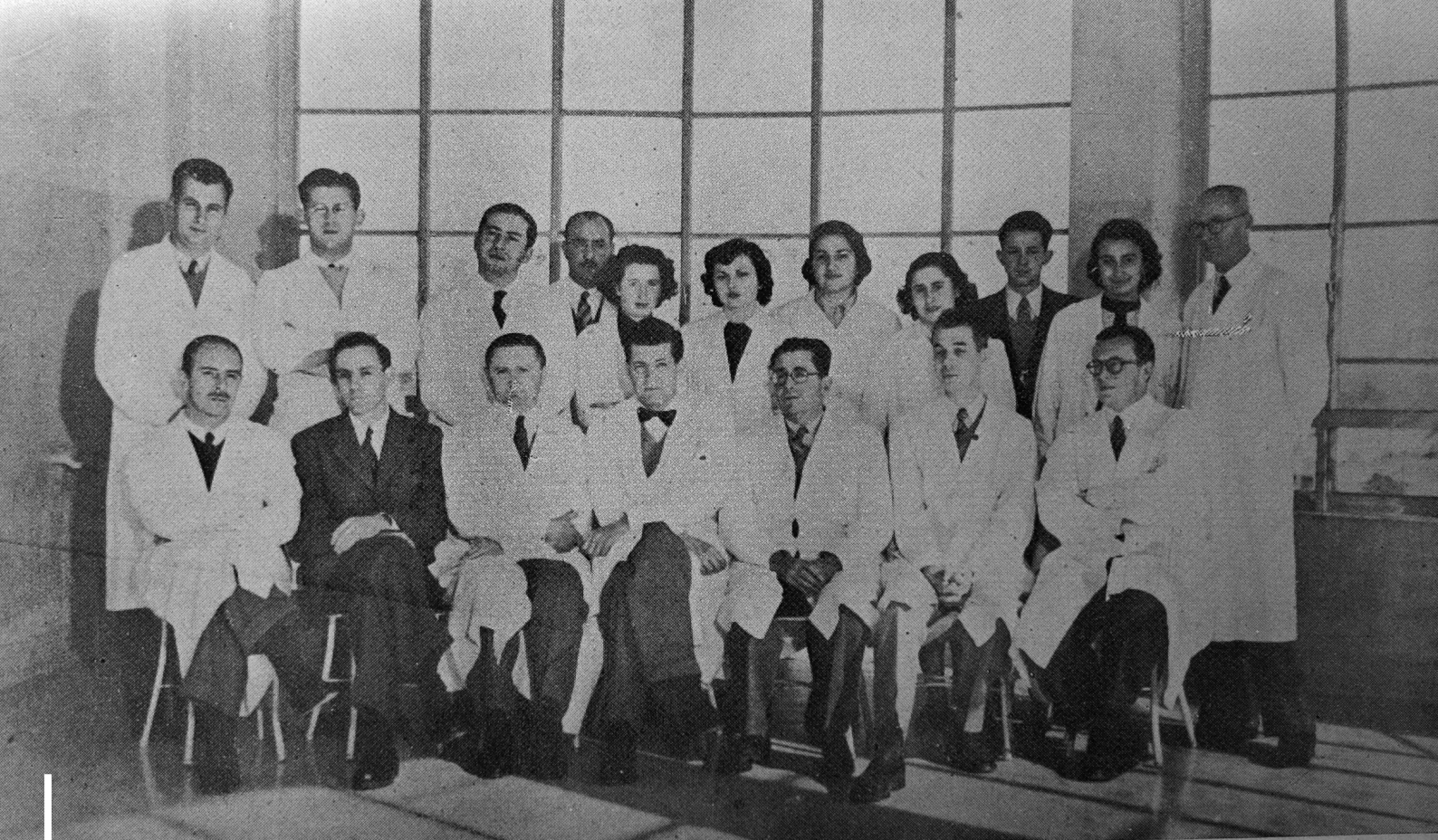
"Diagrama del aparato usado para las medidas in vivo del tiroides. El tubo Geiger-Müller a cátodo de bismuto fue montado en un blindaje de plomo. La colimación adicional fue obtenida por placas de plomo colocadas en la superficie de la mesa y sobre un marco de plomo. El paciente fue sentado sobre un banquillo de altura ajustable, de tal manera que el mentón descansaba cómodamente sobre la placa de plomo de la parte superior" (Stanbury, et al, 1956). A la derecha se observan imágenes obtenidas en captaciones de la época.

Volvamos a Mendoza. Feld y Busala (2006, 2010) analizaron el bocio como un problema de salud pública en el período 1916-1958 y describieron las decisiones tomadas por las autoridades políticas y sanitarias argentinas en la lucha por su erradicación. No es menester aquí recoger las razones por las cuales las autoridades argentinas demoraron más de cincuenta años en ejecutar las acciones tendientes a erradicar el bocio local. Sí es pertinente, en cambio, comentar que la escasez de yodo en la dieta como factor desencadenante de bocio endémico estaba ampliamente probada desde la década de 1910 (Marine y Kimball, 1917). En Argentina, las disputas entre distintos sectores políticos y académicos demoraron el establecimiento de la profilaxis hasta 1954, año en que la sal yodada empezó a ser obligatoria en Mendoza (Stanbury, et al., 1956).

En este contexto de ausencia de medidas preventivas en Argentina, a mediados del año 1950, Perinetti viajó a EEUU para perfeccionarse en la patología tiroidea. Se reunió en la Clínica del Tiroides (*Massachussets General Hospital*) con John Stanbury y algunos de sus colaboradores. En aquella visita, Perinetti les mostró fotos de bociosos mendocinos. “El doctor Perinetti sacó de su portafolio un lote de fotografías de sus pacientes, con bocios más grandes que los que cualquiera de nosotros había contemplado hasta entonces” (Stanbury, et al., 1956: 9). El médico argentino les aclaró que había una gran cantidad de casos como los fotografiados y que Argentina aún no había establecido el uso de sal yodada para resolver el problema, pero que pronto lo haría (Stanbury, et al., 1956).

A partir de ese momento, distintos intereses confluyeron en un acuerdo: “Enviemos una misión a la Argentina para estudiar el bocio endémico con métodos modernos, y que esta misión sea una empresa conjunta de Estados Unidos y Argentina o, más particularmente, del *Massachussets General Hospital*, de la Universidad Nacional de Cuyo y del Hospital Central de Mendoza”.²³ En la misma publicación se explicita que el motivo de la misión,

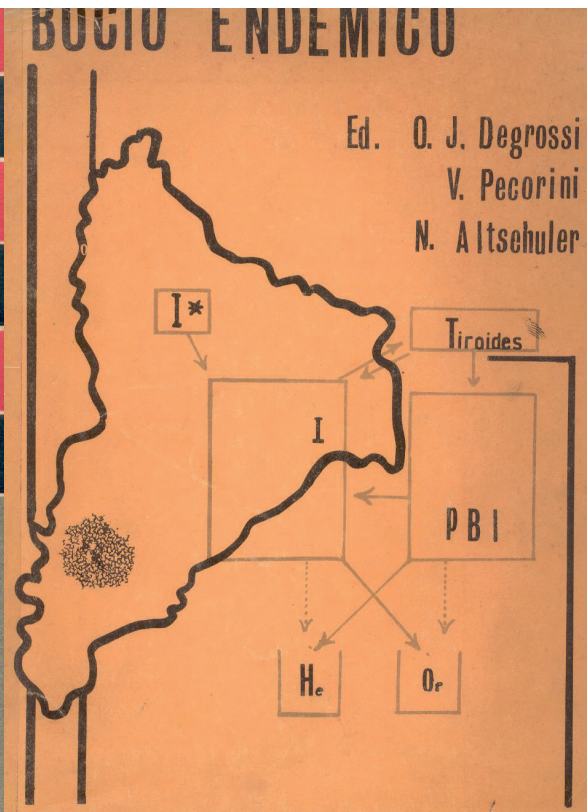
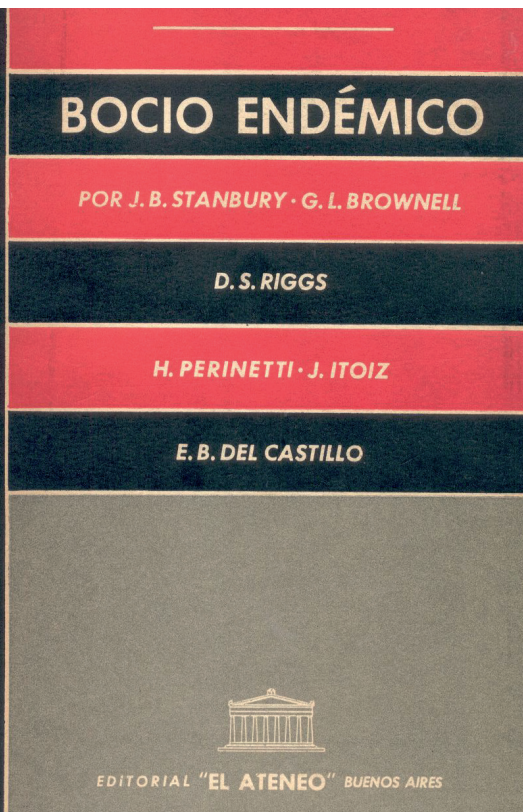
²³ “Generosas ayudas fueron las proporcionadas por la Fundación Loomis, la Comisión Nacional de Energía Atómica (Argentina), la Fundación Rockefeller y por la Parke-Davis y Compañía de Detroit, Michigan. También se recibió ayuda de la Comisión de Energía Atómica de EE. UU. de Norte América, y de la donación ‘BNC’ de la Universidad de Harvard. Los autores se complacen en agradecer a la Fuerza Aérea Argentina y a la Atomic Instrument Company de Cambridge, EE. UU., por su eficiencia” (Perinetti, et. al., 1952: 17).



La misión norteamericana en Mendoza con médicos y ayudantes argentinos (1951).

De pie: Dr. Luis Staneloni, Dr. Alberto Houssay, Dr. Jorge Nacif, Dr. Armando Yaciófano, Srta. Alda Paturzo, Srta. Eleonor Brown, Srta. Adela Vázquez, Srta. Fanny Esteves, Sr. Eguinaldo O. Zangheri, Srta. Zunilda Stefanelli y Sr. A. Federico Penny. Sentados: Dr. Eduardo Truco, Dr. Douglas Riggs, Dr. Héctor Perinetti, Dr. John B. Stanbury, Prof. Enrique B. del Castillo, Dr. Gordon L. Brownell y Dr. Juan José Staffieri (de izquierda a derecha).

Fuente: Revista de la Facultad de Ciencias Médicas Doctor Tomás Perón, año 1, número 2 (1952). Gentileza: Pablo Pacheco.



Estará Mendoza en las Sesiones de la Misión Atomos para la Paz

Aportará el instituto del bocio trabajos realizados en nuestro medio

Conferencias

Disertación del profesor Dr. Douglas S. Riggs

Prosiguiendo el ciclo organizado por el Instituto del Bocio de la Facultad de Ciencias Médicas "Dr. Tomás Perón", hoy, a las 12, en el salón de conferencias del Hospital Central desarro- llará el profesor Douglas S. Riggs el tema "Farmacología de las drogas anti-tiroideas".

El conferenciante es profesor de farmacología de la Universidad de Harvard, lo ha sido también de la de Yale y asimismo ha ejercido el cargo de bioquímico del Hospital Fairfield de Connecticut. Es miembro del equipo norteamericano de estudios de la especialidad, y autor de más de veinticinco publicaciones sobre el metabolismo del yodo, funciones de la tiroides y función renal.

El BOCIO Endémico

UTILIZACION DE ISOTOPOS EN LOS ESTUDIOS REALIZADOS EN MENDOZA



realizada a mediados de 1951, fue por “pura curiosidad científica [ya que] se ha probado suficientemente que el bocio endémico se debe a la escasez de yodo [y que se resuelve] yodando la sal de mesa”. Por lo tanto, continúa el documento, “el problema práctico del bocio endémico no es médico, sino más bien psicológico, económico y de gobierno”. No fue tampoco propósito de esta misión descubrir nuevos métodos para evitar o tratar al bocio, sino “aprovechar una extraordinaria oportunidad de aprender algo de la fisiología de la glándula tiroidea carente de yodo” (Stanbury, et al., 1956: 10).

Ahora bien, quizás otros objetivos promovieron la concreción de la misión. Si el objetivo de los doctores estadounidenses era la curiosidad ante casos nunca vistos, pareciera ser que Perinetti vislumbró la capitalización de esta visita desde varios aspectos: presión para la concreción de acciones efectivas de profilaxis; perfeccionamiento en técnicas de diagnóstico y tratamiento de la patología que fuera central en su trayectoria; y además, puede sugerirse que esta misión se le presentó como una gran oportunidad para introducir técnicas de vanguardia, inexistentes en el país, que lo colocarían como referente en esta materia en la región.

En definitiva, el estudio de la función tiroidea por medio del yodo radiactivo permitió introducir en Argentina nuevas técnicas, novedosas incluso en los países más avanzados. Las investigaciones experimentales con radioisótopos habían comenzado hacía poco más de diez años y aquí se hablaba de estudiar una epidemia provincial mediante la aplicación de estos conocimientos. Asimismo, la experiencia en Mendoza reforzó los lazos con la comunidad internacional especializada. “Sirvió para promover una amistad internacional entre hombres de ciencia, hecho que debe fomentarse en este mundo infelizmente dividido” (Stanbury, et al., 1956).

Por último, y para diferenciar estas experiencias de los trabajos realizados con fósforo a partir de 1942, el Dr. Victorio Pecorini²⁴ sostiene que “este fue el primer trabajo organizado utilizando isótopos radiactivos en medicina” (Pecorini, 2008).

²⁴ Director asociado, primero, y Director, después, del Centro de Medicina Nuclear del Hospital de Clínicas de la Universidad de Buenos Aires (UBA), durante 30 años.

Hasta aquí, y a diferencia de lo que significó la posterior institucionalización, estas experiencias aisladas no involucraron profesionales de otras disciplinas, sino que fueron coordinadas y gestionadas por médicos.

Institucionalización

La creación de la CNEA

En la introducción a esta tesis ya se ha descrito el contexto en el que surge la CNEA y permite comprender algunas aristas del impulso dado por Argentina a la energía nuclear y, en tal impulso incluida, la producción de radioisótopos.

Lo que por aquellos años se denominaba “Medicina atómica” contó con un marco institucional formal en Argentina a partir de 1950, año de creación de la CNEA. Este hecho se sitúa en el marco de un contexto de modernización científico-cultural que implicó la institucionalización del complejo científico y tecnológico argentino (Oteiza, et al., 1992). Desde su creación, la CNEA mostró especial atención al uso de energía nuclear tanto para el desarrollo de investigaciones biomédicas como para la realización de diagnósticos y tratamientos terapéuticos.

El marco institucional fue impuesto por el decreto de creación de la CNEA, donde se enuncian las funciones del nuevo organismo, el cual debía “a) Coordinar y estimular las investigaciones atómicas que se realicen en el país; b) Controlar las investigaciones atomísticas oficiales y privadas que se efectúan en todo el territorio de la Nación...”. En esta misma línea, y para que no queden dudas, “Todas las personas, entidades o instituciones públicas y privadas que realicen investigaciones relacionadas con la energía atómica, deberán denunciarlas directamente a la Comisión Nacional de la Energía Atómica” (Decreto 10.936/50).²⁵ Por tratarse de una tecnología sensible en relación a

²⁵ La CNEA fue creada por el gobierno de Juan Perón como soporte administrativo a las actividades secretas del físico austriaco Ronald Richter. Recomendado a Perón por Kurt Tank, un reconocido ingeniero aeronáutico, Richter se trasladó a Córdoba, Argentina. Perón había empleado a Kurt Tank para diseñar y producir aviones y éste se interesó en la propuesta de Richter de usar energía nuclear para impulsarlos. Richter fue presentado a Perón y le propuso un programa que luego llegaría a ser conocido como el Proyecto Huemul: producción de energía por medio de reacción controlada de fusión nuclear. El proyecto resultó un fraude. Mucho ha sido escrito acerca del “caso Richter”. El relato más detallado y exhaustivo se encuentra en Mariscotti (1985). Puede verse, también: Gaviola (1955); Westerkamp (1975); Cabral (1985); Mariscotti (1990); o Meding (1999).



NOW, ATOMIC MEDICINE

Atomic medicine is making slow but sure advances. Though not the cure-alls sometimes rashly predicted earlier, special forms of radioactive atoms are finding significant uses in fighting illness.

EL DOCTOR ACONSEJA:

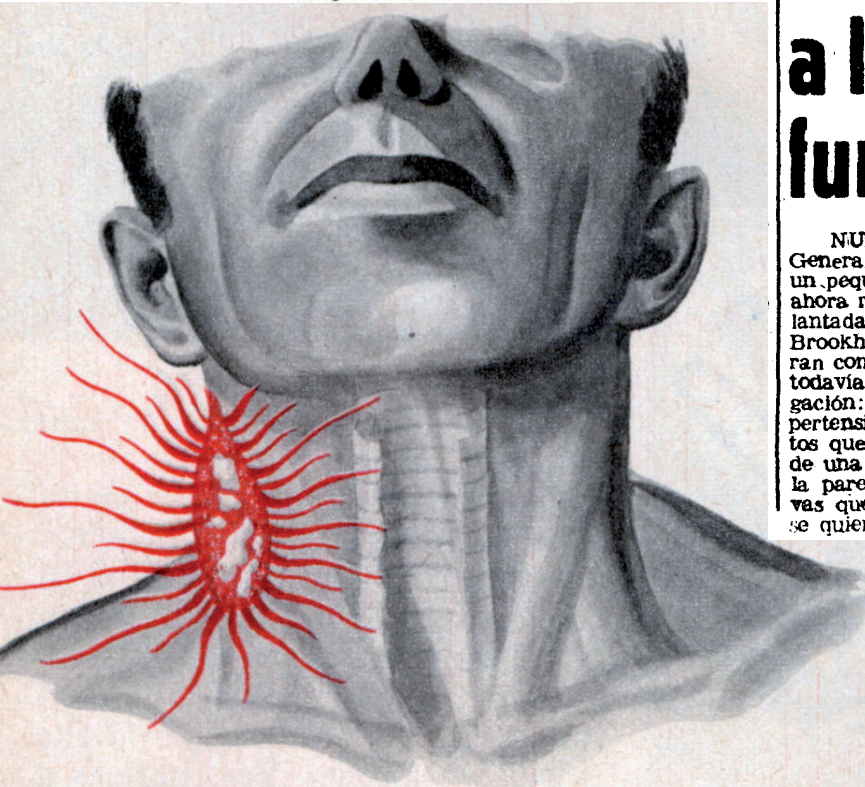
PREGUNTA:— ¿Qué hace el yodo radiactivo en cuanto a la angina de pecho?

RESPUESTA:— Suprime la actividad de la tiroides y se supone que la reducción del metabolismo resultante, disminuye el trabajo del corazón. Pero el yodo radiactivo no se sobrepone al aumento en la actividad del corazón ocasionada por los esfuerzos o por las alteraciones emocionales. Como resultado no es un remedio popular ni efectivo.

La energía atómica se emplea en la Medicina

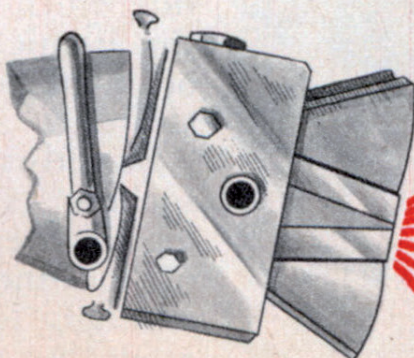
Novísima curación de la tiroides

ATOMIC MEDICINE



With proper control, atomic medicine would, when taken internally, combat tumors and cancerous growths as shown in picture above.

At right is the present method of treating such growths by X-ray machine, entailing a great outlay of time and money by the sufferer.



Un hospital consagrado a la medicina atómica funciona ya en EE. UU.

NUEVA YORK, 28.—El discurso de Foster Dulles ante la Asamblea General de la ONU ha abierto a los médicos extranjeros las puertas de un pequeño hospital extraordinariamente moderno que trabajaba hasta ahora rodeado de misterio y consagrado a la medicina atómica más adelantada. Esta clínica, situada en las cercanías de la pila atómica de Brookhaven, abriga a una veintena de enfermos, cuyos casos se consideran como casi desesperados. Intentando salvarlos se realizan experiencias todavía no divulgadas. Tres enfermedades son objeto de especial investigación: el cáncer de cerebro, tratado por el boron radioactivo; la hipertensión y la hidropesía. Los enfermos están instalados en departamentos que tienen contacto directo con la pila atómica. Esta tiene la forma de una torre cuadrada de cinco pisos y se abren pequeñas aberturas en la pared de la misma torre, por las que salen las partículas radioactivas que son dirigidas directamente a las partes del cuerpo humano que se quiere curar.—(Efe).



El Atomo en la Medicina

temas bélicos, desde la posguerra y hasta la actualidad, este criterio sigue siendo mundialmente aceptado.

Administración de radioisótopos

El segundo hito importante en el proceso de institucionalización fue la confusa creación de la Comisión Nacional de Radioisótopos a través del Decreto 15.571/51, debido a la explícita necesidad de “establecer normas precisas que aseguren el uso correcto de los isótopos radiactivos; así como su preparación y suministro en condiciones adecuadas”. En este sentido, el decreto derivaba a la nueva Comisión todas las responsabilidades en materia de radioisótopos: promover investigaciones, vigilar el uso, convenir con instituciones especializadas, organizar el suministro y distribución, etc.²⁶

Independientemente de la dificultad para establecer una correcta denominación formal, en la primera memoria institucional, publicada en 1956,²⁷ se presenta en detalle la nómina de radioisótopos importados, cantidad y destino final de tales productos (Tabla 1).

Tabla 1. Cuadro comparativo de los Radioisótopos distribuidos por la CNEA.

	1952	1953	1954	1955
Fósforo 32	194 mCi	219 mCi	950 mCi	937 mCi
Yodo 131	1354 mCi	2800 mCi	4335 mCi	5700 mCi
Azufre 35	8 mCi	4 mCi	22 mCi	11 mCi
Calcio 45	-	-	300 µC	300 µC
Cobalto 60 (Agujas y Tubos)	-	34,10 mCi	982,24 mCi	720,27 mCi
Carbono 14	-	-	-	3,5 mCi

Fuente: CNEA, 1956.²⁸

²⁶ ¿Por qué “confusa creación”? Si bien existe el decreto y, de hecho, como veremos, estas funciones se ejecutaron desde la puesta en marcha de la CNEA, los entrevistados consultados a los efectos de corroborar el real funcionamiento de esta Comisión Nacional de Radioisótopos no pudieron confirmar la existencia -en la práctica- de una dependencia bajo tal denominación. Para agregar variables a la confusión, en la primera memoria institucional, que data del año 1956 y es retrospectiva a 1952, no se menciona en ningún apartado a la Comisión en cuestión. Hace referencia, en cambio, a un “Banco de Radioisótopos” que, a juzgar por la descripción de sus actividades, ejecutó las funciones de dicha Comisión. No obstante, ante nuevas consultas a quienes brindaron sus testimonios para la presente investigación, los entrevistados no recuerdan en lo más mínimo alguna dependencia, oficina o rincón denominado “Banco”.

²⁷ Y recuperada del olvido por Rafael Castro, responsable del archivo fotográfico y patrimonial de la CNEA.

²⁸ El curio (Ci) es una antigua unidad de radiactividad, que indicaba cómo se emitían partículas alfa o beta o rayos gama de una fuente radiactiva, por unidad de tiempo. El curio representaba una cantidad muy grande de radiactividad desde el punto de vista biológico, por lo que se comenzaron a utilizar unidades más pequeñas: milicurio (mCi), microcurio (µCi), nanocurio (nCi) y picocurio (pCi). El curio ha sido reemplazado por el becquerel (Bq).

De la observación de esta tabla puede concluirse que el isótopo de mayor consumo durante los primeros años de actividad fue -ampliamente- el I-131, seguido por el P-32 y los tubos y agujas de cobalto.²⁹ Asimismo, de esta tabla y de lo relatado hasta aquí se desprende que en las experiencias con radioisótopos previas a la creación de la CNEA, e incluso hasta la estabilización en el funcionamiento de esta, las sustancias radiactivas eran ingresadas al país mediante procedimientos “no formales”: los investigadores argentinos que viajaban al exterior traían pequeñas cantidades de sustancias radiactivas “en el maletín”, sin mayor trámite aduanero. Aún no existía reglamentación que regulara estas actividades (Radicella, 2008).

Así fue en los casos mencionados anteriormente, donde Pavlovsky y sus colaboradores agradecen al Dr. Lawrence, “quien hizo posible los envíos”; o, como en el caso mendocino, que enviaron los equipos y las sustancias por barco, sin certezas sobre cómo reaccionaría el personal de aduanas y demás responsables, a pesar de contar con la autorización del gobierno argentino (Stanbury, 2003).

Físicos, químicos, ingenieros y médicos en el proceso de institucionalización

La entrada en funciones de la Comisión Nacional de la Energía Atómica como tal, significó la previsión inmediata, sobre todo lo relacionado con las aplicaciones médicas de los radioisótopos, y, al mismo tiempo, la utilización de los mismos radioelementos en la investigación biológica. Esto significó, para la Comisión Nacional, contemplar la creación de un organismo encargado de estudiar, planificar y realizar sobre todo lo vinculado con aquellas actividades. De esta manera se formó el Departamento de Medicina y Biología (Núñez, 1955).

El Dr. Constantino Núñez fue el primer director del Departamento de Medicina y Biología en la CNEA (1953), estructurado sobre la base de tres divisiones (Investigaciones radiológicas, Radioisótopos y Actividades médicas), las cuales crecieron en cantidad de investigadores y responsabilidades, y paulatinamente se convirtieron en departamentos autónomos.

²⁹ Si bien se pudo confirmar que esta afirmación es correcta, no siempre la cuantificación en curies representa cabalmente la cantidad de pedidos recibidos o envíos realizados. Por ejemplo, las cifras correspondientes al cobalto, aún sumando altos índices de actividad radiactiva, pueden representar escasos envíos por la gran actividad de este elemento.

Núñez fue uno de los representantes argentinos en la Primera Conferencia Internacional sobre usos pacíficos de la energía nuclear realizada en Ginebra en 1955. Argentina presentó 37 trabajos, de los cuales una decena anunciaban el descubrimiento de nuevos radioisótopos.³⁰ No obstante, fueron muy pocos los trabajos sobre aplicación de radioisótopos en medicina. Todas las experiencias llevadas a cabo en los centros médicos que utilizaban radioisótopos fueron compendiadas por Núñez (1955) y presentadas en conjunto.

En dicho artículo son enumerados algunos de los centros asociados a la CNEA desde 1952. La lista se completa con los informes presentados a la CNEA por los responsables de estas actividades en los hospitales. Tales informes se publicaron en conjunto en la citada primera memoria institucional, donde a su vez se detalló qué radioisótopos recibían y las actividades que desarrollaba cada grupo. Este nivel de actividad demuestra que, previo al funcionamiento óptimo de la CNEA, ya había algunos grupos trabajando en estos temas.

La CNEA fraccionaba diversos radioisótopos desde 1952 y los distribuía a 12 centros especializados de Capital Federal y cinco del interior del país. En la tabla 2 se muestra el detalle de los centros receptores, los investigadores responsables y el empleo de las sustancias radiactivas recibidas.

El Dr. Osvaldo Degrossi sostiene que, ya en el año 1954,

La CNEA hizo hacer tres equipos para captación de diodos radiactivos y medir muestras de sangre. (...) Uno fue al Hospital de Clínicas, en la cátedra cuarta de medicina, el otro fue al Hospital Rivadavia, al servicio de endocrinología, y el tercero se le ofreció al doctor Rodolfo Pascualini que era director del Instituto Nacional de Endocrinología. Pero como, al mismo tiempo, el tenía la cuarta cátedra de clínica médica que funcionaba en el Hospital Rawson, prefirió que lo pusieran ahí, para otorgarle mayor proyección. El equipo para muestras líquidas se le entregó al laboratorio de hematología del Hospital Rivadavia, que lo llevaba adelante el profesor Etcheverry (Manzotti, 2007).

Esta política de apoyo de la CNEA a hospitales y demás centros médicos, se profundizó con la llegada de un médico argentino que se encontraba en Inglaterra cursando estudios de posgrado, el Dr. José Mayo, quien fue

³⁰ Véase el apartado sobre radioquímica en el próximo capítulo.

convocado por Constantino Núñez,³¹ luego de encontrarlo *casualmente* en un congreso en aquel país europeo (Mayo, 2008).³²

Tabla 2. Recepción del material radiactivo procedente del extranjero y su distribución a los distintos Centros que emplean dicho material.

Centro	Isótopo	Investigadores	Empleo
Hospital Rivadavia	I-131	Dr. Jorge Sproviero Dr. Juan José Pérez	Valoraciones del yodo proteico en el suero humano empleando distintos métodos.
	P-32	Dr. Miguel Ángel Etcheverry	Tratamiento de leucemias mieloides crónicas y leucemias linfoides crónicas
Instituto de Oncología "Ángel Roffo"	Co-60	Dr. Napoleón Taboada	Aplicaciones con agujas y tubos de Co-60. "Son evidentes las ventajas de orden técnica que ofrece el Co-60 por la sutileza y flexibilidad de sus piezas, a lo que se suma el menor costo".
Hospital Militar Central	Co-60	Dr. J. R. Spirito	Tratamiento con agujas de Co-60, obteniendo los mismos resultados que era dable esperar de un correcto tratamiento con radium.
Hospital Naval Buenos Aires (Servicio de Hematología)	P-32	Dr. Alfredo Pavlovsky Dr. Guillermo Vilaseca Dra. Elsa Arini	Empleo con fines terapéuticos para el tratamiento de afecciones hematológicas y blastometasis, especialmente linfadenosis crónicas, leucemias, linfadenosarcomas, policitemia vera.
Hospital Británico (Servicio de Radiología)	Co-60	Dr. Samuel Stuart Pennington	Tratamientos en procesos tumorales, especialmente de cavidad bucal, vejiga y cuello utilizando Cobalto-60 en agujas y tubos.
Hospital Tornú (Instituto de Investigaciones Tisiológicas)	I-131	Dr. Vicente Cicardo Dr. Juan Reforzo Membrives Dr. Aldo Lanaro Dr. López Verde	Captación tiroidea en estudios con perros y captación de yodo (permeabilidad) en tejidos dentarios caninos. Dosis terapéuticas de yodo a pacientes afectados de hipertiroidismo.
Hospital Ramos Mejía (Servicio de Urología)	Co-60	Dr. Alejandro Astraldi Dr. José Kaplan Dr. Juan José Ratto	Diagnóstico y tratamiento de tumores de vejiga con perlas de Co-60, según la técnica "aprendida en el Instituto de Heidelberg".
Laboratorio de Metabolismo Celular - Cátedra de Química Biológica (UBA)	C-14	Dr. Andrés Stoppani Dra. S. L. Sirotzky de Favelukes	Fijación de anhídrido carbónico en microorganismos.
Instituto de Física Biológica (UBA)	Ca-45 I-131	Dr. Vicente H. Cicardo	Metabolismo del calcio radiactivo en sapos normales e hipofisectomizados. Permeabilidad centrípeta de los tejidos dentarios estudiada con el I-131. Fijación de Ca-45 por los huesos y dientes de ratas / Permeabilidad de los dientes normales y fluorados.

³¹ El Dr. Núñez fue, junto con el Ing. Otto Gamba, uno de los principales *reclutadores* de la etapa inicial de la CNEA.

³² Según recuerda Mayo, se trataba del primer congreso de radiobiología de la Universidad de Cambridge, al que fue enviado por la Universidad de Manchester, en la cual residía con una beca.

Centro	Isótopo	Investigadores	Empleo
Hospital Rawson (IV Cátedra de Clínica Médica e Instituto Modelo de Clínica Médica "Luis Agote")	I-131	Dr. Roberto Soto	Estudios de captación tiroidea.
Hospital de Clínicas (Instituto de Semiología)	I-131	Dr. Alberto Houssay (Laboratorio de Radioisótopos)	Tratamiento de las anginas de pecho debido a la estenosis aórtica por la inducción de hipotiroidismo con I-131 / Tratamiento de fibrilación auricular paroxística crónica por la inducción de hipotiroidismo con I- 131 / Modificaciones de las funciones tiroideas en las cámaras de hipo presión, en estudiantes de medicina voluntarios / Tratamiento de hipotiroidismo con I-131 / Estudio sobre métodos de exploración funcional de la glándula tiroidea.
Instituto de Neurocirugía "Costa Boero" (UBA)	P-32	No informado	Determinación a cráneo abierto de tumores intracraneos.
Hospital Ex Caridad de Rosario (Servicio de Endocrinología)	I-131	Dr. José Solís	Diagnóstico con I-131.
Instituto del Bocio (Mendoza)	I-131 P-32	Dr. Héctor Perinetti Dr. Mario Olascoaga Dr. Carlos Colque Dr. Joaquín Llano Dr. Juan E. Itoiz	Diagnóstico para establecer el funcionamiento tiroideo y localizar las metástasis cancerosas del tiroides. "Si bien no se puede hablar todavía de curaciones en materia de cáncer es una esperanza más".
Instituto de Investigaciones del Cáncer (UN de Cuyo, Mendoza)	Co-60	No informado	Tratamiento de distintos casos de cáncer. "No se han observado complicaciones indeseables, como por ejemplo la necrosis de los tejidos, pero aún es demasiado temprano para hacer apreciaciones sobre los resultados obtenidos".
Cátedra de Fisiología (UN de Cuyo, Mendoza)	Ca-45	Dr. Juan Fasciolo Dr. Jorge E. Suárez Dr. Leonardo J. Beltrán Plos	Estudios de metabolismo del Calcio-45, y en especial su eliminación en distintos segmentos del tubo intestinal. Se han estandarizado los equipos de medición, y se han precisado distintas técnicas, especialmente técnicas de precipitación del calcio, absorción y autoabsorción, y mineralización de tejidos.
Instituto de Fitotecnia (Castelar)	P-32 Co-60	No informado	Genética de ciertas variedades de granos, y especialmente la obtención de mutantes por medio de irradiación de muestras con diferentes fuentes radiantes.

Fuente: elaboración propia basada en CNEA (1956).

La propuesta de Núñez fue que se hiciera cargo de la reestructuración del Departamento de Medicina y Biología.³³ Mayo aceptó y aclaró que lo que iba a hacer era, *simplemente*, copiar lo que vio en Inglaterra durante los dos años de su beca. A Núñez le pareció perfecto (Mayo, 2008).

Entre otras cosas, en 1957, Mayo creó la División de Investigaciones Radiobiológicas dentro del mismo departamento, y comenzó la construcción de los distintos laboratorios y del bioterio. Recuerda que en aquellos días el personal de contaduría de la Comisión le marcaba en tono de sorna la cantidad de dinero que le facilitaban para el equipamiento de los laboratorios. Según su memoria, le habían otorgado 1 millón de pesos moneda nacional, la moneda argentina de la época (Mayo, 2008).^{34 35}

En este proceso de reestructuración del Departamento de Medicina y Biología, Mayo dispuso -con cierta lógica y en base a su experiencia inglesa- que los médicos debían estar con los pacientes, con los enfermos: “de nada servía que se pasaran el día en un laboratorio si lo que tenían que hacer era diagnosticar y tratar enfermos empleando radioisótopos”.

En tal sentido, en 1959 se inauguró el Laboratorio de Radioisótopos para Estudios Hematológicos en el Hospital de Clínicas de la UBA, antecesor del Centro de Medicina Nuclear del Hospital de Clínicas José de San Martín, que empezó a operar diez años más tarde, en 1969. Al respecto, Victorio Pecorini resalta la tarea del Dr. Héctor Gotta, profesor de Clínica Médica de la UBA: fue el *administrador* que convirtió el pequeño laboratorio en el “Centro de Medicina Nuclear” (Pecorini, 2008). Conjuntamente, en 1960 se creó la Cátedra de Radioisótopos en la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la UBA.

Paralelamente, había sido encargada al Dr. Jorge Varela, miembro del Departamento de Medicina de la CNEA, la organización institucional de la investigación sobre bocio (Pecorini, 2008). Esta línea fue sostenida en el tiempo por la CNEA; además del monitoreo continuo de la población, se organizó una importante misión en 1970, similar a la comandada por Perinetti,

³³ Véase, al final de este capítulo, el apartado sobre la reestructuración organizacional que comienza en 1956.

³⁴ En 1957, el salario industrial promedio era de m\$ⁿ 2241, algo así como 3375 pesos del año 2009; el kilo de carne vacuna costaba m\$ⁿ 6 (\$9) (Ferrerres, 2005).

³⁵ Años más tarde, en 1962, la división de radiobiología pasa a categoría de departamento, del cual Mayo queda a cargo, abocándose por completo a la investigación radiobiológica.

pero esta vez llevada a cabo por los doctores Osvaldo Degrossi, Victorio Pecorini y Noé Altschuler. La publicación que compendia los resultados de dicha misión está dedicada “A la Memoria de Jorge E. Varela, precursor de la medicina nuclear” y prologada por el entonces Presidente de la CNEA, Ing. Oscar Quihillalt, quien destaca “el ejemplo” de Varela, responsable de abrir “una brecha luminosa en un campo prácticamente virgen hasta entonces en el país” (Degrossi, et al., 1970). El Dr. Pecorini destaca, además, la “agradable sorpresa que nos llevamos por el apoyo que dos ingenieros le dieron al desarrollo de los isótopos en medicina: uno, Oscar Quihillalt, y el otro, Celso Papadópulos” (Pecorini, 2008).

El Departamento de Radioisótopos y el Reglamento de Uso

Al asumir como Presidente de la CNEA en mayo de 1956, Quihillalt convocó a Celso Papadópulos³⁶ para que se haga cargo del recientemente creado Departamento de Informaciones Atómicas. Debido al desarrollo que había experimentado la actividad nuclear en Argentina, se hacía necesario que las actividades de promoción y desarrollo del uso de radioisótopos se hicieran bajo determinadas condiciones de regulación y control, con el objeto de asegurar el uso correcto y la aplicación segura de los mismos. Es así que, sobre la base de una de las divisiones del Departamento de Medicina y Biología, en septiembre de 1957 fue creado el Departamento de Radioisótopos, del cual Papadópulos fue su primer director (Resolución N°36 del Directorio de la CNEA).

El naciente Departamento se ocupó de la promoción de las aplicaciones, pero sobre todo tuvo como propósito la centralización, el control legal y la aplicación de los usos pacíficos de la actividad nuclear. La estructura inicial del Departamento se organizó en siete grupos, algunos de ellos posteriormente transformados en divisiones (Grupos de: producción, distribución, contralor, divulgación, aplicación, instrucción y servicios).

Entre las diferentes tareas realizadas en el Departamento se destacan las de producción y las de contralor.

³⁶ Antes del ingreso a la CNEA, Papadópulos fue Jefe de la Sección Astronomía y Gravedad del Instituto Geográfico Militar (IGM), Jefe de Trabajos Prácticos de Geodesia en la entonces Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la UBA, y profesor en las cátedras de Geodesia Astronómica y de Cartografía Matemática en la Escuela Superior Técnica del Ejército.

El Grupo de Producción era conducido por el Departamento de Química de la CNEA. La principal preocupación a principios de 1958 era la realización de pruebas de irradiación en el RA-1 y en los aceleradores y, en particular, la obtención de oro radiactivo, cuyo suministro se había interrumpido temporalmente debido a problemas técnicos del reactor inglés que lo producía. Del mismo modo, este grupo se ocupaba de estudiar los métodos de producción de los radioisótopos más comunes (Na-24, Au-198, I-131, P-32 y S-35) y ya se analizaba la preparación de moléculas marcadas (en principio, compuestos orgánicos marcados con C-14).³⁷

Otra de las preocupaciones del Departamento era la medición, análisis y calibración. En 1958 se informaba que “se están realizando las gestiones previas para comisionar a un miembro de la División para trabajar en el National Bureau of Standards sobre este tema” (CNEA, 1958a).

En este sentido, la labor de contralor fue central en el Departamento, sobre todo tras la aprobación del Reglamento para el Uso de Radioisótopos y Radiaciones Ionizantes, sancionado por Decreto N° 842 de enero de 1958, por el cual se estableció que ninguna persona en el país puede tener, poseer, importar, comprar, usar, utilizar, vender, exportar o eliminar materiales radiactivos sin previo permiso de la CNEA.

De acuerdo con el recuerdo del Ing. Alejandro Placer (2008), uno de los primeros colaboradores de Papadópulos en la CNEA junto al Ing. Hugo Mugliaroli, ninguno tenía demasiados conocimientos sobre energía nuclear como para emprender la redacción del Reglamento y para responsabilizarse de las futuras inspecciones. Se trató, según el relato, de “ponerse a estudiar”. Esta referencia no pretende rescatar la anécdota, sino realizar un aporte a la discusión del mito del desarrollo lineal, planificado y sin tensiones que una parte de la historiografía nuclear argentina alimenta. Quihillalt convocó a Papadópulos porque era de su confianza; Papadópulos conoció a los dos muy jóvenes Mugliaroli y Placer en el IGM y los llevó a la CNEA no por *expertise* específico, sino porque confiaba en ellos. Se trataba de áreas sensibles, de impacto social y político, que no contaban siquiera con el beneficio de empezar de cero, sino que arrastraban el desprestigio institucional post Richter.

³⁷ Sobre moléculas marcadas se brinda un mayor detalle en el capítulo siguiente.

El Reglamento se planteó con alcance nacional, a diferencia de la mayoría de los problemas de salud pública, los cuales estaban delegados en las provincias.

El Artículo 15º creó el Consejo Asesor en Aplicación de Radioisótopos para el análisis de las solicitudes de permisos específicos, y la posterior elevación del informe a las autoridades de la CNEA, quienes extendían el permiso. El Consejo estaba constituido por cinco miembros: tres de la CNEA, uno del Ministerio de Asistencia Social y Salud Pública y otro representante de la Universidad de Buenos Aires. Del mismo modo, el Artículo 19º estableció que las instituciones interesadas debían crear un Comité Interno de Radioisótopos de por lo menos tres miembros y no más de siete, en cuya conformación se destaca la exigencia de que lo integren los jefes de los servicios afectados y un experto en protección radiológica.³⁸

Por último, el Reglamento establecía el requisito de haber aprobado en el país o en el extranjero a un curso teórico-práctico sobre el empleo específico de los radioisótopos sobre los cuales se pretendía la autorización. Por aquellos años no existía una amplia oferta de cursos y, por lo que se ha podido constatar, no existían cursos en habla hispana. En este sentido, a fin de otorgarle coherencia y sustento institucional al Reglamento, se inauguraron los primeros cursos organizados, estables y periódicos de aplicación de radioisótopos (CNEA, 2002).³⁹ Estos cursos, que aún se dictan, estaban destinados a médicos, químicos, físicos y demás profesionales que quisieran involucrarse en estos nuevos conocimientos, y se constituyeron en una de las principales acciones de promoción de la CNEA.⁴⁰

³⁸ Estas estructuras fueron siendo modificadas, pero en esencia el Reglamento sigue vigente.

³⁹ En la ya citada primera memoria institucional (periodo 1952 - 1955), se hace una vaga referencia al "Primer Curso de Radioisótopos para médicos y biólogos", de dos meses de duración, pero sin especificar la fecha de realización. Según algunos entrevistados, el curso pudo haber sido de carácter introductorio para personal recientemente ingresado a la CNEA y no abierto a profesionales externos como ocurrió a partir de 1958. Del mismo modo, en el Boletín Informativo institucional (CNEA, 1957), se informa sobre la culminación del curso "Aplicaciones médicas de radioisótopos" destinado a los profesionales de los centros médicos asociados y realizado bajo la coordinación del Departamento de Medicina y Biología, aunque se destaca la necesidad de establecer "un curso básico de técnica de radioisótopos que podría quedar a cargo del nuevo Departamento de Radioisótopos", como efectivamente sucedió.

⁴⁰ En relación al origen disciplinar de los participantes de los cursos: en 1958, por ejemplo, se dictaron cuatro cursos. De un total de 64 profesionales, 47 eran médicos (el 74%); los restantes 17 eran químicos, ingenieros agrónomos, veterinarios, ingenieros civiles, técnicos o bioquímicos (CNEA, 1958j). Según otra crónica, se inscribieron al segundo curso de 1961 "alumnos de distintas especialidades, entre ellos médicos, biólogos, bioquímicos y personal de laboratorios de esta comisión" (CNEA, 1961d).

En este contexto de centralización del control, el Departamento de Radioisótopos recibía y analizaba las solicitudes de permiso que se presentaban o que se originaban a partir de la detección de situaciones de uso irregulares. El análisis se realizaba en función de evaluar los propósitos perseguidos, los antecedentes de las personas que tendrían a su cargo el programa, y los medios de trabajo y protección disponibles. A partir de esa evaluación se informaba a las autoridades de la CNEA y al Consejo Asesor en Aplicaciones de Radioisótopos (CNEA, 1958b).

Asimismo, al Departamento le correspondía el asesoramiento en materia de física sanitaria, seguridad y protección en las aplicaciones de radioisótopos, así como el relevamiento periódico acerca de las condiciones reales de trabajo (CNEA, 1958c).

En el Departamento también se preparaban diversos materiales de divulgación (catálogos, reglamentaciones, manuales y folletos) a fin de sensibilizar acerca de la utilización de radioisótopos en medicina y otros campos de aplicación. También en el marco del Departamento comenzaron a organizarse periódicamente los cursos de aplicación de radioisótopos, así como se gestionaban los acuerdos con diversas instituciones médicas, con el objeto de constituir la lógica prolongación de los cursos (CNEA, 1958d).

Como puede observarse en esta descripción de funciones, el Departamento de Radioisótopos se creó especialmente -y fue central- para organizar el abastecimiento y propiciar la regularización de la actividad. En el abordaje de esta problemática (abastecimiento / regularización), los médicos son usuarios intermedios y los pacientes son usuarios finales.⁴¹

Reestructuración y organización

Cuando hablé acá, en el año 1956, hacía un año, recién, que era presidente de la Comisión. Estábamos preparando, armando todo el sistema legal en el que teníamos que basarnos indispensablemente antes de lanzar la comisión a trabajar.

Oscar Quihillalt, Presidente de la CNEA, en una conferencia pronunciada en la Sociedad Científica Argentina (CNEA, 1961a).

⁴¹ En el esquema presentado en la página 8, se observa esta distinción.

El proceso de institucionalización observado en este capítulo comenzó formalmente en diciembre de 1955 con la sanción del Decreto 384 y el Decreto Ley 22.498/56 de Autarquía, objetivos y atribuciones. Del análisis de la estructura orgánico funcional descrita en la Memoria Institucional 1962-1963 se desprende que las Gerencias de la CNEA no se creaban por disciplina sino por objetivos, tareas o programas (CNEA, 1964).

La estructura organizacional estaba compuesta por cuatro Gerencias (de Materias Primas, de Tecnología, de Energía, de Administración), la Dirección de Investigaciones Científicas (multidisciplinar), un área de Servicios Técnicos Complementarios, el Servicio de Organización y Métodos y Asesoría Letrada, el Departamento de Información, el Centro Atómico Bariloche y el Instituto Balseiro. “En síntesis: la comisión está organizada en un directorio, cuya presidencia posee un organismo de servicios esenciales específicos; cuatro gerencias, un claustro y un organismo de servicios complementarios” (CNEA, 1961a).

De las cuatro gerencias, la que interesa particularmente a este trabajo es la de Energía, conformada por seis programas: de Reactores, de Producción, de Aplicaciones, de Evaluación de Riesgos, de Instrumentación, y de Reprocesamiento. A partir de esta organización programática y no disciplinar, la Gerencia estaba integrada por recursos humanos provenientes de un amplio abanico de disciplinas.

Una consecuencia inmediata de la eficiencia de esta campaña de divulgación y fomento ha sido la demanda de asistencia técnica recibida. (...) Se resuelven los problemas que se plantean y se mejoran las técnicas de trabajo. Los laboratorios correspondientes se han agrupado según el destino final de su trabajo: aplicaciones médicas, industriales y agrícolas, pero existe siempre una vinculación entre los profesionales que los integran: radioquímicos, radiodocimetristas, médicos, ingenieros, mecánicos, industriales y electrónicos, químicos, bioquímicos, ingenieros agrónomos y veterinarios.

*Oscar Quihillalt, en una conferencia
pronunciada en el Centro Naval (CNEA, 1962)*

En todo caso, la estructura que mejor representaba la clasificación disciplinar era la Dirección de Investigaciones Científicas, organizada -con la lógica de claustro- por los Departamentos de Biología, de Física Nuclear y de Química.

Competía a esta Dirección realizar investigaciones básicas en diversos campos: física, química, electrónica, físico-química, radioquímica y radiobiología, promover la formación de personal científico, “efectuar todas aquellas investigaciones que a requerimiento de las gerencias le sean solicitadas; e informar y asesorarnos en aquellas líneas de investigación que puedan ofrecer un interés mediano a los objetivos de la comisión. Es decir: la comisión mantiene un grupo de científicos que hacen ciencia pura en los campos que le interesan” (CNEA, 1961a).

La década de 1950 estuvo fuertemente marcada por las raíces disciplinares. Se identificaron claramente los grupos de radioquímica, ingeniería, física nuclear, metalurgia, etc. A partir de 1960, las principales líneas de acción comenzaron a organizarse en proyectos (ejes transversales): el RA-3, el autoabastecimiento de radioisótopos, la producción de moléculas marcadas, la inserción internacional, etc. Estos aspectos, que se muestran con mayor detalle en el próximo capítulo, parecieran corresponderse con los cambios de régimen planteados por Shinn y que fueron expuestos en el primer capítulo de este trabajo.⁴²

Buscando su rol

El proceso de institucionalización analizado en este capítulo estuvo atravesado permanentemente por una constante búsqueda del rol que debía cumplirse, tanto desde una perspectiva integral en función de ser un organismo estatal, así como desde lo individual, grupal o disciplinar, siendo sus integrantes exploradores de nuevos terrenos que intentaban generar sus propios (nuevos) espacios.

Este proceso ocurrió de tres modos.

En primer término, se observa una *institucionalización temática*, con una agenda intensamente marcada por lo que ocurría a nivel mundial. Estados Unidos, Inglaterra y Francia, pero sobre todo el primero, habiendo resultado victoriosos de una guerra resuelta por la demostración del poderío nuclear, se

⁴² El Anexo grafica la descripción que acaba de hacerse. Se trata del organigrama de la CNEA en 1971. Allí se observa el crecimiento de esta estructura en la misma línea que se planteaba en 1961.

ubicaron rápidamente en la vanguardia de los usos pacíficos de la energía atómica. El Proyecto Manhattan sostenido por Estados Unidos para desarrollar las bombas, debió comenzar a recuperar su inversión en la temprana posguerra, y justificar su costosísima existencia luego de cumplidos los objetivos de Hiroshima y Nagasaki.

Parte de los archivos secretos del desarrollo nuclear comenzaron a abrirse paulatinamente, especialmente aquellos conocimientos indispensables para extender las aplicaciones pacíficas, porque las potencias nucleares necesitaban un mercado que les permitiera explotar la nueva tecnología a gran escala. Para lograrlo implementaron múltiples estrategias tendientes a instalar la energía atómica como la solución a los grandes problemas de la humanidad (energía, medicina, etc.), estrategias que fueron funcionales también para mejorarle el semblante a una tecnología hasta ese momento asociada únicamente a la guerra.

El conocimiento comenzó a circular a cuentagotas, guiado política y comercialmente por las potencias. Aquellos países que querían incorporarse al juego –cognitivo e industrial- nuclear, conocían la existencia de reglas impuestas. Si bien el particular desarrollo nuclear argentino permitió el establecimiento de algunas negociaciones y de cierto margen de autonomía, en líneas generales se siguió la agenda internacional. En el próximo capítulo se describen y profundizan algunas de estas cuestiones.

En este período se observa también un proceso de *institucionalización organizacional* desordenado, confuso, pero que es lógico que así fuera, porque la CNEA no estaba marcada por un designio del destino ni tenía el camino trazado.

Si bien existe un marcado consenso acerca del fraude que significó Richter, se ha estabilizado un discurso que no contempla explícitamente el abordaje de las tensiones. Todo pareciera ser que fue ocurriendo en armonía, que todos los integrantes de la CNEA compartían los mismos objetivos, los cuales a su vez habían sido concienzudamente planificados, que la masiva incorporación de investigadores de diferentes orígenes disciplinarios no resultó en conflictos de

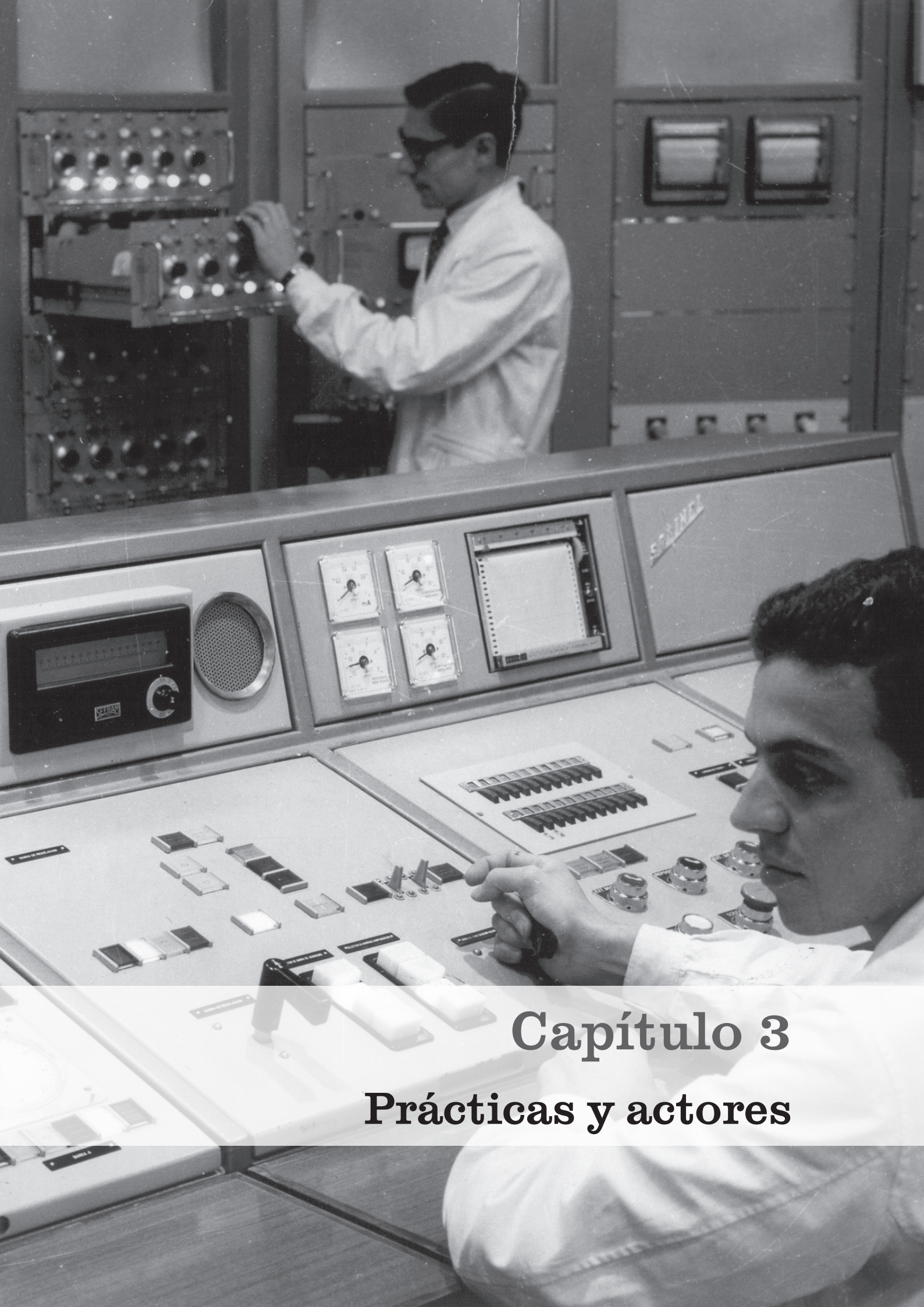
intereses, y que en un período en el que todos disputaban espacios aún por crearse, esas disputas eran en realidad amables consensos.

La mística que rodea(ba) a la CNEA tiene sus bases, no hay dudas. El compromiso profesional con la institución, con el Estado, con el desarrollo autónomo es tangible en el periodo abordado por este trabajo. No obstante, ese espíritu exacerbado no logra borrar las huellas de procesos que no fueron lineales ni sencillos. En el capítulo siguiente se observa que existieron tensiones (disciplinarias y de otros tipos) y que el desarrollo autónomo en algunos rubros no siempre fue una decisión original, sino la consecuencia de la necesidad de sortear obstáculos. Y también se observan procesos que, problematizándolos de igual modo, permiten demostrar la determinación política de los decisores plasmada en proyectos.

¿Cómo se decidió la construcción de un reactor con una planta de producción de radioisótopos asociada? ¿Qué radioisótopos producir y cuáles importar? ¿Quiénes lo deciden? ¿Cómo generar los vínculos con los centros médicos? ¿Los médicos deben aprender de los físicos y los químicos? Son preguntas que pretenden abordarse en el próximo capítulo.

Por último, se observa un proceso de *institucionalización cognitiva*, que hace referencia a cómo la agenda temática atravesada por las tensiones organizacionales implica desafíos cognitivos. Este proceso se analiza en términos de la siguiente disyuntiva: ¿las decisiones tomadas contemplaban en su génesis escenarios de puesta en práctica de esos conocimientos o la agenda era abordada acríticamente?

¿Por qué y para qué producir determinados radioisótopos? ¿La cuestión del uso era un insumo analítico inicial de las decisiones? ¿Cómo se validaban las acciones sustentadas en su uso social? Si bien son preguntas cuyo análisis obliga a exceder los límites de este trabajo, en el próximo capítulo se aportan elementos que permiten realizar un abordaje inicial de estos aspectos.



Capítulo 3

Prácticas y actores

CAPÍTULO 3. PRÁCTICAS y ACTORES

En el presente capítulo, el relato se estructura en tres núcleos temáticos, organizados en torno a la radioquímica, los reactores y el tratamiento y diagnóstico médico, en función de observar las relaciones de tensión y colaboración. Los ejes considerados para el análisis tienen que ver tanto con el origen disciplinar dispar, como con la temprana institucionalización de estos temas en la CNEA.

Físicos e ingenieros pusieron en marcha un acelerador de cascada Cockcroft-Walton, un sincrociclotrón Phillips y el reactor RA-1 en la década de 1950, pero es aún más relevante para este trabajo la lógica tras el diseño y la construcción del reactor RA-3, inaugurado en 1967 y concebido fundamentalmente para cubrir la demanda nacional de radioisótopos.

El Departamento de Radioquímica tuvo la fuerte impronta del alemán Walter Seelmann-Eggebert, discípulo de Otto Hahn (descubridor de la fisión nuclear), la cual dotó de visibilidad internacional al grupo. Durante la década de 1950, la preocupación fue el hallazgo de nuevos radioisótopos y el aprendizaje de técnicas de obtención y separación de isótopos ya conocidos y estandarizados. La década siguiente fue la de las “moléculas marcadas”: diversos elementos radiactivos se utilizaron como marcadores en innumerables aplicaciones, como por ejemplo el yodo radiactivo acoplado a la bilirrubina para el estudio de la función hepática.

Los médicos que empezaron a preocuparse por la incorporación de técnicas radiactivas en la década de 1950, fueron formados por físicos, químicos e ingenieros, de acuerdo a lo dispuesto por la CNEA a partir de la implementación de los cursos de aplicación de radioisótopos, así como también se promovieron las estancias en el exterior para formarse con médicos nucleares en los países de referencia (Inglaterra, Francia, Holanda, Estados Unidos). Durante la década de 1960, con el desarrollo de las moléculas marcadas, se observa una continua colaboración entre los médicos relacionados con la CNEA y los investigadores e ingenieros encargados de materializar la obtención de dichas sustancias.

Los primeros reactores

Para producir un radioisótopo de uso médico hace falta un aparato que produzca partículas aceleradas, un material para irradiar con esas partículas y una separación química. Los radioisótopos son producto del bombardeo de blancos (*targets*) con partículas subatómicas (neutrones o protones). Al bombardear el núcleo de un átomo con una partícula, se genera una reacción que devendrá en un nuevo núcleo, el del radioisótopo que uno quiere obtener.

En la década de 1950, Argentina tenía un acelerador de cascada Cockcroft-Walton, un sincrociclotrón (ambos fabricados por Phillips de Holanda) y el reactor RA-1 para bombardear el material, y con tales instalaciones, físicos, electrónicos e ingenieros comenzaban a incorporar entrenamiento.

El acelerador de cascada Cockcroft-Walton fue construido en 1953 en el patio interior de la actual Sede Central de la CNEA. Básicamente, el aparato acelera deuterones o produce neutrones en el vacío por medio de un potencial de alta tensión y los dirige hacia un “blanco” (*target*) –el material a irradiar. Al ser “bombardeados”, los núcleos estables del material irradiado emiten radiaciones en forma de partículas u ondas electromagnéticas, dando origen a nuevos nucleidos.⁴³

El sincrociclotrón, inaugurado en noviembre de 1954, también acelera partículas, pero logra mayor potencia que el Cockcroft-Walton (las “acelera más”).⁴⁴ La denominación “ciclotrón” refiere a la trayectoria de las partículas aceleradas, que es circular y a medida que aumenta la potencia, el diámetro del recorrido también aumenta, dibujando una suerte de espiral ascendente. En esos años sólo había dos aparatos con estas características en el mundo: el de Buenos Aires era una réplica del instalado en el Instituto de Investigación Nuclear de Holanda. Este lazo bilateral se fortaleció años más tarde con las visitas recíprocas de investigadores argentinos y holandeses.

La gestión de compra de ambos equipos se originó poco después del anuncio realizado por Richter y Perón desde Huemul. A raíz de este acontecimiento, el

⁴³ En 1951, el Premio Nobel de Física fue compartido por los investigadores John Douglas Cockcroft (1897-1969) y Ernest Thomas Sinton Walton (1903-1995), por su trabajo pionero sobre la transmutación de los núcleos atómicos por la aceleración artificial de partículas atómicas.

⁴⁴ El sincrociclotrón acelera deuterones hasta una energía de 28 MeV y partículas alfa hasta 56 MeV; el acelerador, alcanza 1,2 MeV.

Príncipe Bernardo de Holanda envió al físico nuclear C. J. Bakker, de la Universidad de Ámsterdam, para que ofreciera un sincrociclotrón a Richter, igual al que Bakker había construido en Holanda. Si bien a Richter no le interesaba un sincrociclotrón, le recomendó a Perón realizar la compra “para el Centro de Formación de Físicos Atómicos”, refiriéndose a la Dirección Nacional de la Energía Atómica, de reciente creación, que estaba a cargo del Coronel Enrique González. Éste, asistido por el Ing. Otto Gamba, concretó el contrato de compra, siendo su costo de 3 millones de florines holandeses (US\$ 800 mil) y su forma de pago: 30% a la firma del contrato, 30% a los seis meses, 30% un año después y 10% quince días después de su puesta en funcionamiento. Si bien fue parte de la misma operación comercial, del costo y modalidad de pago del acelerador Cockcroft-Walton no se hallaron detalles.

Tras el conflictivo establecimiento de la CNEA, estas adquisiciones eran los primeros pasos hacia la reorganización.

Según Hurtado de Mendoza (2005a) y Mariscotti (1990), ambos aceleradores fueron comprados sin consulta previa, sin estudios de factibilidad y sin tener un grupo de físicos nucleares preparado. Castro (2011) comparte tal apreciación, pero revaloriza el impacto generado por dichas adquisiciones: “simplemente se compró, constituyendo una de las mejores inversiones científicas efectuadas por el país”. Y comparte el testimonio del Dr. Santos Mayo, Jefe del Laboratorio del Sincrociclotrón desde 1955: “este acontecimiento marcó para la ciencia nuclear argentina un momento trascendente en el que se produjo la gran discontinuidad: saltamos del clásico laboratorio universitario, en el que un osciloscopio era un lujo, al recinto blindado construido de acero y cemento, con doble pared, tanques, conteniendo toneladas de agua y albergando grandes bloques de hierro, aluminio y acero, equipos generadores e instrumental de control como jamás se había visto en una instalación dedicada exclusivamente a la investigación científica en la Argentina” (Castro, 2011).

Bernaola y Alinovi (2009) agregan que “en los años ’50 el país no contaba con un grupo destacado de físicos nucleares, y como el haz de partículas sólo permitía irradiar blancos internos, el acelerador se dedicó inicialmente a aplicaciones de radioquímica. Y los radioquímicos orientaron su trabajo hacia la

DUTCH ATOMIC SCIENTIST OFF TO ARGENTINA

Amsterdam, Wed.: The Dutch atom scientist Prof. C. J. Bakker will fly to Argentina tomorrow with a model of the Dutch cyclotron at Amsterdam.

Elogia los Estudios Atómicos Argentinos un Técnico Holandés

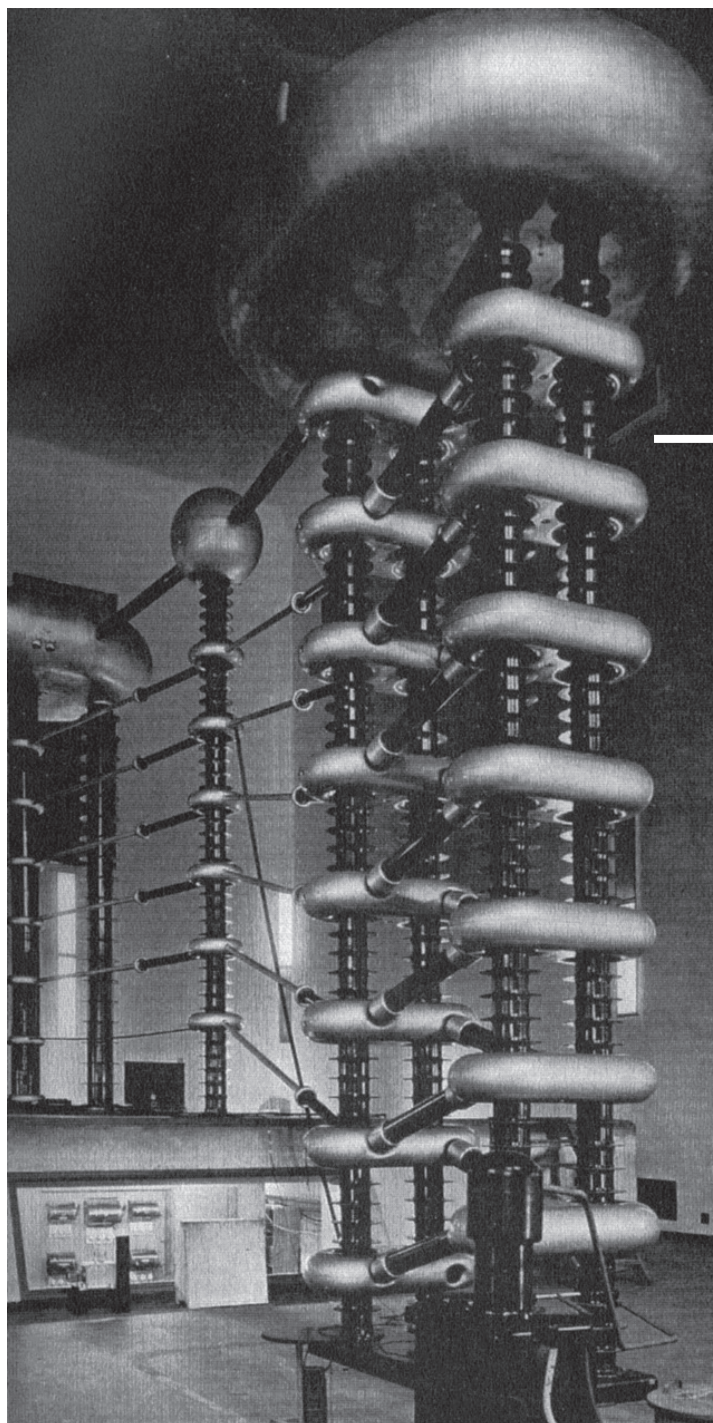
Estaría considerando Argentina la compra de un ciclotrón

Ciclotrón gigante instalado en la Argentina

Buenos Aires 18. En los laboratorios de la Comisión Nacional de Energía Atómica se está instalando un sincrociclotrón, que pesa doscientas toneladas. Este ciclotrón forma parte de los grandes equipos destinados a la obtención de partículas electrizadas de alta velocidad, utilizadas en la producción de reacciones de tipo nuclear, siendo especialmente apto para la producción de ciertos radioisótopos, entre los cuales figuran algunos de interés para la Medicina y la Biología, como el yodo 131, fósforo 32, oro 198, sodio 24, etc.

Sucesivas menciones a la gestión de compra del sincrociclotrón.

(News -Australia- 17/05/1951; Los Andes -Argentina- 08/06/1951; ABC -España- 19/06/1954)

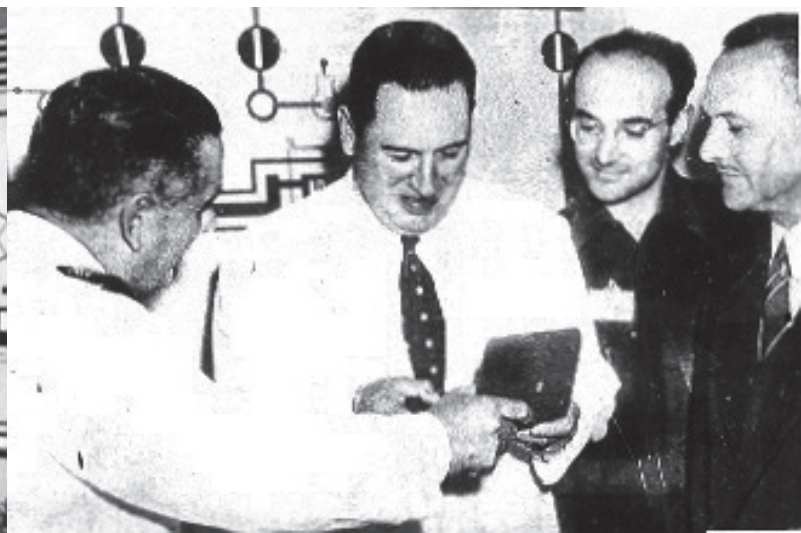
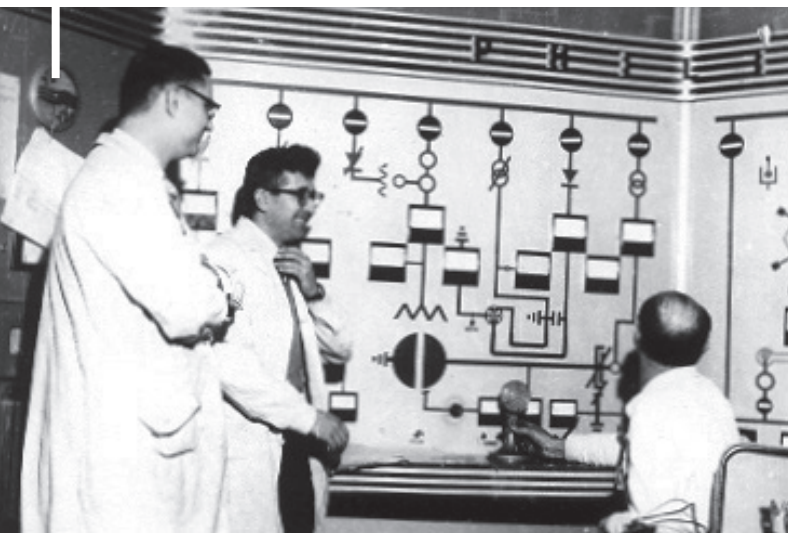


Acelerador en cascada Crockcroft-Walton instalado en 1953 en el patio de la Sede Central de la CNEA.

Fotografía: Archivo CNEA / Gentileza Rafael Castro

Tablero de control del sincrociclotrón. A la derecha, el Presidente Perón visita las instalaciones.

Fotografías: Archivo CNEA / Gentileza Rafael Castro



detección de nuevos radioisótopos artificiales generados por el haz del acelerador”.

Hacia fines de la década de 1950, comenzó a gestarse un programa de desarrollo y construcción de reactores nucleares de investigación.

A principios de 1957, el Directorio de la CNEA decidió la adquisición *llave en mano* de un reactor de investigación. La oferta que había cuajado, por las características técnicas y el plan de financiación, había sido la de General Electric, empresa que ofrecía un equipo con 5 megawatts de potencia. Este es el conocido origen del Reactor Argentino N°1 (RA-1). No obstante, cuando el Ing. Quihillalt, presidente de la CNEA, viajó a Estados Unidos para concretar la compra, una serie de inconvenientes de papeleo demoraron la transacción. Mientras Quihillalt analizaba qué hacer respecto a la demora, le aconsejaron⁴⁵ que visite los Laboratorios de Argonne,⁴⁶ donde disponían de un pequeño reactor de 100 watts, el Argonaut. Tras la visita, Quihillalt se entusiasmó con la idea de poder fabricarlo en Argentina con los recursos propios y de este modo consiguió, por gestión de un colega de la *Atomic Energy Commission* de EEUU, los planos del reactor y el visto bueno para que ingenieros y físicos de la CNEA visiten las instalaciones de Argonne a fin de capacitarse. Tras una inicial oposición en el Directorio, finalmente se aprobó la propuesta de Quihillalt y comenzó el proyecto RA-1.⁴⁷

La operación implicó asumir el riesgo de construir una máquina compleja sin antecedentes locales directos. Esto generó una serie de emprendimientos en investigación de frontera, adquisición de equipamiento y formación de personal

⁴⁵ Fue Carlos Büchler, ex funcionario de la CNEA y que se encontraba trabajando en el *National Argonne Laboratory*, quien lo convenció a Quihillalt de visitar el Argonaut.

⁴⁶ El nacimiento del Laboratorio Argonne se remonta al encargo secreto que recibió Enrico Fermi - el Proyecto Manhattan - para crear la primera reacción nuclear autosuficiente del mundo. Con el nombre en código de “Laboratorio Metalúrgico”, el equipo construyó la Pila Chicago-1, que alcanzó la criticidad el 2 de diciembre de 1942, por debajo de las gradas del campo de fútbol Stagg Field de la Universidad de Chicago. Debido a que los experimentos eran considerados demasiado peligrosos para llevarlos a cabo en una gran ciudad, las operaciones se trasladaron a un lugar en las cercanías de Palos Hills y denominado “Argonne” por el bosque circundante.

El 1 de julio de 1946, el laboratorio fue fundado formalmente como Laboratorio Nacional Argonne para llevar a cabo “investigación cooperativa en nucleónica”. A petición de la Comisión de Energía Atómica de los EEUU, se inició el desarrollo de reactores nucleares para el programa pacífico de energía nuclear de la nación. A fines de 1940 y principios de 1950, el laboratorio se trasladó a un local más amplio en Lemont, Illinois, y se estableció un lugar remoto en Idaho, llamado “Argonne-Oeste”, para llevar a cabo nuevas investigaciones nucleares (Wikipedia, disponible en http://es.wikipedia.org/wiki/Laboratorio_Nacional_Argonne).

⁴⁷ Para más detalles la construcción del RA-1, véase González (1988b), Hurtado de Mendoza (2005a y 2005b); Marzorati (2006), así como las ediciones del Boletín Informativo de la CNEA de los años 1957 y 1958.

(Harriague, et al., 2008). Entre las áreas que más crecieron con el proyecto se destacó la encargada de instrumentación de control. Se trató básicamente del Departamento de Electrónica, creado en los primeros años de la década, que carecía de un conjunto de objetivos específicos y determinados. Su función era más bien flexible: satisfacer las necesidades en materia de electrónica de otros sectores de la Comisión, tales como los de radioquímica, física nuclear y prospección de uranio. El programa de construcción de reactores de investigación determinó el norte del departamento. En efecto, éste dedicaría una parte importante de sus recursos materiales y humanos para tomar a su cargo la instrumentación de control de los futuros reactores a partir de 1957 (CNEA, 1989).

Al momento de decidir la construcción local del RA-1, en la CNEA ya se habían impartido varios cursos de reactores, de los cuales había participado la base del equipo del RA-1. En 1953 se realizó el primer curso sobre reactores destinado a investigadores jóvenes, actividad que continuó al año siguiente con la realización de un curso de verano en Bariloche. Esta experiencia patagónica se repitió en 1955 y se dictaron también cursos de física teórica destinados a estudiantes de física avanzados y un taller organizado por la UNESCO para profesores de física (López Dávalos y Badino, 2000). En el otoño de 1955, por convenio entre la Universidad Nacional de Cuyo y la CNEA, el joven físico José Balseiro, colaborador en aquellos cursos, pudo concretar la creación del Instituto de Física de Bariloche (después “Instituto Balseiro”) (García y Reising, 2003a). Como complemento de los cursos, algunos egresados fueron enviados al exterior para completar su especialización y, al regresar, participaron en el dictado de los cursos sucesivos (1955, 1956 y 1957).

También en 1955 se crearon las divisiones de Metalurgia y de Reactores en la CNEA. A cargo de la primera fue puesto Jorge Sábato, un profesor de física de enseñanza secundaria, que diseñó un laboratorio “creador” capacitado para resolver los problemas nucleares –fabricación de elementos combustibles para reactores- pero también con capacidad de solucionar cuestiones generales de metalurgia (Sábato, 1973). En Reactores fue asignado el Ing. Otto Gamba, uno de los principales reclutadores de la década y que había participado de la comisión que terminó con las aspiraciones de Richter. Las presidencias de

Iraolagoitia y Quihillalt entre 1952 y 1958, el papel central de Sábato en las aspiraciones de impulsar un programa nuclear que diera un lugar central a la autonomía, junto al marco legal establecido durante este período, comenzaron a marcar las líneas estratégicas que caracterizaron el “estilo de trabajo” de la CNEA en el periodo: intensa dedicación a la formación de técnicos e investigadores y decisiones arriesgadas que permitieran avanzar en la integración de los sectores científico, tecnológico e industrial. El objetivo era concretar lo que en el plano ideológico aparecía como “independencia tecnológica” (Hurtado de Mendoza, 2005b).

Fue sobre estas bases -aún con recursos inmaduros, pero con objetivos determinados- que Quihillalt propuso la construcción nacional del Argonaut. Como director del proyecto fue nombrado el Dr. Fidel Alsina, Jefe de Ingeniería Nuclear de la CNEA, quien al ser enviado a Argonne a capacitarse y enviar información, fue reemplazado por Gamba.

Los distintos grupos de trabajo fueron formados, en su mayoría, con egresados de los cursos de reactores nucleares que se habían dictado hasta ese momento. Unos se ocuparon del blindaje biológico con hormigón pesado (con barita), otros del mecanizado de los bloques de grafito de pureza nuclear para el núcleo y reflector del reactor, otros de los componentes mecánicos, otros de la instrumentación y el sistema de control y otros de los sistemas del agua refrigerante y sus sistemas de purificación, mientras los talleres de la CNEA construían los delicados mecanismos de accionamiento de las barras de control del reactor, hechas con cadmio (APCNEAN, 2009).

Sin dudas, no fue un proceso sencillo y lineal, sino más bien incierto. Según el propio Quihillalt, “faltaban herramientas elementales” para trabajar materiales como el grafito proveniente de Francia, ya que en el país no había con el nivel de pureza necesario. El uranio enriquecido fue importado de EEUU, así como algunas válvulas y cables especiales (González, 1988b).

Por último, si bien el diseño y la ingeniería eran estadounidenses, se introdujeron innovaciones como la realizada en el arranque del reactor, que finalmente resultó más económica. También se innovó en la fabricación de los elementos combustibles, que derivó en la primera exportación del área nuclear:

Palabras de Oscar Quihillalt, en el acto de inauguración del RA-1

« La Comisión Nacional de Energía Atómica necesitaba disponer de un reactor atómico para el cumplimiento de sus funciones. Ya se había avanzado suficientemente en los dominios de la teoría como para que este instrumento constituyera una necesidad. Por otra parte, el país requería disponer de ciertos radioisótopos que, por su corta vida media, hacen su importación imposible (...) Teníamos ante nosotros dos caminos para convertir esa aspiración en realidad: adquirirlo en el extranjero o fabricarlo nosotros mismos. (...) Y nos decidimos por este segundo camino - hacerlo nosotros (...) y al hacerlo se han capacitado notablemente para los futuros desarrollos, y al manejarlo se capacitarán aún más ellos mismos y los que se formen trabajando a su lado.

(...) Una eficiente y patriótica intervención ha tenido también la industria privada. Cuando decidimos construir el reactor reunimos a un grupo de representantes de diversas industrias conexas, les expusimos nuestros problemas y les pedimos su colaboración (...) para que al intervenir en la construcción de este primer reactor se interesaran y capacitaran para la resolución de los problemas técnicos inherentes a esta nueva rama de la industria.

Reactor Argentino 1 RA-1

Reactor RA-1.

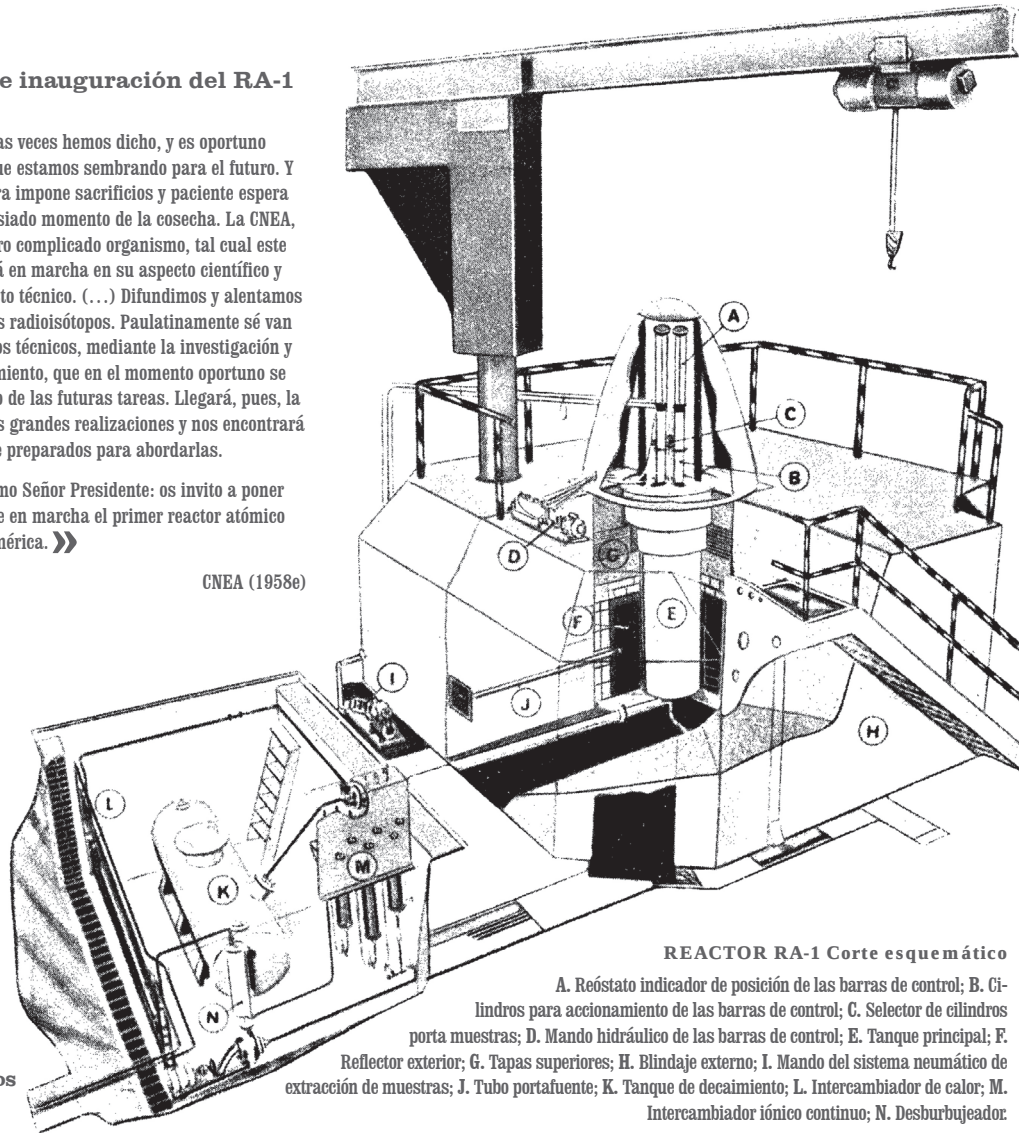
Fotografía: Archivo CNEA / Gentileza Rafael Castro

En el recuadro, la comunicación del acuerdo de venta de know-how en la fabricación de elementos combustibles (primera exportación argentina de tecnología nuclear) (CNEA, 1958k).

(...) Algunas veces hemos dicho, y es oportuno repetirlo, que estamos sembrando para el futuro. Y toda siembra impone sacrificios y paciente espera hasta el ansiado momento de la cosecha. La CNEA, pequeño pero complicado organismo, tal cual este reactor, está en marcha en su aspecto científico y en su aspecto técnico. (...) Difundimos y alentamos el uso de los radioisótopos. Paulatinamente se van formando los técnicos, mediante la investigación y el adiestramiento, que en el momento oportuno se harán cargo de las futuras tareas. Llegará, pues, la época de las grandes realizaciones y nos encontraremos eficazmente preparados para abordarlas.

Excelentísimo Señor Presidente: os invito a poner oficialmente en marcha el primer reactor atómico de Latinoamérica. »

CNEA (1958e)



REACTOR RA-1 Corte esquemático

A. Reóstato indicador de posición de las barras de control; B. Cilindros para accionamiento de las barras de control; C. Selector de cilindros porta muestras; D. Mando hidráulico de las barras de control; E. Tanque principal; F. Reflector exterior; G. Tapas superiores; H. Blindaje externo; I. Mando del sistema neumático de extracción de muestras; J. Tubo portafuente; K. Tanque de decaimiento; L. Intercambiador de calor; M. Intercambiador iónico continuo; N. Desburbujador.



CONVENIO

Entre la CNEA y la firma Degussa, de Franckfurt, Alemania, se ha convenido un intercambio de informaciones vinculadas a procesos de interés nuclear.

Por este acuerdo, firmado en Franckfurt el 21 de octubre pasado, Degussa recibirá de la CNEA toda la información técnica del proceso utilizado en la fabricación de los elementos combustibles actualmente en uso en el R.A.1. Estos elementos, como es sabido, fueron producidos por la CNEA por extrusión de mezcla de polvos de óxido de uranio y aluminio, contenida en recipiente de aleación de aluminio.

Por su parte, la CNEA recibirá información técnica y elementos industriales vinculados a procesos químicos y metalúrgicos de la tecnología nuclear.

en 1958, la CNEA vendió el *know how* a la empresa alemana Degussa-LeyboldAG, lo cual representó el reconocimiento de la capacidad tecnológica y fue un gran impulso para el sector de tecnología de la CNEA.

En el discurso ofrecido por Quihillalt en la inauguración, un pasaje fue dedicado a la “eficiente y patriótica intervención ha tenido también la industria privada”:

Cuando decidimos construir el reactor reunimos a un grupo de representantes de diversas industrias conexas, les expusimos nuestros problemas y les pedimos su colaboración, tanto porque era esa la única forma de llevar a cabo nuestro proyecto como también para que al intervenir en la construcción de este primer reactor se interesaran y capacitaran para la resolución de los problemas técnicos inherentes a esta nueva rama de la industria. Respondieron a nuestro llamado con decidido y extraordinario apoyo, no sólo fabricando los elementos que se les pidió, asignándoles prioridad en sus programas de fabricación, sino también estudiando y resolviendo conjuntamente con nuestros técnicos los difíciles problemas que se presentaban (Quihillalt en CNEA, 1958e).

La construcción del RA-1, finalmente puesto en funcionamiento en enero de 1958, evidenció el nivel alcanzado en la formación de técnicos e investigadores y representó el ya mencionado estilo de trabajo que caracterizó a la CNEA durante los siguientes quince años.

La visión optimista vigente en el mundo sobre las potencialidades de la energía atómica y la noción de desarrollo autónomo expandida entonces en el país permitieron pensar que era posible incorporar y desarrollar capacidades propias a través de la ejecución de proyectos de creciente complejidad, promoviendo un efecto multiplicador en el desarrollo tecnológico-productivo nacional (Harriague, et al., 2008).⁴⁸

El cierre de este período de primeros reactores está marcado por la creciente demanda de radioisótopos de uso médico, la cual superó la capacidad de producción, por lo que a fines de 1959 se decidió aumentar la potencia del RA-1, que reinició su producción al año siguiente. Simultáneamente con los trabajos de repotenciación del RA-1, se comenzó a analizar la construcción de

⁴⁸ Fueron pocos los países que optaron por este camino de desarrollo autónomo. “Las élites políticas en aquellos países que no habían mostrado interés en el desarrollo de capacidades nucleares –como Colombia y Paraguay, por ejemplo– aceptaron el ‘regalo’ norteamericano como símbolo del sueño nuclear. No representaba el desarrollo de conocimiento local, sino una modernidad importada. Desde la perspectiva norteamericana, el reactor era un instrumento político para presionar a los gobiernos a la firma de tratados bilaterales con el propio gobierno. Los científicos, que veían en él la ocasión para la institucionalización de la física, desarrollaron las habilidades necesarias, trayendo al debate aliados humanos y no humanos –como el mismo reactor– con el fin de romper el escepticismo” (De Greiff y Nieto, 2005).



escribe JERONIMO JUTRONICH

El primer reactor argentino salva una vida y evita una ceguera

He aquí una prueba de que la ciencia atómica pertenece a las nuevas generaciones. En el grupo, una parte del equipo a cargo del primer reactor argentino. De izquierda a derecha, los señores Humberto Raudino y Augusto Zunino, el ingeniero Horacio Huber, el doctor Jorge Sara y el ingeniero Carlos Diz.

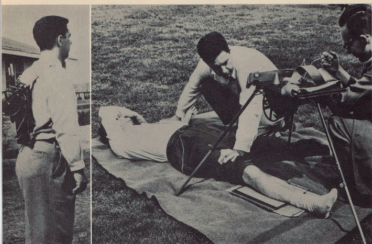
APLICACIONES

Argentina - Trabajo del RAL

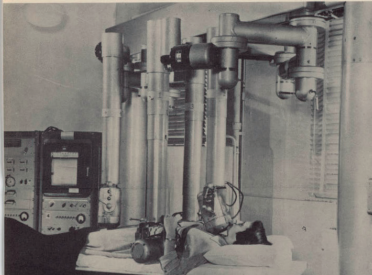
Los primeros isótopos de oro producidos por el RAL han servido para salvar una vida. El día 8 de diciembre de 1958 fué efectuada una operación en una enferma de cáncer a la cual se le administró una dosis de treinta milicuríes de oro irradiado. La operación fué seguida a través de un equipo de rayos X y se desarrolló sin percances. En menos de un mes, la enferma fué dada de alta en el sanatorio.

Otra operación que tuvo un resultado ampliamente satisfactorio fué la realizada en una paciente a quien un tumor la enceguecía. También una dosis de 45 milicuríes de oro irradiado permitió destruir el tumor, con lo que la enferma recuperó la vista.

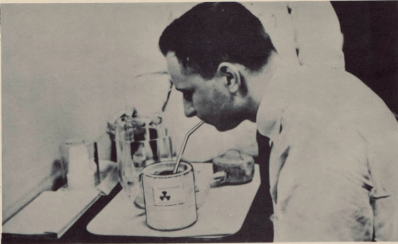
A portable X-ray kit which uses radioactive thulium instead of electricity can produce on-the-spot pictures within ten minutes.



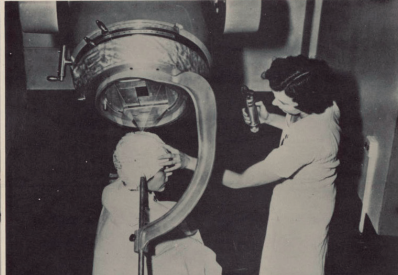
Radiation-counting device locates presence of disease in body of patient to whom radioisotope "tracers" have been administered.



Radioiodine diagnoses thyroid diseases and also cures several of them. Here, patient is served harmless radioiodine "cocktail."



Radioactive cobalt machines like this one are used to kill deep-seated cancer cells in the brain and elsewhere in the human body.



Physician injects solution of radioactive gold into lung cancer patient. Beta and gamma rays emitted by this radioisotope retard growth of diseased tissue.



HOW THE PEACEFUL ATOM WORKS...

IN THE HOSPITAL

In medicine the atom is proving its value in many ways. It is helping doctors and research workers to learn how the living body works. It reveals how diseases alter the structure and workings of the body. The atom aids in diagnosing diseases and in measuring the value of various drugs and medicines and, in some cases, it is used directly to treat diseases.

otro reactor de mayor potencia, ya que era previsible que la demanda de radioisótopos de uso médico superara rápidamente las posibilidades existentes.

Los primeros radioquímicos

La identificación de isótopos radiactivos formados en reacciones nucleares fue tarea de los radioquímicos, así como lo había sido el estudio de los elementos químicos radiactivos desde principios de siglo. La División Radioquímica del Departamento de Química fue uno de los primeros grupos de investigación que se estableció y comenzó a trabajar formalmente en la CNEA. Hasta ese momento habían sido pocas las experiencias en radioquímica en el país, tan es así que los únicos trabajos con radio se registraban en las Universidades Nacionales de La Plata y de Buenos Aires, en las décadas de 1930 y 1940, y sólo abordaban los aspectos físicos de la radiactividad, no se habían efectuado estudios químicos relacionados con el radio y los productos de su desintegración (Radicella, 1999).

El grupo de radioquímica se estableció en 1953 con la llegada del alemán Walter Seelmann-Eggebert, quien estaba en Argentina desde 1949, radicado en la Universidad Nacional de Tucumán. Llegó al país con un antecedente importante: en 1938 fue testigo del descubrimiento de la fisión nuclear, por su condición de tesista del *Kaiser Wilhelm Institut*, bajo la dirección de Otto Hahn, autor del descubrimiento. En el contexto de persecución de posguerra, la propuesta desde Tucumán lo convocó en el momento justo. Seelmann viajó a Argentina y con los escasos recursos disponibles comenzó la instalación de lo que denominó “Laboratorio de Investigaciones Nucleares”.

Las noticias sobre la instalación del acelerador Cockcroft-Walton y la avanzada construcción del sincrociclotrón en Buenos Aires inquietaron a Seelmann, quien decidió mudarse a la capital y enrolarse en las filas de CNEA. Allí empezó a formar el grupo investigando los productos de la fisión nuclear del uranio: nuevos radioisótopos. La guía que ordenaba el trabajo era una tabla llena de correcciones en lápiz que Seelmann había traído desde Alemania y que

todavía tenía muchos casilleros por completar. La tabla se publicó años más tarde, ya Seelmann de regreso en Alemania, con el nombre de *Karlsruher Nuklidkarte*. Es un tipo de tabla periódica extendida en la que se muestran todos los átomos conocidos de cada elemento químico y su correspondiente información sobre vida media, modo de desintegración y radiación emitida. Este mapa del paisaje nuclear ha ilustrado durante 50 años el estado del conocimiento sobre el mundo nuclear en un práctico folleto, del cual se ha publicado en 2012 su octava edición. Es una herramienta científica y educativa que permite conocer los fundamentos elementales utilizados en la física nuclear (Normand y Borge, 2010).⁴⁹

Completar los espacios vacíos de la tabla, intentar terminar el mapa del paisaje, fue el objetivo particular de un grupo de muy jóvenes químicos, pero donde también trabajaban físicos, técnicos y algún médico.⁵⁰ La edad promedio del grupo no alcanzaba los 26 años. Contaban con una excelente formación teórica en química general, pero tenían un absoluto desconocimiento sobre la química nuclear, materia inexistente en todas las universidades del país (González, 1988a). En ese ambiente de juventud y desconocimiento, la tabla de radioisótopos representó la posibilidad de trabajar en las líneas de investigación que se desarrollaban en los principales centros de la materia y, al mismo tiempo, un campo prácticamente virgen con mucho por descubrir. Consciente de la necesidad de formar nuevos profesionales en el área, Seelmann fomentó la creación de una Cátedra de Química Nuclear, como especialización de la carrera de Química de la Universidad de Buenos Aires, que finalmente se crea en 1953 (CNEA, 1989).

El acelerador de cascada instalado en 1953 multiplicó las posibilidades del grupo, que produjo el primer radioisótopo artificial argentino (Hierro-61) en julio de ese año. A partir de allí comenzaron a irradiar distintos elementos a fin

⁴⁹ La primera edición, publicada en 1958 por Seelmann y Gerda Pfenning, contenía información de alrededor de 1300 nucleidos agrupados en 102 elementos químicos. A partir de ahí fueron descubiertos más de 1650 nuevos nucleidos y se agregaron los elementos 103 a 116 y el elemento 118. Además, fueron identificados nuevos modos de desintegración.

⁵⁰ Formaban el grupo de radioquímica en los años cincuenta los químicos S. Abecasis, E. Álvarez, L. Anghileri, G. B. Baró, F. Batistelli, H. Carminatti, J. Fleggenheimer, O. O. Gatti, C. Henkel, S. J. Nassiff, N. Nussis, J. Pahissa Campá, M. C. Palcos, P. Rey, E. Ricci, V. Rietti, J. Rodríguez, R. Rodríguez Pasqués y R. Radicella, los médicos D. Beninson y F. Mas, y la física I. Fränz. Los radioquímicos estaban secundados por asistentes de laboratorio, entre ellos E. Belis, O. Casanova, J. Crespo, A. M. Ferrari, A. Medina, e I. Zabala (Radicella, 1999).

de completar alguno de los casilleros de la tabla. No obstante, por la escasa potencia del acelerador, sólo podían irradiar elementos livianos, ubicados al comienzo de la tabla.

En esta instancia, la puesta en funcionamiento del sincrociclotrón no sólo posibilitó la irradiación de todo el espectro de la tabla periódica por su mayor potencia, sino que además –como sostiene González (1988a)- determinó el comienzo del trabajo organizado. Seelmann estructuró grupos de trabajo a los que les asignó zonas de la tabla para investigar.⁵¹ “La energía de las partículas y la corriente del haz, altas para la época, hacían del sincrociclotrón de Buenos Aires una de las pocas máquinas en el mundo particularmente aptas para la búsqueda de nuevos nucleidos” (Radicella, 1999).

Otro aspecto importante de la disponibilidad de estos equipos fue la posibilidad de establecer relaciones internacionales con los principales centros de investigación en estos temas, fundamentalmente con el Dr. Adrian Aten, investigador del instituto holandés donde se encontraba el otro sincrociclotrón con las mismas características del argentino. Aten visitó por primera vez la CNEA en 1954 y fue durante varios años consultor de la institución. Asimismo, varios integrantes del grupo de radioquímica viajaron a Holanda para realizar trabajos bajo su dirección.

En el mismo sentido, fue relevante la visita del Dr. Alfred Maddock, de la Universidad de Cambridge, uno de los principales radioquímicos ingleses. Su visita a Argentina a comienzos de 1953 fue el inicio de una serie continua de visitas de consultoría en toda Latinoamérica (Mayo, 1966; Radicella, 1999; Shakeshaft, 2009).

Maddock (...) estaba vinculado con la química de la energía nuclear desde sus comienzos, ya que había formado parte del grupo de especialistas ingleses y franceses concentrado en el Canadá durante la guerra para colaborar en el esfuerzo atómico aliado. En la época de su visita, en la cual había muy poca información publicada sobre los aspectos básicos de la química de los elementos de interés nuclear y era muy difícil para los apenas iniciados distinguir entre lo esencial y lo accesorio, el contacto con un hombre de su experiencia fue enormemente beneficioso y clarificador para los químicos argentinos (Crespi, 1981: 168).

⁵¹ Flegeneheimer se ocupaba del molibdeno y del tecnecio; Baró del rutenio, rodio y paladio; Fränz y Rodríguez del niobio y molibdeno (con el acelerador en cascada) y del antimonio y el estaño (con el ciclotrón); Gatti y Flegeneheimer de los cationes raros como el cadmio, circonio y neodimio; y Pahissa Campa, Ricci y Nussis, del hierro (González, 1988a).

De forma similar a la relación establecida con Aten, varios radioquímicos argentinos tuvieron la posibilidad de doctorarse bajo la dirección de Maddock y desarrollar prolongadas estancias de investigación en los laboratorios de Cambridge.

Basado en su experiencia, Seelmann proponía zonas de búsqueda en la tabla donde creía que podían encontrar radioisótopos, las cuales se discutían en reuniones semanales entre los radioquímicos y el grupo de físicos nucleares, intentando dilucidar complejas consideraciones teóricas. A los físicos les interesaba el resultado del trabajo de los radioquímicos desde el punto de vista del desarrollo de la actividad nuclear. En el trabajo químico se ponían a prueba muchas de las estimaciones teóricas de los físicos. Naturalmente, también publicaban trabajos en conjunto (Radicella, 2010).

En la época en que sólo estaba disponible el acelerador de cascada, se trabajaba con isótopos muy cortos, es decir, que tardaban muy poco para "transformarse" en otros elementos al ser irradiados. Esta decisión estaba determinada, en primer término por la insuficiente intensidad de corriente del acelerador, pero también porque los países dedicados a la investigación de radioisótopos no se ocupaban de los cortos por las dificultades prácticas que entrañaban. La irradiación, la separación química y las distintas mediciones debían hacerse, en algunos casos, en muy pocos minutos.⁵² El sincrociclotrón permitió trabajar con isótopos más largos, pero la búsqueda inicial se mantuvo por la desestimación internacional (González, 1988a; Radicella, 1999, 2010).

⁵² "Al desintegrarse velozmente había que medirlos lo más rápidamente posible luego de la irradiación. Así, cuando había que irradiar un material que arrojaría un isótopo corto, se lo colocaba en una placa de aluminio o cobre, que se introducía en el ciclotrón (...) La irradiación se detenía y, cronometro en mano, los jóvenes científicos comenzaban a contar desde cuando había terminado la irradiación, porque desde ese momento comenzaba a 'transformarse' el material. Uno de ellos ingresaba al ciclotrón a través de un laberinto, desarmaba el blanco, volcaba la sustancia en un vaso de precipitado y comenzaba a correr a toda velocidad por los pasillos del edificio hacia los laboratorios del primer piso. Llegado allí, se iniciaba la 'marcha química', es decir, se sometía la sustancia a una serie de procesos químicos. En el caso del Hierro-61, isótopo descubierto por Pahissa Campá, Nussis y Ricci, el procedimiento era el siguiente: disolver el blanco, extraer la actividad con éter, evaporar el éter a la llama, poner el resto en un vidrio de reloj, disolverlo y purificarlo dos o tres veces, y filtrarlo. Del filtrado pasaba directamente a la medición. Cuanto más rápido se llevaba a cabo todo el proceso, más exactos resultaban los valores a determinar, que generalmente eran el período de semidesintegración (lapso en el cual la mitad de los átomos del radioisótopo se 'transforman'), el tipo y energía de las radiaciones emitidas y, si era posible, la individualización del radioisótopo (número de protones y de neutrones en su núcleo). Por ello, cada paso y movimiento se calculaba minuciosamente, cada material estaba en su lugar exacto, a fin de ahorrar la mayor cantidad de tiempo; hasta se usaban zapatos de goma para lograr mayor adherencia al suelo en las carreras hacia los laboratorios" (González, 1988a).

Entre los instrumentos utilizados para la separación y las mediciones, merecen una mención especial los embudos de vidrio y las herramientas electrónicas. Los primeros embudos utilizados eran los que Seelmann había traído de Alemania, de porcelana. Pero también le fueron encargados “al mejor taller de vidrio de Buenos Aires”, réplicas en vidrio. La relación con este taller continuó varios años. El grupo de electrónica dirigido por el Dr. Fränz se encargó de la puesta en marcha de los equipos holandeses y fueron los encargados de resolver varios problemas de medición al adaptar distintos instrumentos comerciales (González, 1988a; Radicella, 1999, 2010; Marzorati, 2006).

La llegada del ciclotrón, el mayor entrenamiento, las visitas internacionales y la organización abrieron paso a las publicaciones. En 1955 se realizó en Ginebra la Primera Conferencia Internacional sobre usos pacíficos de la energía nuclear, como primer hito importante del programa “Átomos para la Paz” impulsado por Estados Unidos. Luego del engaño de Richter, la Conferencia sirvió para combatir esa imagen negativa que la comunidad internacional tenía sobre la CNEA. Y el aporte de los radioquímicos fue significativo, ya que 11 de los 37 trabajos que presentó Argentina fueron realizados por el grupo dirigido por Seelmann. Entre 1953 y 1963 descubrieron veinte radioisótopos, entre ellos el hierro-61, el tecnecio-102, el rutenio-108, el rodio-107 y 108, el hafnio-183, el antimonio-126 y la serie isobárica estañoantimonio-130 y determinaron las características físico-químicas de muchos otros. Estos descubrimientos no tardarían en ser difundidos en una serie de artículos publicados por la revista alemana *Zeischrift für Naturforschung* (CNEA, 1989). “El renombre de Seelmann-Eggebert en los medios académicos europeos y la discusión de los trabajos durante la Conferencia, aventaron las dudas [derivadas del fraude de Richter]. Se comenzó a dar crédito a la existencia de los isótopos descubiertos en Buenos Aires, existencia que al poco tiempo fue confirmada por investigadores de otros países” (Radicella, 1999).

Qué se producía, qué se importaba, expertos internacionales y moléculas marcadas

Como ha sido comentado en el capítulo precedente, la producción local de radioisótopos en la década de 1950 era muy escasa. En 1959, el grupo de radioquímica presentó un trabajo al VII Congreso Latinoamericano de Química, en el que se detallan los diversos métodos de producción de radioisótopos que estaban puestos a punto en la CNEA hasta esa fecha. De estos métodos se destaca la fabricación propia de aparatos de telecomando para evitar la exposición del personal: luego de describir los métodos de obtención de sodio-24, calcio-45, hierro-59, bromo-82, fósforo-32 y azufre-35, cuando hacen referencia a la producción de yodo-131, señalan: “se ha montado un aparato que puede ser operado desde detrás de una pared de plomo protectora y se ha puesto a punto un método químico, que permitirá obtener radioyodo en altas actividades, compatibles con la demanda, *cuando esté en funcionamiento el nuevo reactor de la CNEA*”.⁵³ Asimismo, se hace especial mención a la construcción de un “aparato de control remoto” para la preparación del oro coloidal a partir del oro-198 importado, a fin de producir semillas para el tratamiento de cáncer (Álvarez, et al., 1959).⁵⁴ Particularmente sobre la construcción de este último aparato, el Dr. Jaime Pahissa Campá presentó a las Sesiones Químicas Argentinas (San Juan, 9 al 11 de octubre de 1958) el detalle sobre su funcionamiento. En dicho trabajo se destaca que –incluso importando el oro irradiado con el cual se produce el coloide– “resulta aproximadamente 8 veces más barato que comprando directamente el coloide en el exterior. *El costo de producción será aún menor cuando estemos en condiciones de efectuar la radiación en nuestro país*. Finalmente se puede agregar que las características del coloide obtenido son las requeridas para su empleo en aplicaciones medicinales” (CNEA, 1958f).⁵⁵

⁵³ Las cursivas son propias, no originales. Hace referencia al RA-3, proyecto de construcción recientemente anunciado.

⁵⁴ Una noticia publicada en el Boletín de la CNEA bajo el título “Trabajo del RA-1”: “Los primeros isótopos de oro producidos por el RA-1 han servido para salvar una vida. El día 8 de diciembre de 1958 fue efectuada una operación en una enferma de cáncer a la cual se le administró una dosis de treinta milicurios de oro irradiado. La operación fue seguida a través de un equipo de rayos X y se desarrolló sin percances. En menos de un mes, la enferma fue dada de alta en el sanatorio. Otra operación que tuvo un resultado ampliamente satisfactorio fue la realizada en una paciente a quien un tumor la enneguecía. También una dosis de 45 milicurios de oro irradiado permitió destruir el tumor, con lo que la enferma recuperó la vista” (CNEA, 1959a).

⁵⁵ Las cursivas son propias, no originales.

En el comienzo de la década de 1960, el abastecimiento de radioisótopos aún dependía en su amplia mayoría de la importación. En cuanto a producción local, informaba Radicella (1963), “la CNEA dispone del reactor RA-1, que durante 1962 estuvo en funcionamiento con un programa de 100 horas semanales, y del sincrociclotrón, cuya energía máxima disponible para deuterones es de 28 MeV. Las tareas restantes [separación y purificación del nucleído deseado, fraccionamiento, comercialización y control] se realizan en los laboratorios del Programa de Producción de la Gerencia de Energía”. El sincrociclotrón fue destinado a producir una variedad de nucleídos de escaso consumo, pero que comprendían una demanda que había que cubrir y obligaba a poner a punto métodos de obtención y purificación. Entre otros, se produjo estroncio-85, sodio-22, berilio-7, cerio-139, itrio-88 y bismuto-20. Por su parte, con el reactor se cubría la demanda de sodio-24, potasio-42 y bromo-82, y se había empezado a producir fósforo-32, telurio-132–yodo-132 y semillas de oro-198, iridio-192 y paladio-109, cuyos métodos de obtención se elaboraron o pusieron a punto entre 1961 y la primera mitad de 1962. Paralelamente se obtenían pequeñas cantidades de otros nucleídos activos para fines de investigación, de uso interno y de otras instituciones. Las demandas provenían fundamentalmente de los médicos (usuarios intermedios).

Como se ve, a principios de la década de 1960 aún no se producía localmente yodo-131, que seguía siendo el radioisótopo de mayor consumo (representaba más del 60% de las importaciones), y lo fue hasta mediados de la década siguiente, paulatinamente reemplazado en muchas aplicaciones por el tecnecio. “Debido al bajo flujo de neutrones disponible en el reactor RA-1 es imposible producir hierro-59 y cromo-51 de la actividad específica requerida (...) Por la misma razón, no es posible producir yodo-131 por el método convencional a partir de telurio; se ha elaborado un método de obtención a partir de productos de fisión, que se espera entre en operación en 1963” (Radicella, 1963).

Ante la imposibilidad de producción local, la CNEA decidió implementar el fraccionamiento de los radioisótopos de uso más común para generar un ahorro en los costos reduciendo el número de envíos sin perjudicar el abastecimiento. Hasta ese momento, los radioisótopos requeridos por cada usuario se solicitaban en forma separada, debiendo abonar el flete aéreo y el recargo aduanero por cada solicitud. El 5 de julio de 1961 se anunció el “primer

fraccionamiento de radioisótopos” de I-131 (CNEA, 1961b), extendiéndose posteriormente a fósforo-32, cromo-51 y hierro-59, lo que permitió un ahorro de m\$N 3 millones en 1962 (Radicella, 1963).⁵⁶

En 1964, se puso a punto un nuevo método para obtener fósforo-32, como ya se ha visto el segundo radioisótopo de mayor consumo para aplicaciones médicas. Los responsables del desarrollo destacaron que los procedimientos contemporáneos requerían “aparatos costosos y delicados en su manejo, otros una preparación muy cuidadosa del material a irradiar y, la mayoría, etapas muy laboriosas de purificación hasta lograr preparados aptos para el uso” (CNEA, 1964b).

No obstante las limitaciones técnicas para producir industrialmente radioisótopos, la CNEA comenzaba a satisfacer la demanda de compuestos marcados – principalmente con yodo y carbono- a partir de 1961, los cuales se importaban desde 1958. “Se previó entonces la necesidad de proceder a su preparación en la CNEA, evitándose así una apreciable evasión de divisas y [procurando] el entrenamiento de personal en esta rama de la técnica nuclear” (Mitta, et al., 1969).

A fin de impulsar el aprendizaje de estas técnicas, la CNEA gestionó la llegada de un experto del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA; IAEA es la sigla en inglés), el Dr. Norman Veall. Permaneció en el país durante seis semanas entre junio y julio de 1961, año en que Quihillalt fue gobernador del OIEA, con sede en Viena.⁵⁷ La visita contempló el entrenamiento en los métodos de obtención de compuestos marcados que permitieran extender la aplicación a otros campos de la medicina -cardiología, gastroenterología y ginecología, por ejemplo- sobre la base de experiencias satisfactorias en endocrinología, hematología y oncología. “El Dr. Norman Veall (...) puso, con demostraciones prácticas, a profesionales de la CNEA al corriente de los procedimientos a emplear” (Mitta, et al., 1969).

En su informe, Veall menciona que la CNEA ya trabajaba con 27 laboratorios universitarios y hospitalarios en el desarrollo y aplicación de sustancias radiactivas y resalta que ya existían las capacidades para satisfacer las necesidades de los usuarios locales de moléculas marcadas. En este sentido,

⁵⁶ El presupuesto total de la CNEA para 1962 fue de m\$N 315 millones. El de CONICET para el mismo año, m\$N 178 millones (Ley 16.432).

⁵⁷ En 1961, Quihillalt estuvo al frente simultáneamente de la CNEA, la Comisión Interamericana de Energía Nuclear y el Organismo Internacional de Energía Atómica.

Veall recomendó ampliamente alcanzar la producción local de moléculas marcadas en lugar de importarlas (IAEA, 1962).⁵⁸

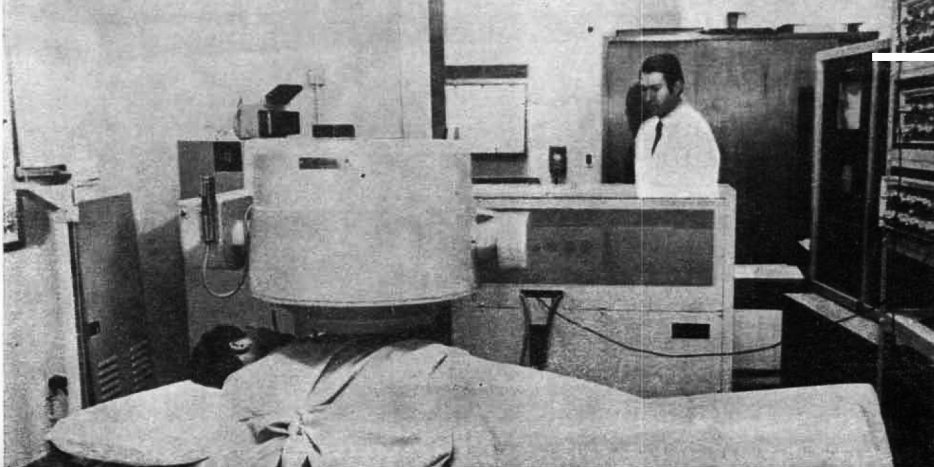
La preparación de moléculas marcadas se hacía sobre la base de “una mutua colaboración” entre la División Moléculas Marcadas (Departamento de Química dependiente de la Dirección de Investigaciones Científicas) y los laboratorios de Control Farmacéutico y Radioquímico, dependientes de la Gerencia de Energía; ésta última a su vez se ocupaba de la distribución. En tanto que la División Moléculas Marcadas se ocupaba de la producción rutinaria y la obtención de nuevos compuestos, el Laboratorio de Control Farmacéutico realizaba las pruebas de pirógenos, esterilidad, cromatografía, entre otras, y Control Radiactivo calibraba cada partida y la ponía a disposición de la Gerencia para su distribución (Mitta y Camin, 1964).

Como se dijo párrafos arriba, los principales marcadores eran carbono y yodo. Las primeras marcaciones con carbono-14 comenzaron en 1957, en la antigua División Moléculas Marcadas del Departamento de Química.⁵⁹ El laboratorio experimentó marcaciones con otros radioisótopos, pero la mayoría fueron de uso ocasional, a diferencia de yodo-125 y yodo-131, que “se han ido usando cada vez en mayor escala, lo que nos ha obligado a montar un laboratorio exclusivo para estas marcaciones, el cual en este momento no sólo satisface las necesidades del país, sino que envía productos al exterior” (Buhler, et al., 1970). Según Carasales y Ornstein, en 1962 se exportaban compuestos marcados con yodo-131, cromo-51 y hierro-59 a Paraguay y con yodo-131 a Chile. En ese mismo año se registraron ventas de bismuto-206 a Holanda por el equivalente a U\$S 200 mil (Carasales y Ornstein, 1998).

De los aproximadamente 260 informes científicos publicados por la CNEA entre 1958 y 1970, alrededor de 40 corresponden a métodos de marcación de diversos compuestos. La gran mayoría de esos informes se publicaron entre 1961 y 1965, y el autor común de casi todos ellos es el Dr. Aldo Mitta, quien publicó unos años después, en 1969, un trabajo que sintetiza la utilización de radioisótopos de yodo para la marcación de moléculas entre 1961 y 1968

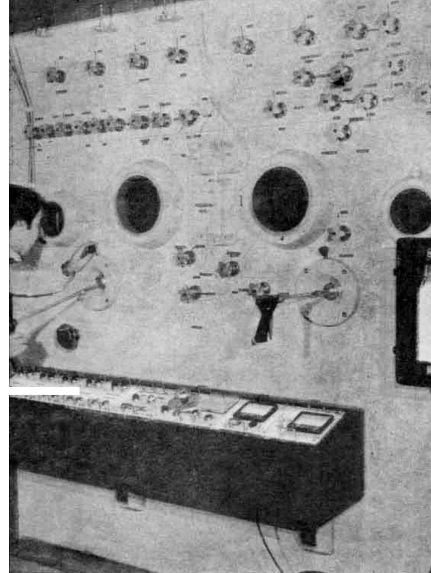
⁵⁸ “Al Dr. Norman Veall (...) que gracias a cuya generosidad intelectual fue posible comenzar la preparación de compuestos marcados con Yodo 131 en nuestro país y que supo infundir en nosotros la confianza necesaria para perseverar en estas marcaciones” (Mitta, et. al., 1969).

⁵⁹ Un detallado informe acerca de los compuestos marcados con carbono se ofrece en (Buhler, et al., 1970).



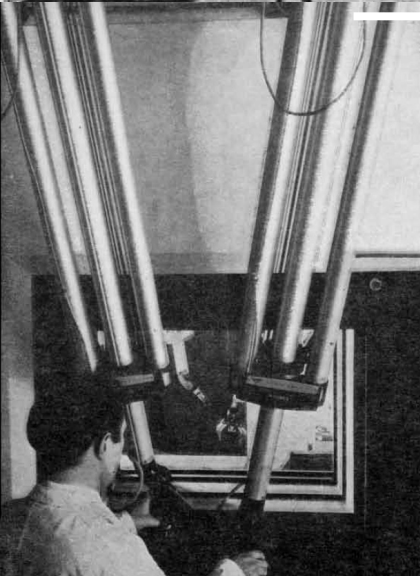
Cámara de centelleo en el Centro de Medicina Nuclear (Buenos Aires).

Fotografía: (CNEA, 1972)



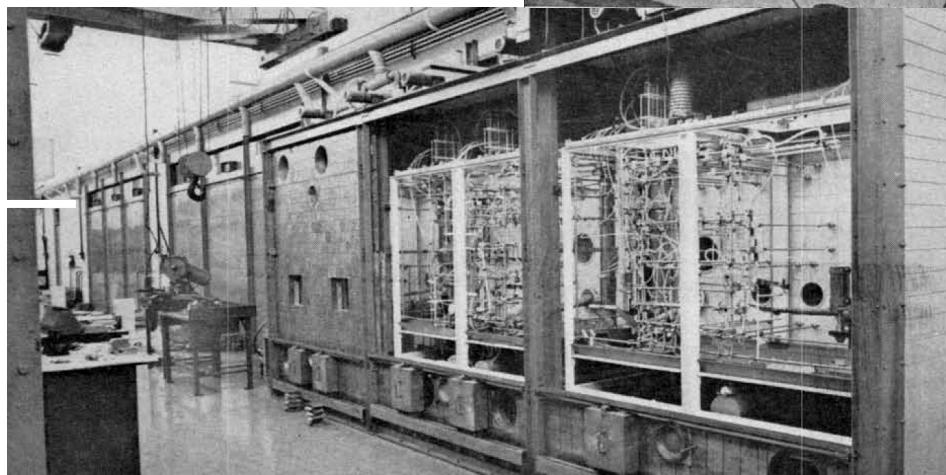
Recinto estanco blindado para la producción de I-131.

Fotografía: (CNEA, 1972)



Telemanipuladores de la celda caliente en la planta de Fuentes Intensas. Centro Atómico Ezeiza.

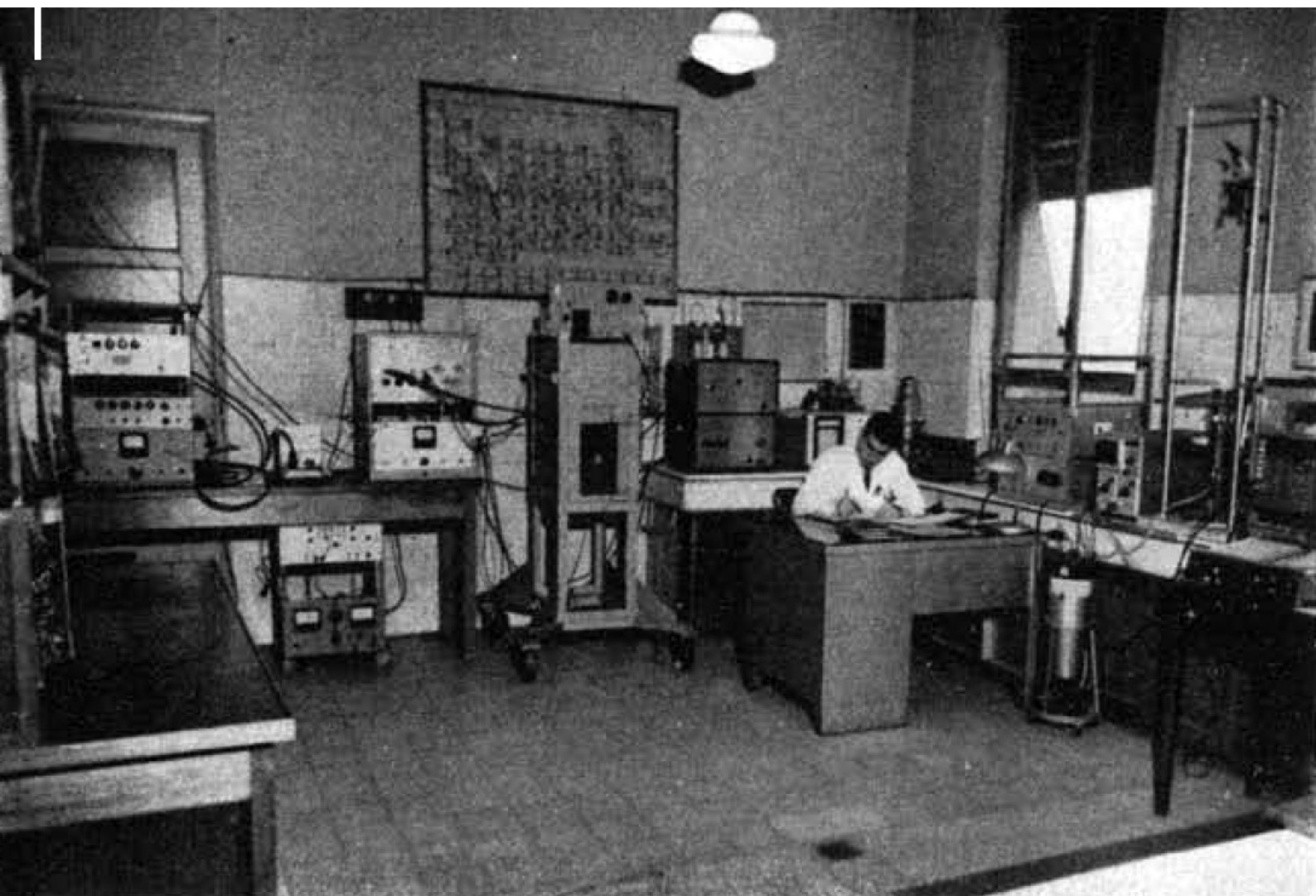
Fotografía: (CNEA, 1972)



Vista interior de una celda de producción de isótopos radiactivos ubicado en el Centro Atómico Ezeiza.

Fotografía: (CNEA, 1972)

Laboratorio de Calibración y Contralor Físico de Radioisótopos Fotografía: (CNEA, 1972)

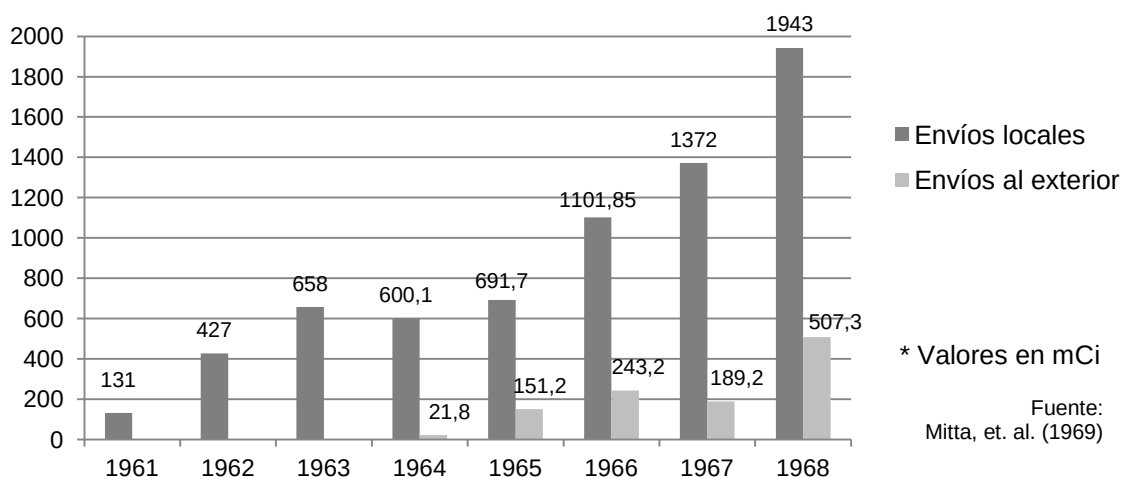


(Mitta, et. al., 1969). Se producían rutinariamente alrededor de treinta compuestos marcados con yodo-131 principalmente, pero también con yodo-125 y 132. Prácticamente “todo” se marcaba con yodo. En muchos casos se trataba de aprendizaje de métodos –y comunicación de dicho aprendizaje– aunque también se informaron modificaciones a procedimientos establecidos.

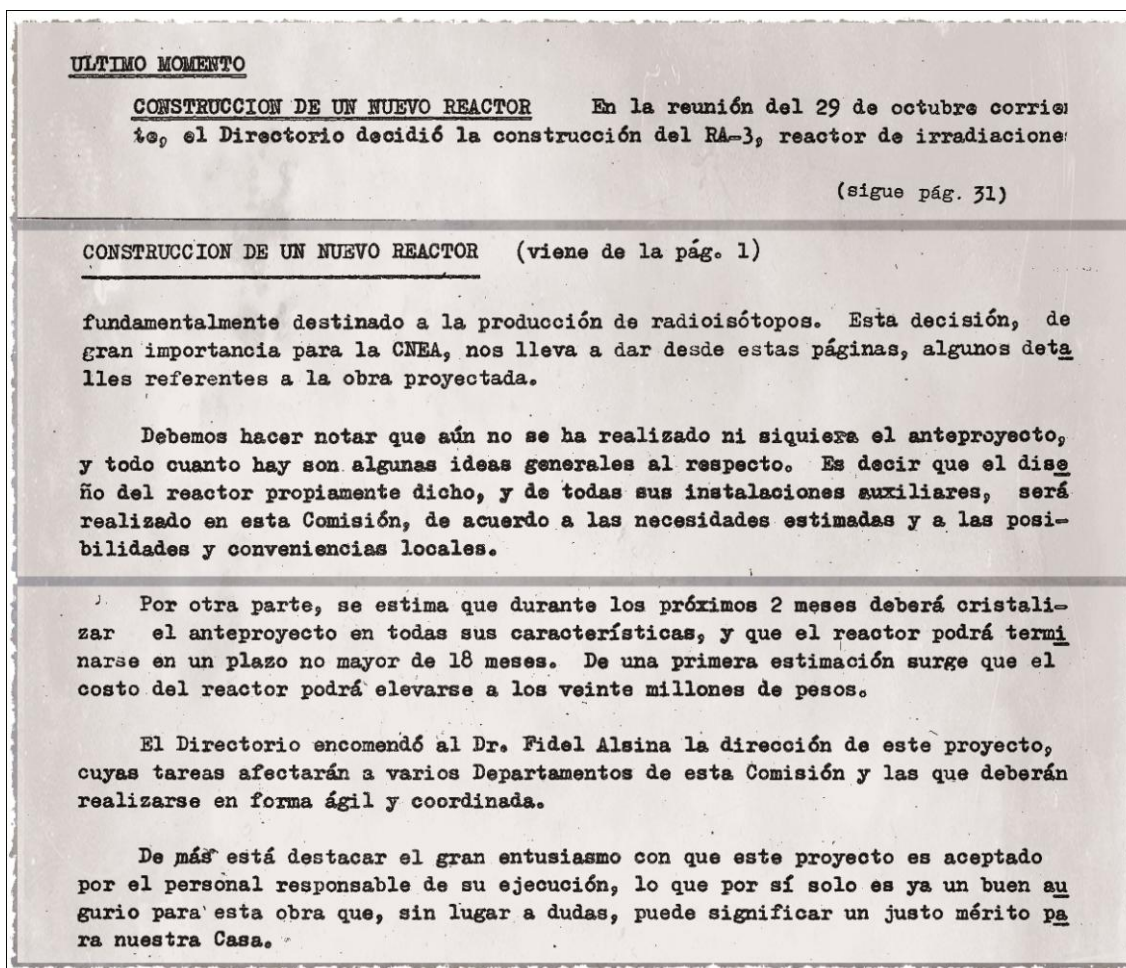
Veamos algunos ejemplos y su aplicación médica.

- Yodo Albúmina I^{131} : determinación de los volúmenes de plasma y sangre, para diagnóstico y localización de tumores cerebrales y para la determinación de los tiempos de circulación.
- o-Yodohipurato de Sodio I^{131} : por inyección intravenosa se utiliza para el estudio de la función individual de los riñones mediante la medición externa de la radiación gamma.
- Rosa de Bengala I^{131} : la velocidad de desaparición del Rosa de Bengala radiactivo de la sangre, determinada mediante un centellador de contaje externo, constituye un método simple y sensible para el estudio de la función hepática.
- Ácido Oleico I^{131} - Trioleína I^{131} - Aceite de Oliva I^{131} : constatación de un metabolismo anormal de las grasas por el intestino y en la prueba de funcionamiento anormal del páncreas.
- Yodoformo I^{131} : estudio de permeabilidad dentaria frente a antisépticos de uso odontológico.

Por último, en el mismo informe se resume el volumen de producción de moléculas marcadas, así como las cantidades de las primeras exportaciones.



Producción de radioisótopos: hacia el autoabastecimiento



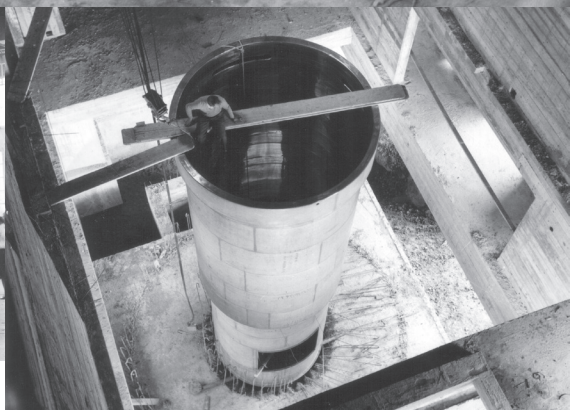
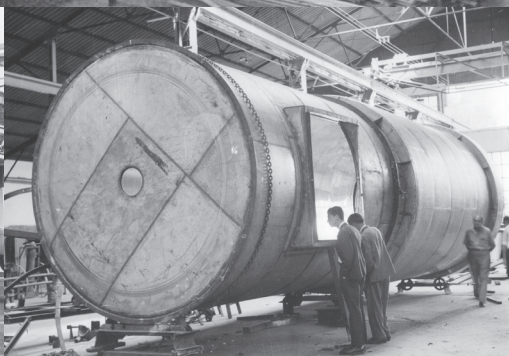
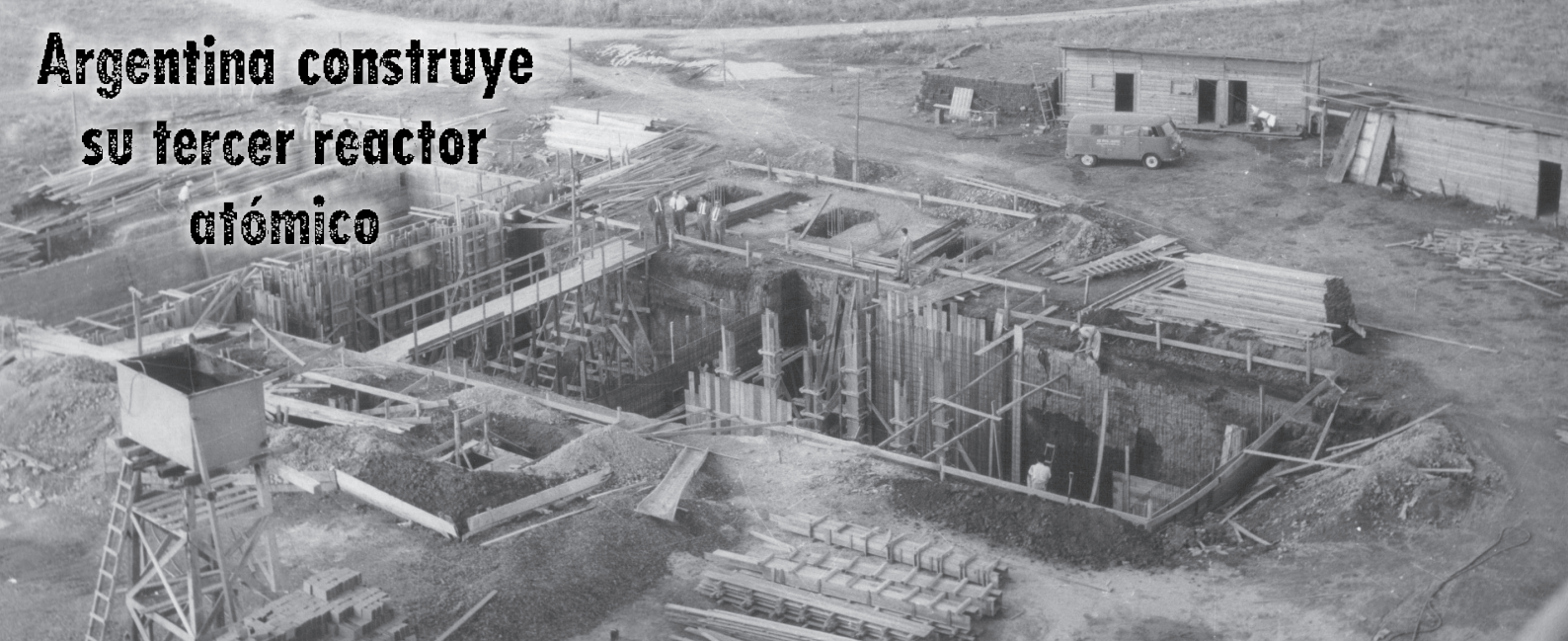
(CNEA, 1958g)

Como se ha observado en las páginas precedentes, el asunto que ocupó durante varios años a la dirección de la CNEA fue lograr el abastecimiento del mercado nacional con radioisótopos producidos localmente en concordancia con la política institucional.

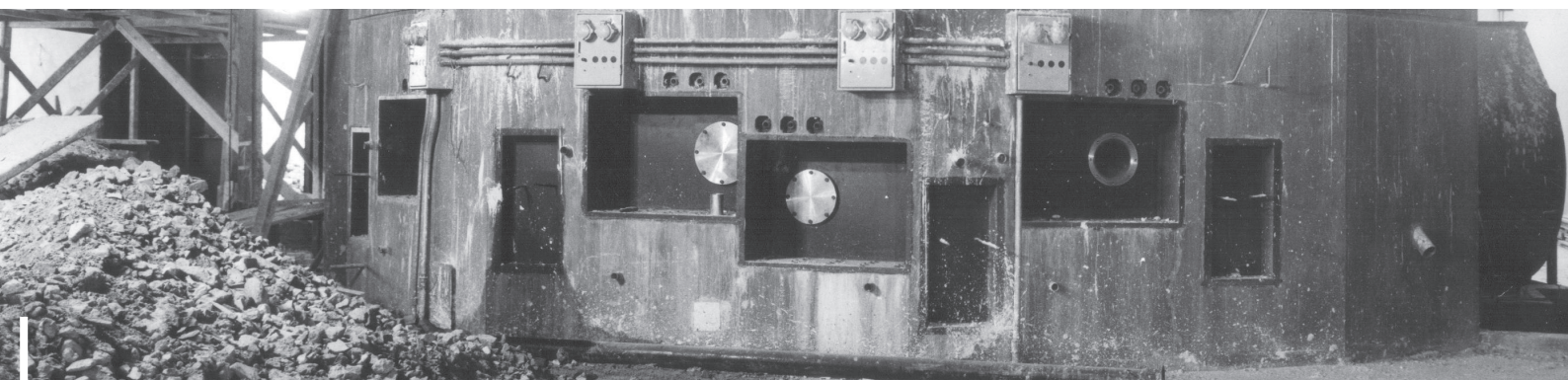
Las variables de peso en este sentido fueron: la política de desarrollo autónomo impulsada por la CNEA desde su creación, la imagen positiva del país frente a los ojos del OIEA, la consecuente visita de expertos internacionales y el constante aumento de la demanda de radioisótopos, una tendencia que se comprobaba igualmente a nivel internacional, debido al importante desarrollo de la actividad en la década de 1960.

Con sobradas perspectivas de crecimiento de la demanda de radioisótopos, ya en 1958 comenzaba a hablarse del reactor RA-3, de mayor potencia que el RA-1, pero sobre todo, con una planta de producción de radioisótopos asociada pensada

Argentina construye su tercer reactor atómico



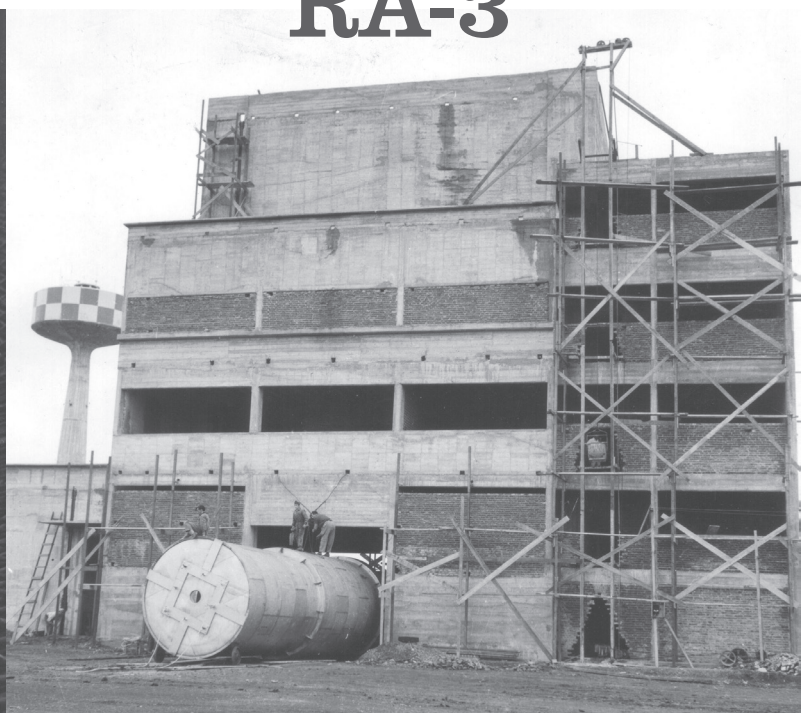
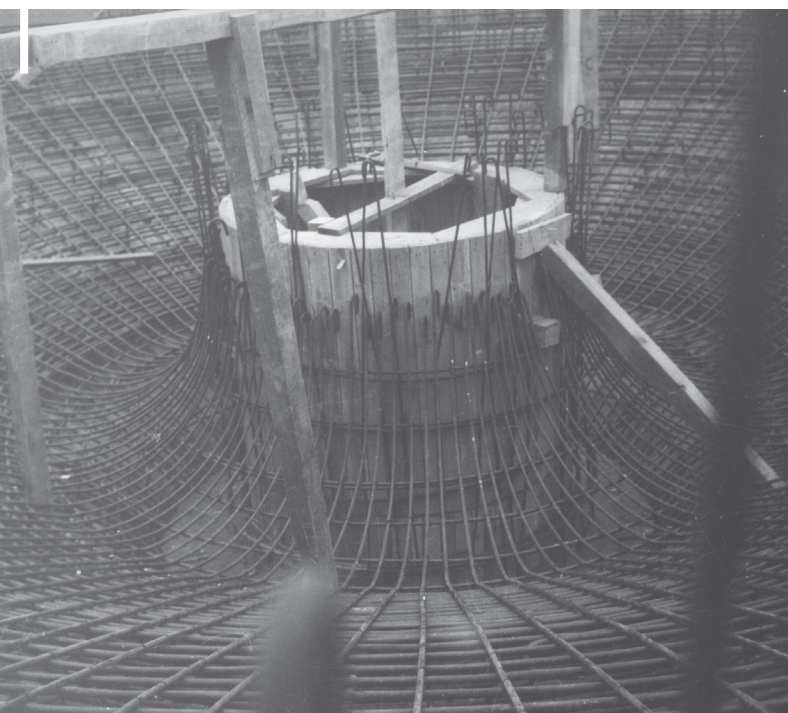
Traslado e instalación del tanque del reactor Fotografías: Archivo CNEA / Gentileza Rafael Castro

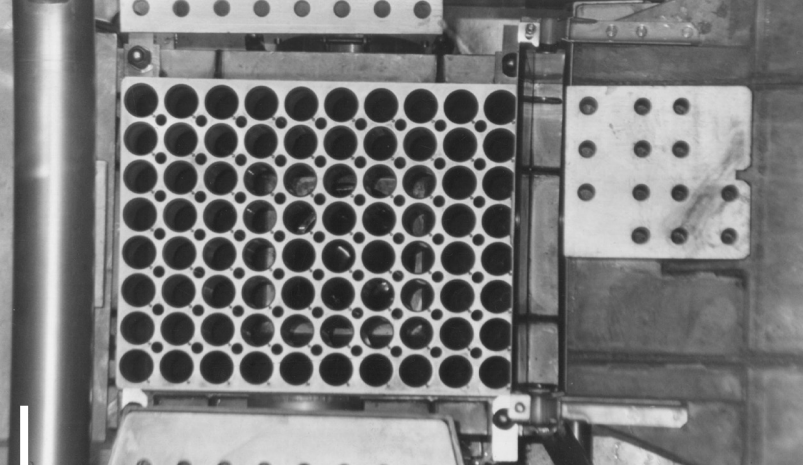


Vistas del avance de la obra civil Fotografías: Archivo CNEA / Gentileza Rafael Castro

Reactor Argentino 3

RA-3

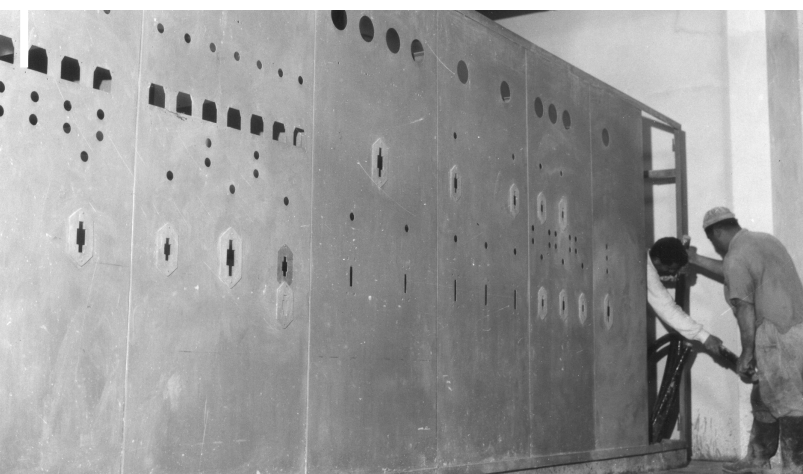




El núcleo del reactor sin los elementos combustibles.

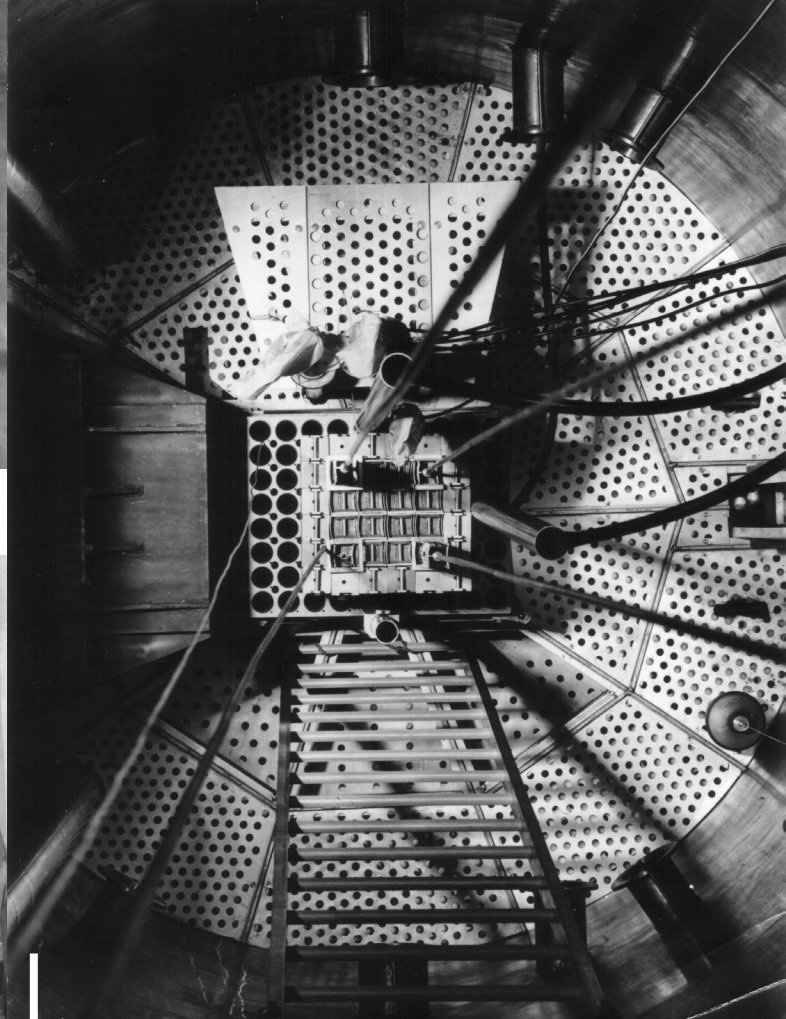
Fotografías: Archivo CNEA / Gentileza Rafael Castro

Construcción del tablero de control.



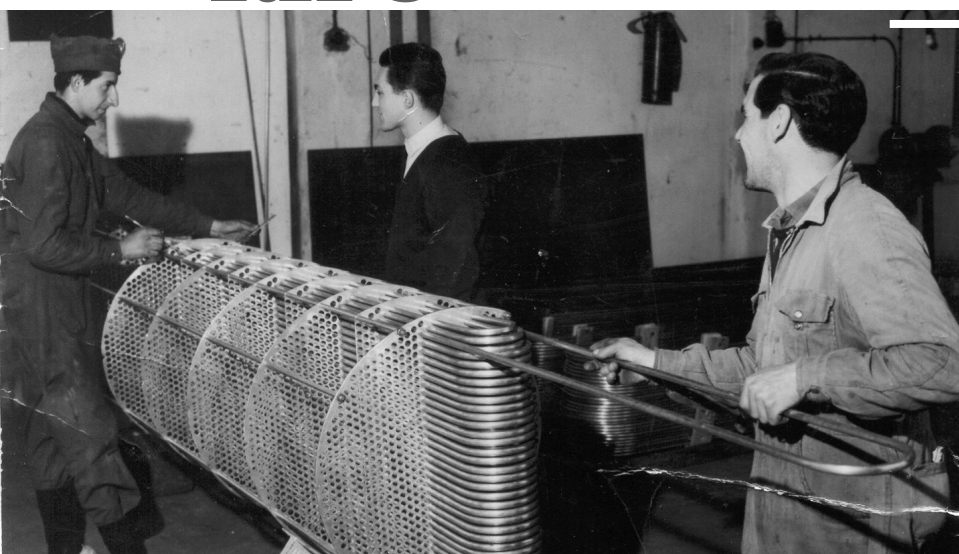
Reactor Argentino 3

RA-3



El núcleo del reactor con los elementos combustibles y las barras de control.

Fotografías: Archivo CNEA / Gentileza Rafael Castro



Izquierda: trabajadores de la División de Metalurgia.

Abajo: Fabricación de elementos combustibles.

Fotografías: Archivo CNEA / Gentileza Rafael Castro



fundamentalmente para cubrir la ascendente demanda de -sobre todo- yodo radiactivo. El proyecto contempló la realización de un estudio de mercado para determinar las características que debería tener el nuevo reactor.

Análisis de mercado

A fines de 1959, la CNEA publicaba en su Boletín: “Durante los últimos meses se ha experimentado un notable incremento en el consumo de material radioactivo en el país, hasta el punto de hacer previsible calcular que en los doce meses de 1959 se quintuplicará la importación registrada en el año anterior, que a su vez triplicó el consumo de 1957 (...) El aumento del mercado, junto con los elevados costos ‘muertos’ pagados en concepto de fletes aéreos, han transformado en imperiosa la necesidad de construir un reactor que permita satisfacer, cuando menos, las demandas internas”. Asimismo, ya se evaluaba la posibilidad de firmar 27 “convenios de trabajo”, de los cuales 24 involucraban a instituciones biomédicas (CNEA, 1959b).

En 1960, la CNEA publicó un informe titulado “Previsión del consumo futuro de radioisótopos en el país” (Nussis, 1960). La estimación se realizó con el objeto de planificar con dimensiones apropiadas el nuevo reactor a ser construido. Este objetivo se debe a tres razones: a) para tener un criterio aproximado del tamaño de los laboratorios y otras instalaciones a construir; b) para estimar las facilidades de irradiación que debería ofrecer un reactor destinado a absorber el consumo nacional de radioisótopos; y c) para estimar la importancia económica que tendría la producción de radioisótopos en el país con un reactor.

Un aspecto relevante del informe es su realización a partir de la comparación del consumo argentino (1954-1958) con otras naciones: Alemania Occidental, EEUU, Japón, Austria y Australia.⁶⁰ Entre las primeras conclusiones del informe, si bien se menciona una curva ascendente de consumo, también se destaca un marcado “atraso” argentino:

(...) la evolución ha sido ascendente (...) Este valor de la constante de evolución, comparado con el de otros países, es demasiado bajo, debido a que no hubo hasta el año 1958 una organizada promoción del uso de radioisótopos. Dicha circunstancia determina una especie

⁶⁰ En el informe se aclara que no pudieron compararse los datos con países relevantes como URSS, Reino Unido y Francia debido a una discordancia en el registro de datos.

de atraso del país respecto de los países observados anteriormente. Desde la formación del Departamento de Radioisótopos, en 1958, se cumple un programa de promoción de la utilización de los radioisótopos en varios campos de la ciencia y la tecnología, que tendrá como consecuencia el aumento del exponente de evolución del consumo en nuestro país. Surge entonces la necesidad de estimar cuál será el nuevo exponente (...) después del año 1958.

A partir del desarrollo matemático detallado en el informe, el autor concluye que “el uso (consumo) crea necesidades y éstas, a su vez, más uso (consumo)”. De esta manera, la CNEA obtuvo información relevante para el diseño de un reactor y los laboratorios necesarios para producir la cantidad de radioisótopos a consumir. No obstante, también se obtuvieron “interesantes elementos de juicio para estimar la importancia económica que puede tener la producción de radioisótopos en el país” (Nussis, 1960).

El costo de los radioisótopos importados no sólo estaba compuesto por el costo del material radiactivo. A ello se sumaban los gastos de flete y los gastos generales que implicaban los trámites de su importación para obtener su valor real en Argentina. Según los datos analizados, Nussis concluye que “el uso inevitable de radioisótopos en el país implica hasta el momento una erogación de divisas que representa, aproximadamente, el 80 % del valor de los radioisótopos usados. Asimismo, se deduce que el flete, erogación que no se realizará si los radioisótopos se producen en el país, representa, aproximadamente, el 18 % de su valor”. El informe estimaba que, si hubiera que seguir importando, el gasto en radioisótopos (1959-1963) ascendería aproximadamente a un millón de dólares.⁶¹

Al evidente ahorro en costos de flete y trámites aduaneros, la dirigencia de CNEA agregó -en su estrategia de crecimiento- los conceptos de *innovación incremental* e *industria industrializante* que involucrarían la construcción de un reactor de potencia. Asimismo, y de suma importancia para la salud pública, el Estado garantizaría el continuo abastecimiento de radioisótopos para un mercado en constante crecimiento (Briozzo, et al., 2007; Briozzo, 2010).

⁶¹ Concretamente, el informe otorga estas cifras: “El valor de los radioisótopos a consumir durante el mismo período [1959-1963] será de 80.000.000 m\$n [u\$s 950.000 ó £ 330.000], aproximadamente, de los cuales más o menos 67.000.000 m\$n representan erogación de divisas, aproximadamente 800.000 u\$s o 280.000 £. Además, la suma de 15.000.000 m\$n correspondiente al flete, que no será invertida, significará un menor precio de los radioisótopos para los actuales y futuros consumidores”. Como referencia, el presupuesto aproximado de la CNEA en 1961 era de m\$n 400 millones, alrededor de U\$S 5 millones, según el tipo de cambio estimado (Quihillalt en CNEA, 1961a).

El problema de los radioisótopos es vital. Es un problema serio. Su consumo aumenta extraordinariamente. Diremos que cada año el país triplica o quintuplica el consumo del año anterior. Esto significa una importante fuga de divisas. Son millones de pesos que se gastan en el exterior. Los importamos de Inglaterra, de Francia, de Estados Unidos. La producción local es casi nula. Los pocos que hacemos los hacemos en el actual pequeño reactor. Además, el flete es carísimo. El transporte es aéreo y el recipiente que contiene los radioisótopos es de plomo. Eso encarece extremadamente el costo de los radioisótopos. Además, se pierde mucho por tiempo, ya que muchos radioisótopos son de vida corta.

Por eso queremos construir el nuevo reactor. Queremos autoabastecernos de ellos y bajar sus precios. Tenemos todos los cálculos realizados; tenemos todas las curvas trazadas. Incluso las curvas de crecimiento de su uso en el exterior. Dentro de dos o dos años y medio estará el reactor nuevo en marcha y el país se podrá abastecer en forma integral. Es posible que hasta podamos asegurar las necesidades de los países vecinos (Quihillalt en CNEA, 1961a).

A fines de 1960 comenzó el diseño del nuevo reactor y su planta de producción de radioisótopos asociada, que permitiría superar la producción a nivel de laboratorio. Nació el Reactor Argentino N°3.

La demanda camino al RA-3

Desde que se decidió la construcción del RA-3 en 1958 hasta su inauguración en 1967 y su puesta a punto hasta lograr un óptimo funcionamiento en 1971, la CNEA registró en sus memorias institucionales un constante crecimiento en la producción local (RA-1 y ciclotrón), así como avances en la investigación de nuevos métodos de producción y perfeccionamiento de los controles de calidad. Asimismo, se estableció una política comercial, que contempló tareas de difusión en el ámbito médico y biológico.⁶² Referente a los aspectos mencionados, se destacan los siguientes hitos.

A partir de un abrupto incremento en la demanda de radioisótopos, en 1966 la CNEA detuvo las obras de construcción del RA-3 con el objetivo de evaluar la realización de posibles modificaciones que aumentarían la futura capacidad productiva. En relación al año anterior, la demanda de radioisótopos aumentó en un 400%, en el caso de los producidos en el país, y en un 30%, en el caso de los importados (CNEA, 1967a).⁶³

⁶² Posteriormente se incorporaron los sectores industrial y agropecuario.

⁶³ Entre las posibles razones de este aumento, quizás tenga relación la creación de la Asociación Argentina de Biología y Medicina Nuclear en 1963, fundamentalmente en lo relativo a la difusión de estas actividades.

Durante toda la década, la preocupación prioritaria fue perfeccionar los métodos de producción de I-131. Históricamente fue el de mayor demanda: se consumía 9 veces más I-131 que P-32 (fósforo), el segundo en demanda. El yodo desde las primeras importaciones hasta 1971 estuvo siempre sobre el 60% del total de la demanda, además de ser el radioisótopo con el que se marcaba la mayoría de los compuestos. Estas fueron las condiciones por las cuales comenzar la producción local de yodo fue prioritario.⁶⁴

1967 fue también un año agitado. A la inauguración del RA-3, se sumaron otros hechos de importancia. En conjunto con la Junta de Energía Nuclear de España (JEN), la CNEA redactó las normas y especificaciones para los radiofármacos⁶⁵ producidos por ambas instituciones.⁶⁶ El antecedente a esta colaboración es de 1963, año en que los procedimientos de calibración y control fueron recopilados en un manual de uso interno. La JEN estaba redactando un material similar, por lo cual decidió ofrecer una colaboración para preparar la guía de estándares que finalmente se publicó en 1970. Este manual fue adoptado por la Asociación Latinoamericana de Sociedades de Biología y Medicina Nuclear para su aplicación en América Latina.

Además, en el marco de la Gerencia de Energía, se creó el Comité Coordinador de Aplicaciones, cuyo objetivo era establecer fuertes acciones de promoción, no sólo en medicina (donde el uso de radioisótopos estaba bastante difundido), sino en agricultura e industria. En cuanto a las aplicaciones médicas, “sería largo enumerar en esta Memoria las numerosas técnicas y trabajos que está desarrollando el grupo médico”. No obstante ello, menciona algunas, entre las cuales se destaca la de “asesoramiento técnico sobre proyecto de convenios y plan de suministro de material radiactivo con descuento”. Esto habla de una profundización en la estrategia institucional de promoción y comercialización (CNEA, 1967a).

Para 1970, la demanda continuaba en ascenso: 20% en cantidad despachada, aunque más del 25% en términos de facturación. Sin embargo, se explicita que

⁶⁴ Relaciones elaboradas a partir del análisis de los datos presentados en las memorias institucionales del período.

⁶⁵ Alternativa para denominar a las moléculas marcadas: se trata de una molécula específica unida a un átomo radiactivo. La molécula específica determina la ruta metabólica y el elemento radiactivo permite la detección externa de la biodistribución del radiofármaco dentro del organismo.

⁶⁶ La relación se formalizó en el Acuerdo CNEA-JEN, firmado en la Ciudad de Buenos Aires el 20 de julio de 1966. No obstante, en dicho texto no se especifica un trabajo conjunto sobre estandarización.

ESPAÑA y ARGENTINA firman un convenio nuclear

BUENOS AIRES, 21. --- Revistió caracteres de un auténtico acto de confraternidad argentino-español, la firma del convenio de colaboración concertado entre la Comisión Nacional de Energía Atómica y su similar la Junta de Energía Nuclear de España, que tuvo lugar en las primeras horas de la tarde de ayer en la sede central de la entidad oficial.

MANUAL DE ORGANISMOS DE ENERGIA ATOMICA DE ESPAÑA Y ARGENTINA

Buenos Aires 23. Acaba de aparecer un manual titulado «Especificaciones y normas de radiofármacos», dirigido a todos aquellos profesionales que emplean material radiactivo destinado a su utilización en seres humanos.

El manual ha sido publicado conjuntamente por la Junta de Energía Nuclear de España y la Comisión Nacional de Energía Atómica de la Argentina, dentro del acuerdo de cooperación oportunamente firmado por los presidentes de ambos organismos, doctor José María Otero Navascués y contraalmirante Oscar A. Quihillalt, respectivamente.—*Efe.*

El señor Otero Navascués habló a la Prensa argentina sobre la realidad española en materia de energía

“El presupuesto anual del organismo a mi cargo—señaló el doctor Navascués—es de 720.000.000 de pesetas, aportando el Estado el 75 por 100 de esa cifra.” (“En la Argentina—informó Quihillalt—ese presupuesto se eleva a 1.500.000.000 de pesos.”) Respecto al número de técnicos y de personal de toda índole, en España suman 300 los primeros y 2.400 los segundos, en tanto que en la Argentina el cuadro de técnicos se acerca a los 600 y el personal, a 2.500.

Coincidieron los dos presidentes de los organismos nucleares en la absoluta necesidad de conservar a todo trance al elemento técnico en sus respectivas naciones, evitando así un éxodo. “Esta gente hecha en la tarea científica constituye una riqueza fabulosa.”

Se refiere a las aplicaciones pacíficas en este campo de la técnica e investigación

TERMINOS DEL ACUERDO

El acuerdo de colaboración entre la Comisión Nacional de Energía Atómica de la Argentina y la Junta de Energía Nuclear de España suscrito en la sede de la C.N.E.A., compromete a las partes a prestarse asistencia recíproca y colaboración científica y técnica, con la finalidad de contribuir al desarrollo en ambos países de las aplicaciones pacíficas de la energía nuclear.

Consta de siete títulos y diversos capítulos, en los que se establecen las líneas generales y las modalidades particulares que regirán para cada tema específico. Su duración es de diez años, período renovable por acuerdo de las partes.

En sus aspectos generales, el convenio abarca los siguientes sectores de colaboración:

La investigación fundamental y los desarrollos tecnológicos en los campos de la física, la química, la electrónica, la biología y la metalúrgica.

Los estudios sobre materias primas nucleares en el ámbito geológico minero, químico y metalúrgico.

La protección sanitaria y problemas de seguridad en las instalaciones nucleares.

El intercambio de informaciones y personal especializado.

La utilización recíproca de equipos e instalaciones.

El intercambio de equipos minerales, materias primas, materias fisibles especiales y materiales irradiados.

La formación de grupos comunes de trabajo.

La organización de seminarios científicos sobre cuestiones de interés común.

este crecimiento podría haber sido mayor si las obras del RA-3 hubiesen sido finalizadas en ese año (CNEA, 1972).

Por último, y antes de comentar la puesta en marcha del RA-3, reproducimos a continuación una tabla con la demanda de radioisótopos en el período 1961-1970.

Tabla 3. Producción local y consumo total de radioisótopos en Argentina (1961-1970).

Año	Producción	Consumo (excluidas las fuentes de radiación)		Usuarios		
	Actividad total (en curies)	Cantidad de envíos despachados	Actividad total (en curies)	Centros industriales y comerciales	Centros de asistencia e inv. médica	Profesionales autorizados*
1961	1,7	1002	48,5	27	83	316
1962	3,4	1329	38,5	38	93	395
1963	4,5	1379	43,3	45	114	502
1964	4,7	1634	57,1	50	129	562
1965	6,8	1876	58,0	54	153	670
1966	10,7	2201	53,8	57	197	715
1967	10,2	2692	67,3	62	217	773
1968	20,2	3385	85,2	71	243	829
1969	7,6	3901	97,7	82	270	899
1970	13,8	4579	117,5	89	290	975

Fuente: CNEA, 1972.

* Profesionales autorizados cumpliendo funciones en los Centros industriales y comerciales, o bien, en los Centros de asistencia e investigación médica

De esta tabla se desprende que, en el período, el consumo de radioisótopos creció prácticamente un 250%. Si se observa la cantidad de envíos despachados, el aumento es mucho más significativo: más del 450%. En concordancia, la cantidad de usuarios se triplicó, ya sea cuantificando centros o profesionales. Por último, en la tabla podemos notar el peso de la producción local: analizando los datos en curies, en 1961 sólo el 3,5% era producido por CNEA, en 1968 la producción local alcanzó un pico del 23%, pero volvió a caer nuevamente en 1970 al producir sólo el 12% del total.⁶⁷ Esta ecuación se invirtió al año siguiente.

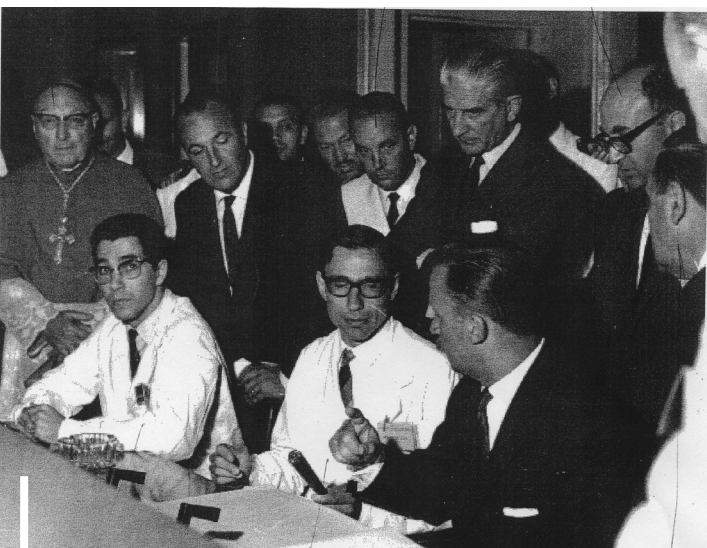
⁶⁷ No se ha podido obtener una comprobación documental, pero probablemente el pico protagonizado en 1968 responda a la producción de algún compuesto de alta actividad específica.

PROXIMA ENTRADA EN SERVICIO DEL CENTRO NUCLEAR ARGENTINO DE EZEIZA

SE INTENTA PRODUCIR RADIOISOTOPOS EN CANTIDADES MASIVAS

MADRID, 4.—Me atrevería a afirmar que Argentina tiene hombres más preparados que nosotros en muchos campos— ha manifestado a un redactor de la agencia "Efe", don Miguel Barrachina Gómez, experto español en la producción de radioisótopos, que acaba de regresar a Madrid, después de una estancia de tres meses en aquel país como asesor de la Comisión Nacional de Energía Atómica argentina, para proyectar y construir ciertos servicios necesarios para producir radioisótopos en cantidades masivas. El propósito argentino es incluso exportar al mercado hispanoamericano.

Diario de Las Palmas, 4 de enero de 1966, página 23.



Inauguración del reactor, con la presencia del Presidente de Facto Juan Carlos Onganía.

Fotografía: Archivo CNEA / Gentileza Rafael Castro

EZEIZA

Fue Inaugurado Ayer
el Centro Atómico;
Asistió el Gral. Onganía

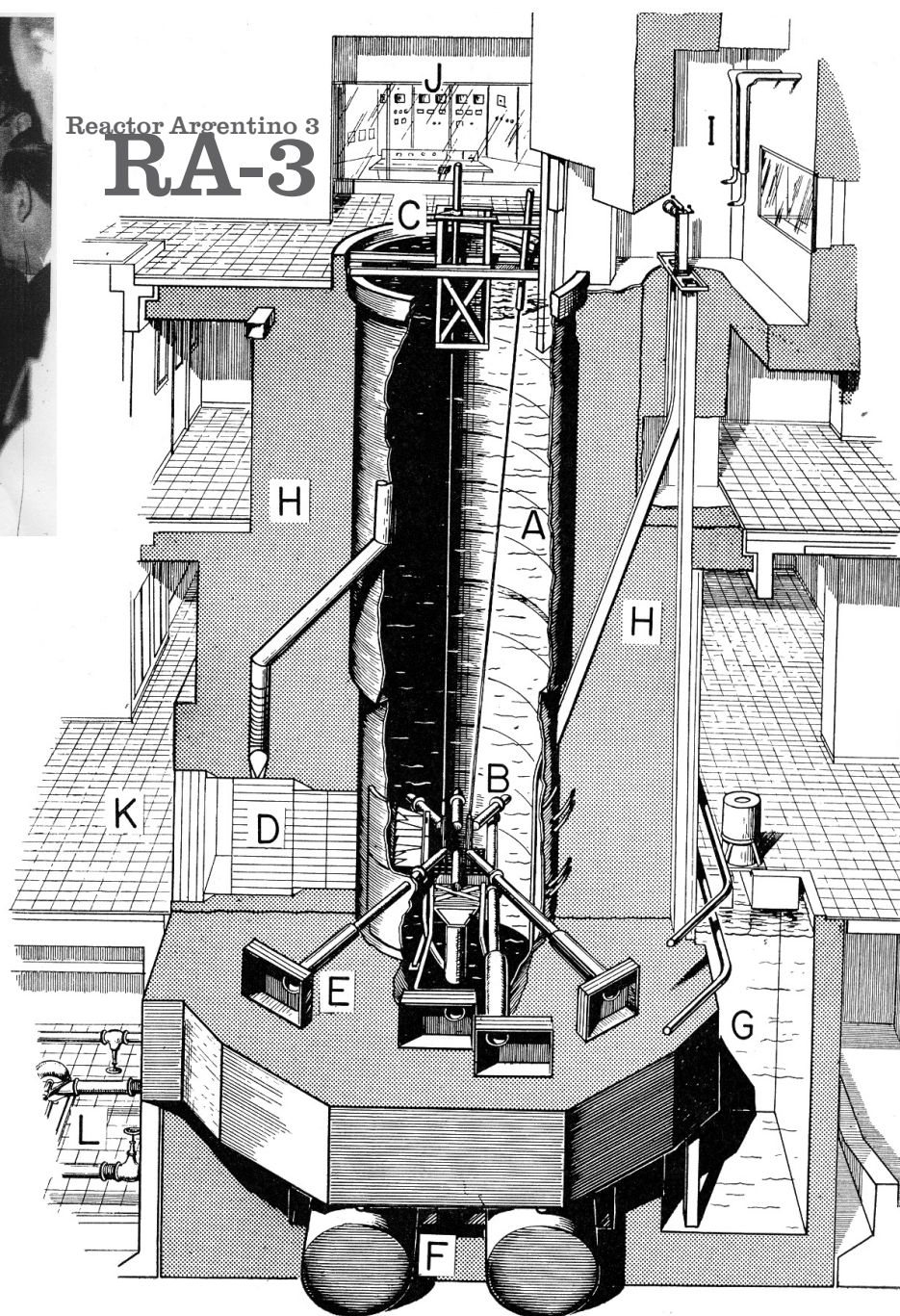
EL PRESIDENTE de la Nación llega en helicóptero al Centro Atómico Ezeiza, que fue inaugurado ayer en ceremonia de la que participaron personalidades científicas extranjeras especialmente invitadas por nuestro gobierno. (Información en la página 16)

«El acto de inauguración de la primera etapa del Centro Atómico Ezeiza, del cual el reactor RA-3 era la instalación más significativa,

evidenció el contexto nacional e internacional del momento. Fue presidido por el Presidente de la Nación, Gral. J.C. Onganía, el Cardenal Primado A. Caggiano, el Gobernador de la Provincia de Buenos Aires Gral. F. Imaz, ministros, embajadores, los presidentes de las Comisiones de Energía Atómica de Brasil, Israel y Chile y el representante de EEUU, L. Saccio.»

(Briozzo, et. al., 2007)

Reactor Argentino 3
RA-3



TANQUE DEL
REACTOR RA-3
Corte esquemático
(CNEA, 1967b)

A. Tanque principal
B. Núcleo
C. Mecanismo barras de control
D. Columna térmica
E. Conductos de irradiación
F. Tanques de decaimiento

G. Pileta de decaimiento
H. Blindaje de hormigón
I. Celda caliente
J. Sala de comando
K. Hall de experimentación
L. Sala de bombas

Inversión de la ecuación

El 20 de diciembre de 1967, se puso en marcha el RA-3. Días más tarde se distribuyó entre la prensa nacional y extranjera un folleto descriptivo de las instalaciones (CNEA, 1967b). Dicho documento estaba encabezado por un texto firmado por Quihillalt que resume algunos conceptos centrales para este trabajo.

Desarrollo autónomo, relación Ciencia-Industria-Estado, inversión, industria industrializante:

El nuevo instrumento no supone un especial avance en cuanto a la tecnología de reactores se refiere, pero sí un paso adelante en cuanto al logro de experiencia propia y al desarrollo de nuestras facultades. Implica también la apertura de nuevos cauces a la industria nacional y un estímulo para su perfeccionamiento, pero sobre todo, implica fe en nosotros mismos.

Es probable que ante un frío análisis económico pueda argüirse que el costo del reactor ha resultado bastante mayor que el calculado en las estimaciones previas del proyecto original, como asimismo, que se haya demorado en realizarlo más tiempo del previsto.

Pero también es cierto que a ese análisis escaparían ciertos imponderables de muy difícil evaluación cuantitativa en el momento actual, que compensan ampliamente lo invertido y cuya trascendente significación podrá apreciarse recién en el futuro.

Esos imponderables están dados por los beneficios intangibles que a largo plazo reeditúan estas obras, en áreas que aparentemente no les están directamente relacionadas, tales como son la expansión de las industrias de base, la capacitación tecnológica, la investigación científica y técnica, el integral aprovechamiento de los recursos naturales y, en suma, la modernización del país.

No obstante, la frase que define el estilo que pretendió la conducción de la CNEA es la siguiente:

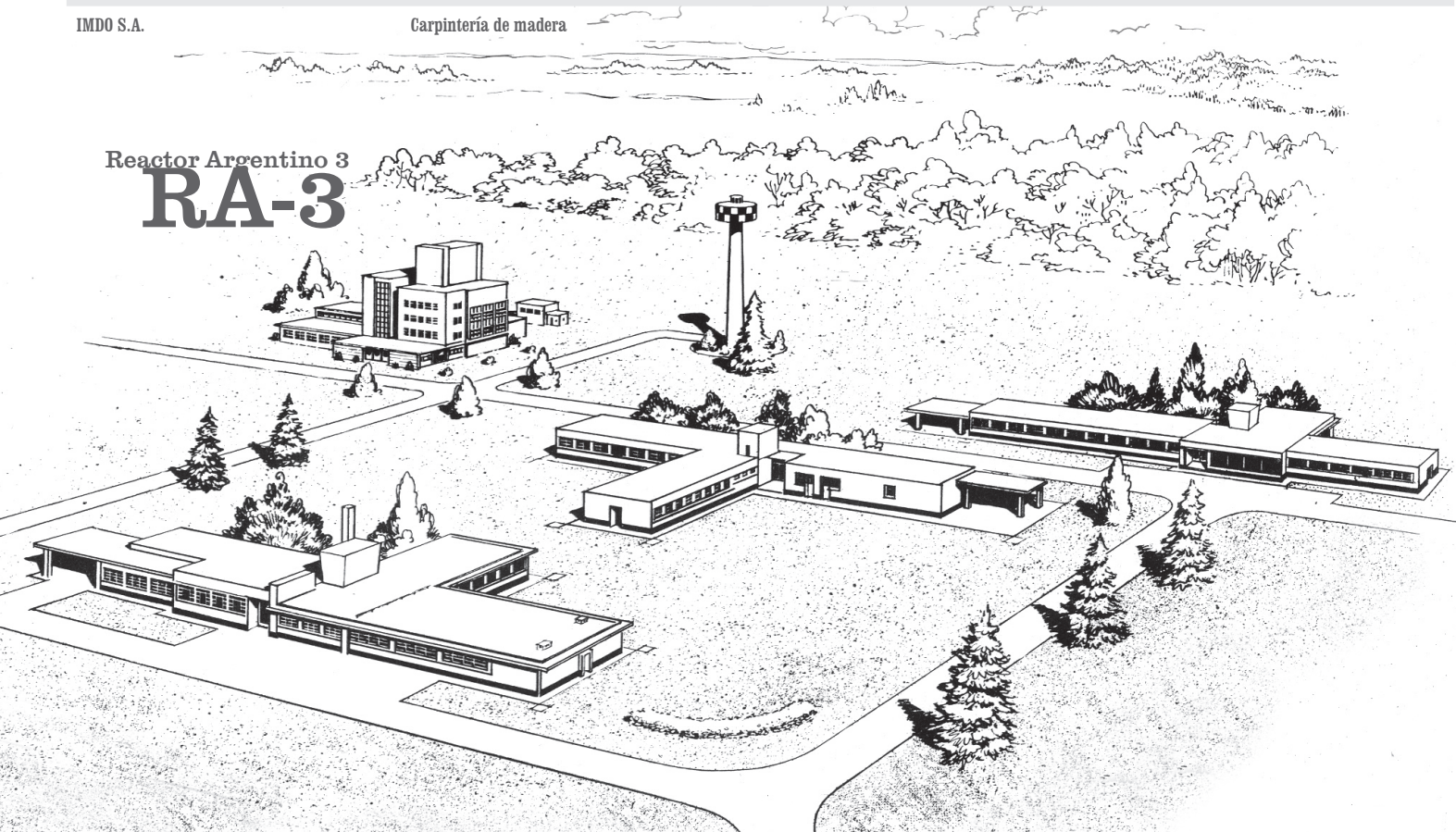
En el proceso evolutivo de la industria nuclear, como en el de cualquier otra gran industria nueva, hay etapas necesarias y obligadas a cumplir, si se quiere alcanzar esa experiencia propia a que nos referimos y que constituye la base de todo progreso. Porque, insistiendo en este concepto, experiencia es por definición “práctica y observación”, cosas que no se pueden comprar ni pedir de prestado.

En las últimas dos páginas del folleto se listan las 67 “Empresas que han participado en la construcción del RA-3”, que aplican a rubros tan diversos como el pulido de pisos y las cortinas americanas hasta la electrónica de control y las bombas centrífugas de acero inoxidable.

El RA-3 se inauguró con una potencia de 0,5MW. Durante 1968 se completaron los trabajos en los detectores de radiación, en los blindajes y en el segundo circuito de refrigeración. Finalmente, en 1969 el reactor comenzó a operar

Empresas que han participado en la construcción del RA-3 (CNEA, 1967b)

ACEROS SIMA S.A.I.C.	Barras redondas - material de hormigón.	IMPERTOID (ARGENTINA) S.A	Pisos aislantes.
ADELCO S.A.I.C.A.	Cortinas americanas.	INDUSTRIAS PIRELLI S.A.I Y G	Conductores y cables coaxiles.
AGAR CROSS & CIA Cº LTDA.	Bombas centrífugas de acero inoxidable.	IRUMA S.A.I.C.F.I	Bombas hidráulicas.
ALDO FRESCHI	Pulido de pisos.	ISOLIT S.R.L	Revestimientos y pisos especiales.
ARREITA Y CABANNE S.R.L.	Electricidad.	JUAN PERISSINOTTI	Bornes de interconexión.
AUTOMATIC SPRINKLERS ARGENTINA	Torres de enfriamiento.	LEYDEN ARGENTINA	Capacitores electrolíticos.
BAVA, SEERY Y LIJTMAER S.A.I.C Y F.	Empresa Constructora.	LUIS SOLARI Y RAMON CASEREZ	Colocación de pisos y revestientos.
BOHOGU Y LANZA S.R.L.	Instalación termodinámica.	LUIS VARGAS	Pintura
BRUNO SCHILLIG	Medidores de caudal.	MADERERA CONSTRUCTORA RUIZ S.R.L	Carpintería de madera.
CALERA “VILLA DEL PARQUE” S.R.L.	Materiales de construcción.	MARSETTI S.R.L	Materiales de construcción.
CAMEA S.A.	Perfiles de aluminio.	METALURGIA GIACOBINO Y CIA	Carpintería metálica.
CARLOS IERMAN Y ARMANDO BARRASA	Frentistas.	MILOZ, GUTIERREZ Y MILLEFANTI	Carpintería metálica.
CELOCROM S.A.I.C.	Antióxidos.	MONTES DE OCA HNOS Y CIA S.R.L	Obras sanitarias y gas.
C.I.M.E.T.	Cable coaxil.	NONIS Y CIA S.R.L	Mosaicos.
CLERIS Y NIKLISON	Obras sanitarias.	ORGANIZACIÓN CAX I.C.F	Materiales de construcción.
COAMCO S.A.	Empresa Constructora.	OTIS ELEVATOR COMPANY	Ascensores.
COMPAÑÍA ARGENTINA DE MEDIDORES S.A	Relevadores industriales.	PHILIPS ARGENTINA S.A	Componentes de los equipos electrónicos de control.
CONSTANTA S.A.	Resistores de carbón depositado.	PLASTIDUCTO	Tubos de polietileno.
DEGREMONT S.A.	Desmineralización de agua.	RENCA	Registadores potenciométricos.
DROSA S.A.	Medidores de caudal.	ROSMAR	Instrumentos de panel.
DUTECNIA S.A.	Tratamientos especiales de pintura.	R.Y.C.A S.A	Cielorraso acústico.
EL HORNERO S.R.L.	Materiales de construcción.	S.A.I.M S.A.I.C	Instalación termodinámica.
EMAG S.R.L.	Válvulas de acero inoxidable.	SAIRE S.A.C.I	Aire acondicionado y ventilación.
ENCAR	Luces de señalización.	SCHMIDBERG Y FISZER S.R.L	Empresa Constructora.
ERNESTO SCHEER	Empresa Constructora.	SCHMIDT	Bombas centrífugas de acero inoxidable.
FAPESA S.A.I y C.	Componentes de equipos electrónicos de control.	SERRANO S.A.C.I e I	Materiales de construcción.
FAUSTINO G. ROMO	Carpintería metálica.	SIEMENS ARGENTINA S.A	Interruptores automáticos.
FITZNER HNOS	Tubería de acero inoxidable.	SODINEL	Tableros eléctricos y pupitres de comando.
FLORCALDE S.A	Caldería de acero inoxidable.	STANDARD ELECTRIC ARGENTINA	Relevadores.
FRANCISCO VISSANI	Vidrios.	TALA S.R.L	Materiales de construcción.
GERMAN BIANCO S.A.I.C.I.A.G.	Marmolería.	TELESPEAKER	Intercomunicadores.
GIMENEZ HNOS.	Yesería.	TOPECO VICTORIO MOLTRASIO E HIJOS S.A	Resistores de alambre.
IGGAM S.A.I.	Materiales de construcción.	VICTORIO MOLTRASIO E HIJOS S.A.	Mosaicos y revestimientos.
IMDO S.A.	Carpintería de madera		



regularmente, a una potencia máxima de 2,5MW (Briozzo, et al., 2007; Briozzo, 2010).

El ejercicio 1971 ha marcado un considerable progreso en esta actividad. Por una parte se ha logrado la habilitación parcial de los nuevos laboratorios de producción del Centro Atómico Ezeiza y la construcción a plena escala y la puesta en marcha en el mes de abril del primer recinto completo para la producción del I-131. Ello ha permitido cubrir, mediante el despacho de 1.450 envíos por un total de 62,6 Ci, el 67% del consumo nacional anual de este radioisótopo. (...) Cabe destacar que por primera vez la cantidad de material radiactivo producido en el país, en este ejercicio, supera la del material importado (CNEA, 1973).

La ecuación se invirtió con puesta en marcha del RA-3: los radioisótopos que antes debían importarse comenzaron a ser producidos en el país.

Varios factores influyeron en el éxito de la empresa: las sólidas bases del grupo inicial de radioquímicos, que infundió un modo de trabajar y de concebir el proyecto institucional, la experiencia acumulada en metalurgia y electrónica a partir de la construcción nacional de reactores y la continuidad institucional que marcó la presidencia de Quihillalt durante casi dos décadas, logrando atravesar diversas crisis políticas y económicas y la gestión de ocho presidentes nacionales.⁶⁸

Médicos

Al comienzo de este capítulo se prometió el desarrollo de tres núcleos temáticos, organizados en torno a la radioquímica, los reactores y el tratamiento y diagnóstico médico. Una vez completados la descripción y el análisis de los dos primeros, es el momento de los médicos.

Con posterioridad a la experiencia pionera en Mendoza, el papel protagonizado por los médicos que comenzaron a interesarse por la utilización de radioisótopos fue como “usuarios”. Ya sea que estuvieran realizando

⁶⁸ Tras tres años al frente de la CNEA, Quihillalt fue reemplazado en 1958 por el Almirante Helio López. Un año y medio más tarde, Quihillalt asumió nuevamente la dirección de la CNEA y, desde entonces, el grupo ejecutivo a cargo se mantuvo casi intacto hasta 1973, situación que hizo posible cierta continuidad del programa nuclear, aun durante el cataclismo que sacudió las actividades de investigación y desarrollo en las universidades públicas luego de la llamada “noche de los bastones largos”, en julio de 1966 (Hurtado de Mendoza, 2005b). Del mismo modo, véase Poneman, 1982 y Redick, 1972.

investigación o diagnóstico y tratamiento de pacientes, a la CNEA se acercaban con inquietudes puntuales, que no sabían si podrían resolverles.

La CNEA estableció tempranamente convenios con centros médicos de Capital Federal y algunos lugares del interior para provisión de radioisótopos, equipamiento y asistencia técnica. Puntualmente con el Hospital de Clínicas de la UBA, la relación se vio fortalecida por distintos acuerdos (abastecimiento de radioisótopos, equipamiento, recursos humanos), y por la proximidad geográfica, que hizo que el intercambio se hiciera mucho más fluido. Una decisión importante en este sentido es que la CNEA estableció que los médicos que se incorporaban a la institución debían desarrollar sus tareas y proyectos en los centros médicos, cerca de los enfermos, donde pudieran aplicar efectivamente las nuevas herramientas (Mayo, 2008).

A partir de la preocupación normativa de la CNEA, como se ha visto en el Capítulo “La institucionalización temprana”, los médicos debían realizar cursos de especialización, impartidos fundamentalmente por integrantes del grupo de radioquímica y algunos físicos. Para los integrantes de una disciplina con una trayectoria importante en Argentina como es la medicina, la obligación de realizar estrictos cursos impartidos por jóvenes a quienes no percibían como pares, significó en muchos casos la aparición de intensos focos de tensión. A partir de los relatos, tanto de docentes como de alumnos, se puede afirmar que luego del impacto inicial generado por la impartición de matemática y física puras, los médicos comprendían la importancia de tales contenidos y, en general, la totalidad de los cursantes pasaban con éxito los exámenes.

Ya en la década de 1960, con los primeros egresados de los cursos, las acciones de difusión y el crecimiento generalizado de la especialidad, se percibe una mayor interdisciplinariedad, la cual es observada en varios elementos. Comenzó a ser común que los egresados de los cursos, por un lado, fueran incorporados como personal de la CNEA destinados en centros médicos, y por otro, que comenzaran a colaborar en el dictado de cursos posteriores.⁶⁹

⁶⁹ Se repitió la estrategia implementada en los primeros cursos de metalurgia y de reactores, en los cuales el equipo docente se reforzó con los primeros egresados.

Cancer Cure Seen in Atom

CHICAGO (U)—Atomic medicine apparently works beautifully to save children with cancer attacking the thyroid gland, a State University of Iowa physician said today.

The medicine is radioactive iodine, produced in an atomic furnace or pile.

EL CANCER A PUNTO DE SER VENCIDO

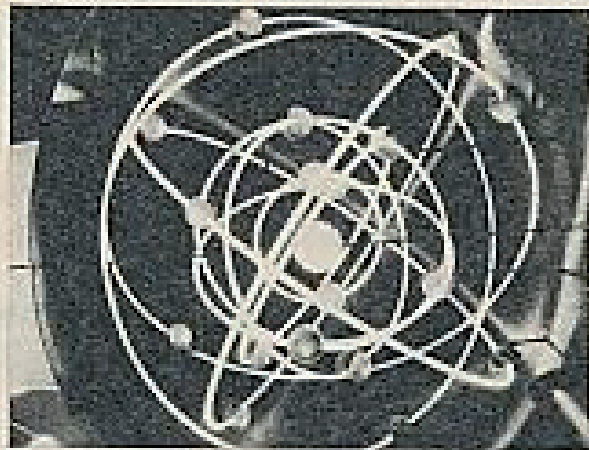
En el Hospital General de Boston se ha probado con este aparato una nueva técnica en la localización de tumores cerebrales. Se emplean unos detectores gemelos de centelleo que registran las radiaciones procedentes de una sustancia radiactiva inyectada al paciente y que se ha concentrado en el tumor.

BALANCE OPTIMISTA DEL CONGRESO INTERNACIONAL DE CANCEROLOGIA CELEBRADO EN MOSCU, AL QUE HAN ASISTIDO 5.000 ESPECIALISTAS DE TODO EL MUNDO

NEW WEAPONS IN THE CANCER FIGHT

REPORT ON
CANCER—No. 2

By A SPECIAL CORRESPONDENT



El ciclotrón, acelerador atómico que dispara los neutrones contra las células cancerosas.

Nuevo Método
Para Combatir
la Leucemia

Curación de cuatro
casos de leucemia
Fueron tratados en MADRID
con isótopos ingleses



ES PREMATURO HABLAR
DE CURACION DE LA LEU-
CEMIA : : : : : : :

MADRID, 15.—En relación con las informaciones publicadas de la curación de la leucemia, el periódico "Ya" publica hoy una carta del doctor don Godofredo Gómez Crespo, en la que dice que en el Servicio de Radioisótopos del Instituto Nacional del Cáncer tienen en tratamiento cuatro casos de leucemia crónica de forma mieloide, con resultados hasta ahora alentadores, pero hablar de curación es prematuro e inoportuno, dice el mencionado doctor. Añade que recibe docenas de cartas de pacientes angustiados, incluso un cablegrama de Argentina, pidiéndole detalles de un tratamiento, que no es útil a todos ni en todas las formas de leucemia.—(Cifra).

LA LUCHA CONTRA EL CANCER

"ATOMIC COCKTAIL"
AS CANCER CURE

MAPAS DEL CUERPO

Por medio de instrumentos medidores, basados en el principio del contador Geiger, ahora es posible hacer mapas de todo el cuerpo en los que se muestra la distribución interna de la dosis de isótopos radiactivos, administrados previamente. El mejor ejemplo que puede ponerse es el yodo radiactivo, que tiende a localizar en el lugar donde se concentra el yodo de ordinario, es decir, en la glándula tiroides. Ya con el empleo del yodo radioactivo se han alcanzado notables adelantos tanto en el diagnóstico como en el tratamiento de los tumores malignos.

Energía Nuclear - Cáncer y Magia

También debe mencionarse que la relación entre la CNEA y quienes “disponían” de pacientes debía necesariamente funcionar, ya que las aplicaciones médicas fueron durante mucho tiempo, y en parte siguen siendo, uno de los principales argumentos para justificar la siempre cuestionada actividad nuclear. Permítasenos un paréntesis respecto a la campaña mundial de promoción de los usos pacíficos de la energía atómica (“Átomos para la Paz”). El investigador español Alfredo Menéndez Navarro (2007, 2009) realizó un exhaustivo análisis del noticiero NO-DO,⁷⁰ poniendo el énfasis en las producciones audiovisuales que promovían la actividad nuclear. En este sentido, caracterizó la campaña mundial encabezada por Estados Unidos, en el marco de la cual se produjeron sólo entre 1954 y 1963 más de cien cortometrajes. Dice Menéndez Navarro (2009: 48-50):

Las aplicaciones médicas de la energía nuclear fueron una constante en la producción audiovisual ligada a esta campaña. Si bien las aplicaciones industriales fueron tratadas con mayor profusión, *los usos médicos se presentaron como el principal argumento para trasladar la imagen benefactora y neutral del átomo y ganar la confianza de la población* en la ciencia nuclear (Weart, 1988: 171-2).

La campaña de popularización tuvo su reflejo en los noticiarios cinematográficos. Por ejemplo, el noticiero norteamericano Paramount News incrementó en los años inmediatamente posteriores al lanzamiento de la campaña el número de noticias sobre fines pacíficos de la energía atómica, en detrimento de las relativas a sus usos militares, que predominaban antes de 1954 (Weart, 1988: 470). (...) Tras glosar las ventajas de la energía atómica en el ámbito industrial, el narrador sentenciaba «But perhaps it is the atoms' fight against suffering and disease that most strongly captures our imagination» antes de dar paso a secuencias de pacientes diagnosticados de patología tiroidea mediante el empleo de radioisótopos y contadores de centelleo y de otros sometidos a cobaltoterapia (...). La elevada prevalencia del cáncer fue otro argumento empleado para legitimar el recurso a estas tecnologías. Con frecuencia los cortometrajes presentaban casos concretos de pacientes en los que las técnicas nucleares permitían el diagnóstico de la dolencia cancerosa o su tratamiento, a través por ejemplo de la administración de ¹³¹I o el empleo de bombas de cobalto, reforzando la representación del cáncer como enfermedad tratable y/o curable con el concurso de las tecnologías médicas nucleares (Menéndez, 2007: 388).

Una de mis mayores sorpresas fue descubrir que las aplicaciones pacíficas de la energía nuclear, y las médicas entre ellas, también se popularizaron en cortometrajes de animación destinados a la población infantil y juvenil. Buena parte de este tipo de documentos se produjeron en colaboración con empresas norteamericanas con intereses en el sector nuclear. (...) *El patrón de representación, reiterado en otros productos destinados al público infantil, partía de la*

⁷⁰ El NO-DO (acrónimo de Noticiarios y Documentales) o nodo, tal y como lo registra el DRAE, era un noticiero que se proyectaba obligatoriamente en los cines españoles antes de la película. Se proyectó entre 1942 y 1981.



ATOMS FOR PEACE

"...the United States pledges before you -- and therefore before the world -- its determination to help solve the fearful atomic dilemma, to devote its entire heart and mind to find the way by which the miraculous inventiveness of man shall not be dedicated to his death, but consecrated to his life."

DWIGHT D. EISENHOWER
President of the United States

Addressing the General Assembly of
the United Nations, December 8, 1953



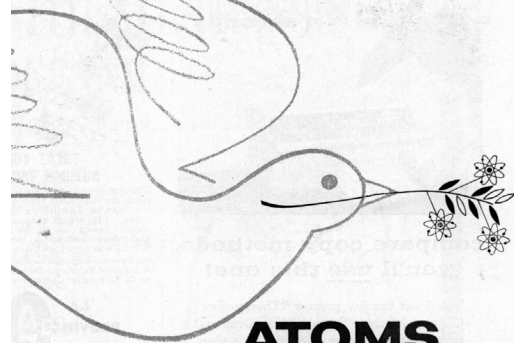
SUPPLEMENT TO
**Free
World**
VOLUME 1, NO. 6
JUNE - 1956

NUCLEAR REACTOR TOURS

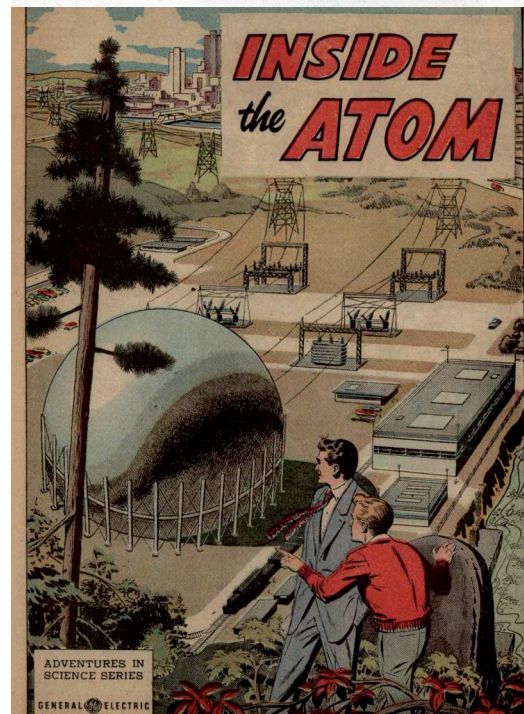
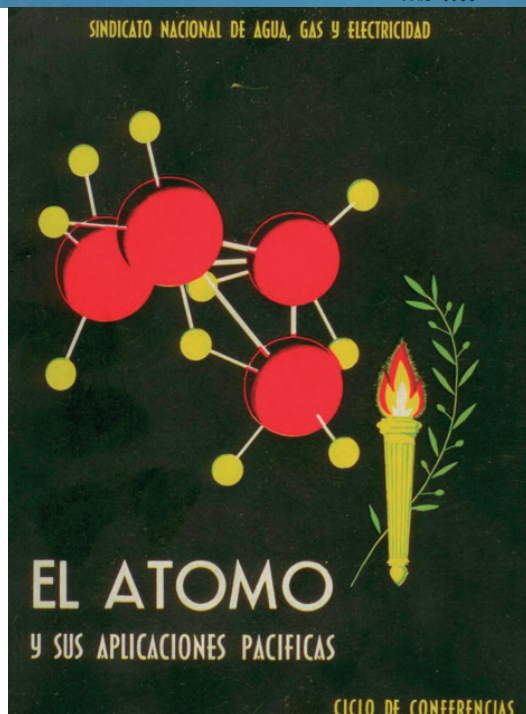
Saturday, October 28

Tours Promptly at 9, 10, 11 a.m

FREE TICKETS AT HUB DESK



ATOMS
FOR
PEACE



amenaza que para la humanidad representaban las explosiones atómicas, para posteriormente mostrar la capacidad de «la ciencia» para conocer y domar a la bestia, y convertir la fuerza del átomo en un poderoso aliado del ser humano.⁷¹

En el caso argentino, la difusión de las aplicaciones médicas también fue un objetivo estratégico central para la conducción de la Comisión, incluso con producción propia de contenidos para medios, lo cual en sí mismo merecería un exhaustivo análisis comunicacional aparte.

Así como la conducción de la CNEA estableció, en el marco de “Átomos para la Paz”, estrategias de difusión, los médicos -ocupados en resolver los problemas de sus pacientes y, por lo tanto, justificar su profesión- funcionaban como fuente de necesidades de los investigadores de la CNEA, quienes se retroalimentaban y también justificaban, en parte, la profesión y la institución.⁷²

La autonomía dependiente y el liderazgo en Latinoamérica

En este último apartado previo al capítulo final se presentan elementos de un análisis inicial sobre la formación de los recursos humanos de la CNEA, sobre la generación de espacios de legitimación y sobre el posicionamiento de Argentina en relación, por un lado, a las potencias nucleares y, por el otro, a los países con menor desarrollo atómico.

Viajeros

Al margen de los cursos implementados por la CNEA a partir del Reglamento de 1958, una de las políticas que mantuvo la CNEA en este período fue fomentar constantemente estancias de investigadores en el extranjero y la llegada de expertos de los países referentes en tecnología nuclear. Si bien es claro que esta política fue una decisión institucional explícita y no iniciativas particulares de investigadores, no es menos cierto que era estrictamente necesario generar acciones que canalizaran la inserción en el escenario

⁷¹ Las cursivas son propias.

⁷² En el próximo capítulo, que se dedica a las conclusiones, pero donde también se plantean nuevas preguntas, se comenta el abordaje futuro, que avanzará en el tiempo y que tendrá a los centros médicos en el centro del análisis.

nuclear mundial. En este sentido, es menester recordar nuevamente que, como expresión de política de internacionalización, Quihillalt en 1961 estuvo al frente simultáneamente de la CNEA, la Comisión Interamericana de la Energía Nuclear y el OIEA, organismo del que volvió a ser Presidente de la Junta de Gobernadores en 1967-1968.

En 1961, Quihillalt expresaba que la CNEA debió “fijarse una política clara, que contemplara, frente a la realidad nacional, los lógicos pasos sucesivos (...) en el aspecto fundamental de la formación del personal científico y técnico”:

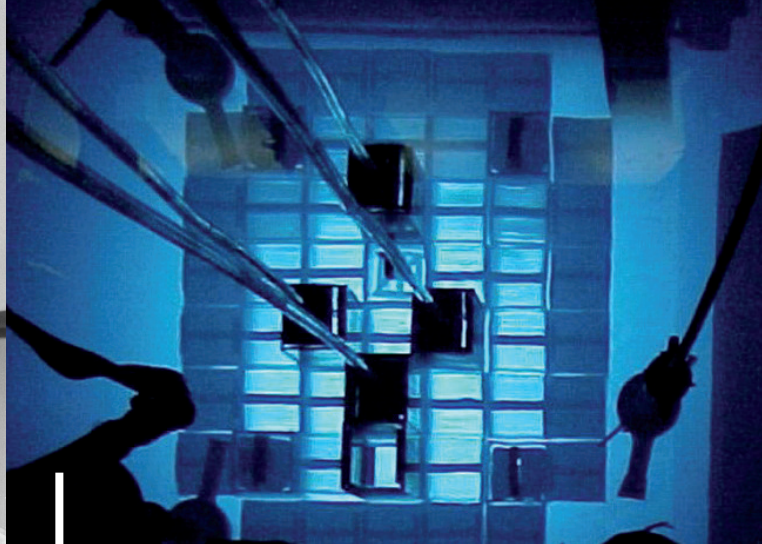
La escasez de personal especializado es un hecho común a todos los países que se embarcan en realizaciones de este tipo, y permite deducir que no es posible fundamentar ningún programa serio de trabajo en la materia sin contar con el potencial humano imprescindible. El hombre experto, en cada una de las especialidades que integran la compleja trama de la ciencia y la tecnología nuclear, es la unidad indispensable en la concreción de cualquier plan de acción.

La Comisión Nacional de Energía Atómica, con plena conciencia de este problema, no ha escatimado esfuerzo, y emplea todos los medios disponibles para formar y capacitar personal, tanto en el país como en el extranjero, aprovechando unas veces los frutos de esa vocación por la cosa nuclear despertada ya en el país, otras, promoviendo y creando facilidades para dar mayor énfasis a ese vuelco por lo atómico (Quihillalt en CNEA, 1961c).

En materia de formación, uno de los países de referencia era Francia. El Dr. Rafael Rodríguez Pasqués, por ejemplo, partió el día 29 de enero de 1959 para realizar estudios en el Centro Atómico de Saclay. “La duración de éstos será de seis meses y versarán sobre ‘Medición absoluta de radioisótopos’ y ‘Calibración de fuentes radiactivas’. El Dr. Rodríguez Pasqués obtendrá así información auxiliar para el programa de obtención industrial de radioisótopos en esta Comisión Nacional” (CNEA, 1959c). Algunos años más tarde, proveniente del mismo Centro francés, visitó la CNEA el Dr. Yves Cohen, en ese momento Jefe del Grupo de Estudios y Controles Farmacéuticos de Radioelementos y Profesor asociado de la Facultad de Farmacia de París. La visita la realizó en calidad de “asesor” de los Laboratorios de Control Farmacéutico de la Gerencia de Energía (CNEA, 1963a).

Las estancias de los investigadores argentinos en el exterior propiciaban la generación de vínculos, posibilitando la continuidad de los trabajos conjuntos. El Dr. Gregorio Baró permaneció un año en Amsterdam, becado por el CONICET en diciembre de 1958, para trabajar sobre “Efectos químicos

Reactor Argentino 3
RA-3



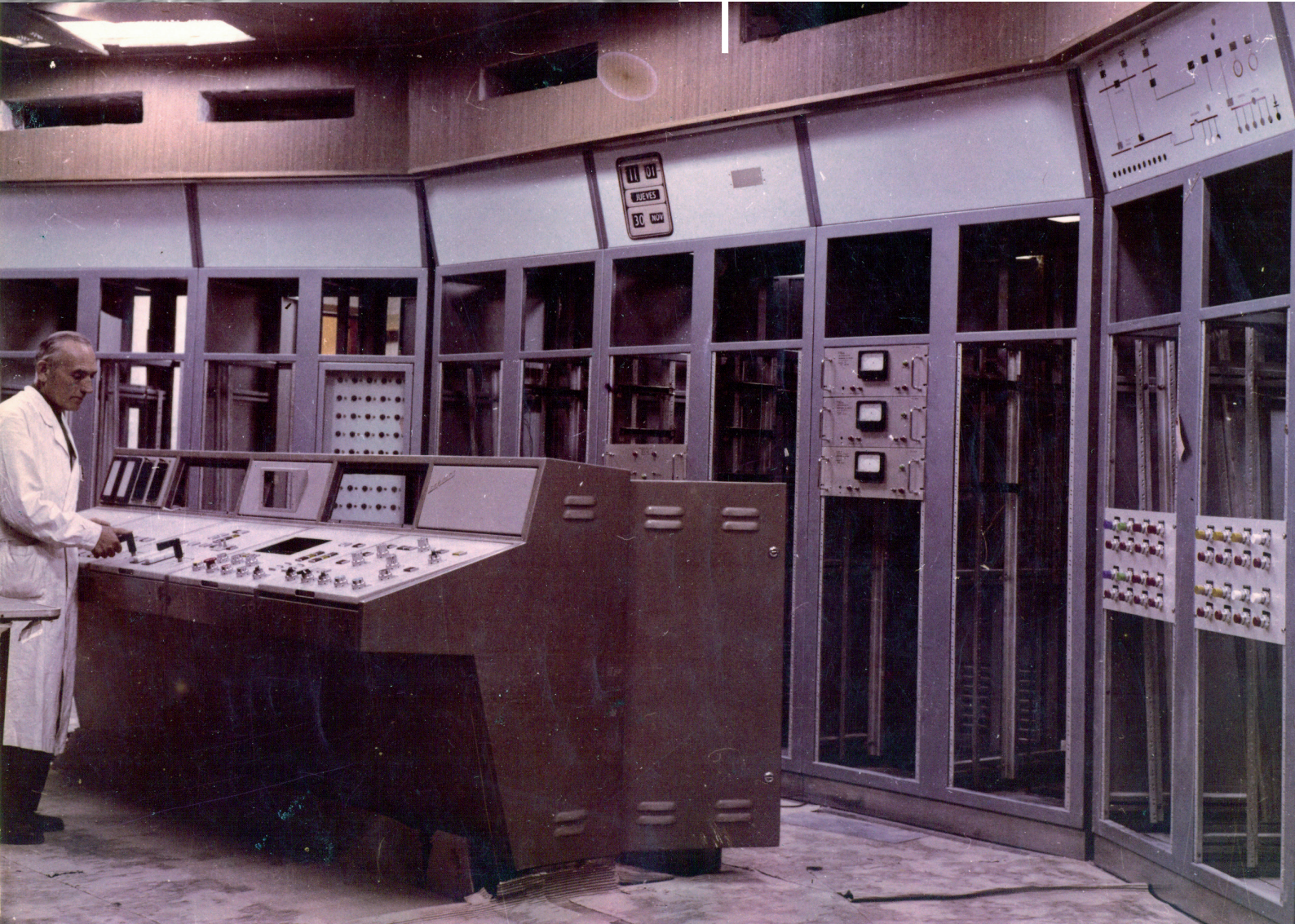
Izquierda: manipulación de las barras de control. Arriba: el núcleo del reactor en funcionamiento.

Fotografías: Archivo CNEA / Gentileza Rafael Castro



Tablero de control.

Fotografías: Archivo CNEA / Gentileza Rafael Castro



producidos por reacciones nucleares” bajo la dirección del Dr. Adrián Aten en el *Instituut voor Kernfysisch Onderzoek* (CNEA, 1958h). La relación con el Dr. Aten surgió porque la CNEA lo contrató -dos meses antes de la partida de Baró- para trabajar sobre “problemas de radioquímica y producción de radioisótopos en el reactor” en colaboración con los Departamentos de Reactores Nucleares, Química y Radioisótopos (CNEA, 1958i).

En relación a la llegada de especialistas, en un informe sobre los compuestos marcados con carbono-14 entre 1957 y 1969, los autores mencionan que entre esos años han recibido la visita de varios “científicos extranjeros que permanecieron un breve tiempo en nuestro laboratorio: Dr. N. Veall (Inglaterra), Dr. B. Tolbert (USA), Dr. Urch (Inglaterra), Dr. L. Pichat (Francia) y Dr. M. Tubis (USA)” (Buhler et al., 1970).

Otro de los becarios viajeros fue Victorio Pecorini, quien partió en enero de 1963 rumbo a Europa, becado por la CNEA, “para realizar en Italia (Centro Medicina Nuclear de Pisa), Bélgica (Lovaine) y Londres (Guag's Hospital) estudios de radiocardiografía, circulación periférica, flujo coronario (aplicación de radioisótopos)”. También Carlos Camistracchi, pero este becado por el OIEA, realizó estudios sobre “técnicas de radioisótopos en el Oak Ridge National Laboratory de los EEUU”, al igual que Manfredo Kopp, quien durante 1962 realizó un “curso elemental de radioisótopos”, también becado por el OIEA (CNEA, 1963b).

Del mismo modo en que se comunicaba la partida de becarios y la llegada de especialistas, se informaba acerca de la permanencia de “Expertos de la CNEA en el exterior”:

La Dra. MARIA PALCOS de ENQUIN desarrolló en la Paz -Bolivia- desde el 19 de julio al 29 de agosto, un curso sobre técnicas para el manipuleo de Radioisótopos. Utilizó para tal fin el Laboratorio Móvil que posee el Organismo Internacional de Energía Atómica. Dicho curso fue dictado también por el Dr. JUAN FLEGENHEIMER a partir del 16 de septiembre en Cochabamba y Santa Cruz (Bolivia). Los servicios de ambos profesionales fueron solicitados a esta Comisión por el Organismo Internacional de Energía Atómica (CNEA, 1963c).

En el mismo marco de “asistencia técnica”, se anunciaba la inauguración del Centro de Medicina Nuclear de Montevideo y que, “como expresión de reconocimiento hacia la CNEA, por la contribución técnica y en materiales

prestada para la creación del nuevo organismo, las autoridades del mismo invitaron especialmente a concurrir a la ceremonia a nuestro Presidente y otros funcionarios de la Institución”. Vinculada a esa información, al comunicarse la realización del 27º Curso de Metodología y Aplicación de Radioisótopos, se destacó que “asisten al mismo 18 alumnos, dos de ellos profesionales uruguayos que han sido becados por la CNEA (CNEA, 1966a). Caso similar -en términos de referencia regional- fue el del Curso Regional de Aplicaciones Médicas de Radioisótopos realizado en 1963, que fue organizado y dirigido por la CNEA con el auspicio del OIEA. “Participaron 17 médicos, de los cuales 12 eran extranjeros seleccionados por el Organismo Internacional de Energía Atómica y 5 profesionales argentinos seleccionados por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas” (CNEA, 1963d).

Vale como síntesis un reporte breve sobre “Comisiones” de investigadores en el exterior, en el cual, la utilización del lenguaje permite imaginar el posicionamiento institucional entre las potencias, por un lado, y los países emergentes (pero con menor desarrollo que Argentina), por el otro:

A Saclay (Francia), por 13 meses a partir del 10 de agosto de 1966, *para trabajar* como investigador en el Departamento de Radioelementos del Centro de Estudios Nucleares, Dr. Renato Radicella.

Al Uruguay entre el 20 y 22 de abril de 1966, *para ilustrar* a técnicos y profesionales del Centro de Medicina Nuclear de la Universidad del Uruguay, Dra. Maria Cristina Palcos de Enquin (CNEA, 1966b).⁷³

Este posicionamiento fue sostenido por todos los entrevistados para este trabajo, quienes recuerdan y disfrutaban -cincuenta años después- el “potencial nuclear argentino”. También por esos años, y para reforzar el imaginario de los trabajadores de la CNEA,

El Doctor JORGE VARELA, Jefe de Aplicaciones de Radioisótopos a la Medicina y Biología de esta Comisión Nacional, ha sido nombrado para ocupar un alto cargo científico-técnico en la División de Medicina del Departamento de Radioisótopos e Investigaciones del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). El Doctor VARELA tiene la misión de supervisar y asesorar acerca de los trabajos que realizan los Estados miembros de ese organismo y actuará, al mismo tiempo, en grupos constituidos especialmente para la investigación dentro de su especialidad (CNEA, 1964c).

⁷³ Las cursivas son propias, no originales.

Durante el período se informaba acerca de las actividades de los viajeros, quienes obtenían financiamiento de la CNEA, el OIEA y eventualmente del CONICET, y tenían destinos en los Estados Unidos, Francia, Holanda o Inglaterra, en el caso de estancias de formación, o varios países latinoamericanos para los casos en que se convocó a investigadores de la CNEA como referentes regionales.

Espacios de legitimación

Simposios, congresos, cursos y seminarios fueron los distintos ámbitos de legitimación creados presurosamente. En ellos, sobre todo en el ámbito interamericano, institucionalmente se alimentó la percepción de liderazgo argentino en América Latina. Se presentan aquí sólo algunos ejemplos.

En junio de 1959 se realizó en la Facultad de Ciencias Médicas de la UBA el II Simposio Interamericano sobre la Aplicación de la Energía Nuclear para Fines Pacíficos. La prensa destacó que “esta importante reunión que se desarrolló durante el curso de esa semana fue patrocinada por la Comisión Nacional de Energía Atómica de nuestro país y la Organización de los Estados Americanos (OEA) con el auspicio del gobierno de los Estados Unidos”, pero hace aún más énfasis en jerarquizar la sede, ya que “el primer Simposio se realizó en la ciudad de Brookhaven (Nueva York) en mayo de 1957” (CNEA, 1959d).

En 1963, se realizó en Montevideo la Primera Conferencia Interamericana de Radioquímica, que “respondió a la necesidad de promover el intercambio directo de información científica en la materia, a fin de facilitar la coordinación y el progreso de la investigación radioquímica en el continente”. La Conferencia contó con el auspicio de la Comisión Interamericana de Energía Nuclear y las Comisiones de Energía Atómica de la Argentina, del Brasil, de Estados Unidos y de Uruguay. “Se presentaron 50 trabajos -narra la crónica- de los cuales 24 fueron argentinos, correspondiendo el resto al Brasil, Colombia, Chile, EE.UU., Paraguay, Perú y Uruguay” (CNEA, 1963e).

En 1967, la CNEA fue sede del Primer Coloquio Argentino de Hormonas Tiroideas, organizado por la Asociación Argentina de Biología y Medicina

Nuclear. En la apertura, Quihillalt comentó los proyectos en marcha sobre producción y aplicación de radioisótopos y señaló que la CNEA “ha hecho todos los esfuerzos para capacitar cada vez más al grupo de profesionales involucrados, brindándoles las mayores facilidades a su alcance, facilitándoles el contacto con los medios extranjeros avanzados, ya sea favoreciendo la venida de destacados expertos extranjeros o bien enviándolos a los más famosos centros científicos del mundo, tratando siempre de solucionar sus problemas y de crearles el clima apto, con la menor burocracia posible, donde pudieran aprender más y enseñar mejor” (CNEA, 1967c).

El 23 de agosto de 1963 se fundó la Sociedad Argentina de Medicina Nuclear, encabezada durante toda esa década por profesionales provenientes de la medicina, marcando un hito fundacional de la institucionalización del campo.⁷⁴ En 1964 se realizó en Mendoza la primera reunión nacional, en reconocimiento a la tarea pionera encabezada por Perinetti. “Ya en esa reunión se determinó que, más que en otras ramas médicas, se daba la circunstancia de que se trataba de una especialidad en la que intervenían necesariamente profesionales de carreras no médicas, radioquímicos, físicos, radiofarmacéuticos, ingenieros, que cumplían tareas indispensables” (Rozados y Degrossi, 1999). Esta percepción implicó el cambio en la denominación de la Sociedad, la cual pasó a llamarse Asociación Argentina de Biología y Medicina Nuclear (AABYMN). Esta apertura hacia ramas no médicas impactó positivamente en la reunión de 1964, en Río de Janeiro, donde se discutía la creación de la Asociación Latinoamericana de Sociedades de Biología y Medicina Nuclear (ALASBIMN), que comprende a las Sociedades de Biología y Medicina Nuclear de Latinoamérica, España y Portugal. En esa misma línea de razonamiento, en el marco del 3º Congreso de la ALASBIMN, realizado en México en 1970, se creó la *World Federation of Nuclear Medicine and Biology* (WFNMB). El 4º Congreso Internacional de la WFNMB se realizó en Buenos Aires, en 1986, siendo la primera sede latinoamericana luego de Tokio (1974), Washington (1978) y París (1982).

⁷⁴ Presidente Honorario: Aldo Lanaro. Presidentes: 1963, Jorge Varela; 1964-65, Héctor Forcher; 1966, Francisco Díez; 1967, Victorio Pecorini; 1968, Osvaldo Degrossi; 1969, Osvaldo Betti.

Autonomía dependiente: relación con EEUU y el OIEA

Por último, se presenta aquí la ambigua relación de Argentina con las potencias nucleares y el OIEA, en esa disyuntiva entre posicionamiento político y desarrollo autónomo en un país periférico.

Luego del proceso de reorganización de 1956, la conducción de la CNEA - Quihillalt primero, López luego, y nuevamente Quihillalt- comprendieron que las Conferencias de Ginebra habían abierto las puertas de la cooperación internacional, aprovechando las posibilidades surgidas de la participación en el OIEA y de los convenios bilaterales firmados con muchos países (Crespi, 1981).

Ya se ha mencionado en este trabajo que el Presidente de la CNEA, Oscar Quihillalt, en 1961 protagonizó un curioso hecho al presidir simultáneamente la CNEA, la Comisión Interamericana de Energía Nuclear y la Conferencia General del OIEA. En 1966 volvió a estar al frente de la Comisión Interamericana y en 1967 fue electo Presidente de la Junta de Gobernadores del OIEA. “Esta elección, como lo comentó el periodismo en su oportunidad, constituye un evidente reconocimiento de la activa participación de nuestro país en el campo de la cooperación internacional relativa a la utilización pacífica de la energía nuclear y del alto nivel tecnológico alcanzado por la Argentina en los temas atómicos” (CNEA, 1967d). Evidentemente, en la década de 1960, las relaciones políticas con los organismos internacionales eran positivas. En ese marco, no se escatimaban líneas de texto para reconocer el protagonismo otorgado a la institución argentina. Por ejemplo, en este artículo sobre el décimo aniversario de la creación del OIEA:

No puede dejar de mencionarse, para completar esta reseña, el apoyo y la permanente colaboración que el OIEA brinda a nuestro país para el desarrollo de su programa nuclear.

Justo es mencionar que la Argentina es uno de los países más beneficiados por la ayuda del Organismo Internacional, tanto por la magnitud de las inversiones que representa, como por la diversidad de los campos en que ésta se ejercita.

Dicha acción, rápidamente enumerada, comprende: la capacitación y el perfeccionamiento de nuestros profesionales en lo más avanzados centros mundiales de energía atómica, a través del programa de becas del OIEA; el envío de misiones y profesores visitantes que vienen al país con iguales fines; el asesoramiento y la cooperación de sus científicos y expertos, en el desarrollo de programas de trabajo o investigación; la cesión de equipos, instrumental y materiales; y finalmente la difusión de la información y experiencia recogida por el OIEA en todas sus áreas de labor (CNEA, 1967e).

En el orden de los trabajos a desarrollar en las sesiones plenarias de la Conferencia Atómica para la Paz, que se celebra en Ginebra, figuran las aplicaciones biológicas y médicas de la energía nuclear.

La Medicina atómica aprovecha la afinidad que muestran algunos "isótopos" radiactivos, suministrados al paciente, para fijarse con fines curativos en los órganos enfermos. Constituyen los "isótopos" las formas diversas de un mismo elemento químico. Por tener diferente número de neutrones, ofrecen, sin embargo, comportamiento radiactivo distinto. De los 96 elementos químicos conocidos pueden presentarse 300 isótopos estables y 500 solamente inestables.



Con el empleo de los radioisótopos se están logrando muy buenos resultados

LA ERA ATOMICA EN MARCHA

Los radioisótopos, aplicados en medicina, han proporcionado un gigantesco y seguro avance contra el cáncer, un arma poderosa: el radio-cobalto

También las industrias menores se benefician: Tinta radiactiva y adios a las neveras

Se dió a Conocer Ayer el Adelanto Obtenido Usando los Isótopos.-

MEXICO, 27 de noviembre. —AEE— Se dió a conocer hoy el adelanto que nuestro país ha obtenido en el tratamiento del cáncer, utilizando cargas diferidas de isótopos radiactivos. Ante expertos médicos, el doctor Edgardo Zavala, mediante la exhibición de una película de treinta minutos en color presentó las bases del tratamiento radiactivo que se está aplicando en México a los enfermos de cáncer y que ha obtenido excelentes resultados en el combate de esta temida enfermedad.

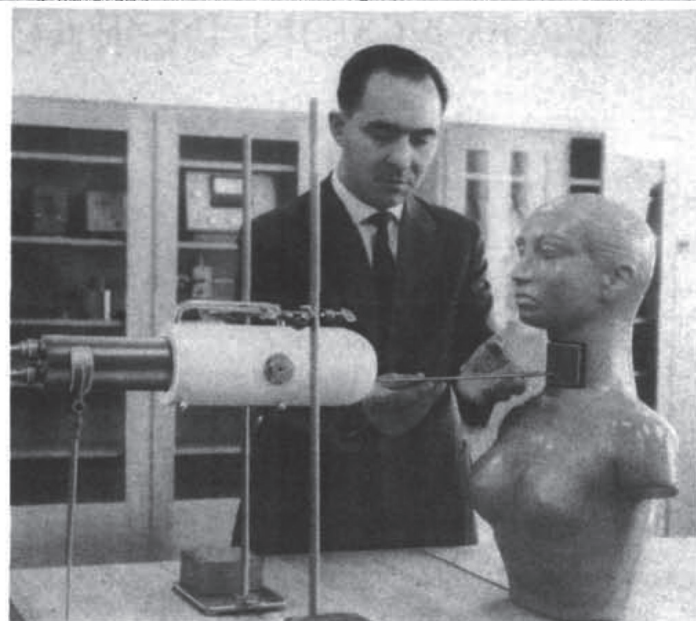
En la película, que fue traducida al inglés, francés y ruso, se trataron aspectos técnicos de la terapia de radiación del cáncer mediante la técnica de carga diferida de isótopos radiactivos.

LA CAPTACION DE RADIOYODO POR LA TIROIDES

LOS RADIOISOTOPOS

El resultado más importante de las nuevas investigaciones científicas

La comisión de energía atómica los suministrará a veintisiete países



El Dr. Gómez Crespo, funcionario científico del Organismo, que visitará varios países para unificar las mediciones de la captación tiroidea, midiendo la distancia entre la tiroides simulada de un maniquí y el cristal de un detector de centelleo

Por otra parte, si bien hasta aquí lo expuesto demuestra cierto liderazgo en el continente e, incluso, protagonismo en organismos internacionales, la relación con los Estados Unidos estuvo expresada claramente en términos de una evidente asimetría (propia de las relaciones centro-periferia).

Como ya fue comentado en el apartado que describe la construcción del RA-1, EEUU cedió los planos del reactor y puso a disposición sus instalaciones y recursos humanos para que formen al personal argentino involucrado en la construcción. El aspecto menos resaltado por la historiografía nuclear argentina es el acuerdo de exclusividad en la provisión de combustible nuclear norteamericano para el reactor en construcción.

Del mismo modo, la decisión de construir localmente el RA-3 fue rescatada generalmente como una muestra fehaciente de la política de desarrollo autónomo de la CNEA;⁷⁵ incluso, el “premio” de 350 mil dólares que la Comisión de Energía Atómica de EEUU le otorgó a Argentina por lograr la fabricación del RA-3, es en realidad un subsidio a ser pagado con uranio estadounidense y, lógicamente, un hecho que reforzó el acuerdo que vinculaba a Argentina con EEUU.

En este sentido, en diciembre de 1965, Quihillalt y su par estadounidense suscribieron en Washington las notas reversales destinadas a “intensificar la cooperación entre ambas entidades” (CNEA, 1966c). Dichas notas establecían diversos campos de acción en los cuales el rol de los “científicos” de la CNEA es de aprendices y el de los “expertos” estadounidenses es de “evaluadores”, “para autorizar el uso del uranio”, como “revisores” o funciones similares.

Algunos ejemplos. En el caso del desarrollo de reactores:

Uno o más científicos vinculados con el grupo de estudio del reactor de potencia argentino visitará los Estados Unidos por un período de aproximadamente dos semanas para consultar con personal de la USAEC y de contratistas sobre tecnología del ciclo de combustible de reactores.

Un experto o expertos de Estados Unidos en evaluación económica de ciclo de combustible visitarán la Argentina en una época a ser convenida por los coordinadores por un período de aproximadamente dos semanas, para consultar con el grupo de estudio del reactor de potencia argentino.

⁷⁵ Acerca de investigaciones que han puesto el foco en la cuestión del desarrollo autónomo, véase APCNEAN (2009); Briozzo, Sbaffoni, Harriague y Quilici (2007); González (1988b); Harriague, Sbaffoni, Spivak L’Hoste, Quilici, y Martínez Demarco (2008); Hurtado de Mendoza, (2005a y 2005b); Marzorati (2006a)

En materia de radiación y aplicaciones de radioisótopos:

Un experto de los EE. UU. en el diseño y operación de instalaciones de irradiación será enviado a la Argentina en una fecha mutuamente conveniente dentro de los próximos tres o cuatro meses, para revisar el programa argentino.

La CNEA podrá enviar una o más personas a los EE. UU. para entrenamiento en la preparación de la operación de operaciones de irradiación en la Argentina.

O en biología y medicina:

La USAEC está preparada para recibir propuestas de científicos de la Argentina para trabajos de investigación a llevarse a cabo en la Argentina apoyados por la USAEC. Estas propuestas serán consideradas dentro de las limitaciones presupuestarias existentes de acuerdo con el criterio siguiente: 1) condiciones exclusivas para la investigación; 2) capacidad exclusiva del investigador; 3) grado de interés programático.⁷⁶

Como ha sido mencionado al comienzo del presente apartado, las ideas acerca de espacios de legitimación, liderazgo regional y dependencia son presentadas de forma preliminar, a los efectos de intensificar su análisis en una próxima etapa, con el avance de la investigación.

⁷⁶ Todos estos fragmentos fueron tomados de CNEA, 1966c.



Análisis y conclusiones

ANÁLISIS Y CONCLUSIONES

La presente investigación, en su perspectiva histórica, reconstruyó el desarrollo de la capacidad endógena de producción de radioisótopos. También confirmó los elementos que determinaron la estrategia de abastecimiento del mercado nacional: la creciente demanda de radioisótopos para su utilización en diagnóstico y tratamiento médico, la centralización de las actividades nucleares en el país y la política de desarrollo autónomo llevada adelante por la CNEA.

El crecimiento de la demanda de radioisótopos pudo observarse, a nivel mundial, en la notable proliferación de técnicas que comenzaron a utilizar radioisótopos, de la mano de una fuerte promoción realizada por los organismos nucleares de los principales países productores y, fundamentalmente, por el OIEA. Del mismo modo, las experiencias recuperadas en los trabajos realizados por colegas detallan el crecimiento en otros países.⁷⁷ Y en el ámbito nacional, se observó la movilización de recursos (de todo tipo) con destino a la investigación e instalación de reactores y facilidades para la producción de radioisótopos, búsqueda de nuevos radioisótopos, aprendizaje de técnicas de aplicación, innovación en usos médicos y biológicos, etc. El crecimiento de la demanda también se observa en el relato de los protagonistas que fueron entrevistados.

La preocupación estatal inicial fue establecer las regulaciones para el uso, así como implementar actividades de promoción de la nueva herramienta, acorde a lo que sucedía en el mundo.

Se observan dos momentos claramente identificados en términos de política institucional: la década de 1950 muestra la preocupación por estructurar la organización, por olvidar y hacer olvidar el fraude de Richter, y por efectivizar en la legislación (reglamentación) y en la práctica las funciones asignadas por la normativa. Incluso los entrevistados coincidieron en describir en el marco del amateurismo a la época de institucionalización temprana, con profesionales jóvenes estrechamente vinculados a su raíz disciplinar. Este aspecto se puede percibir fundamentalmente en el grupo de radioquímicos, con prioridades

⁷⁷ Al respecto, véase las referencias en el apartado Estudios sobre objetos similares, en la página 19 del presente trabajo.

estrictamente académicas de acumulación de capital cognitivo y simbólico, sobre todo a partir del reconocimiento internacional adquirido en la Conferencia en Ginebra (1955).

Esta percepción de amateurismo comienza a modificarse a partir del alineamiento tras el proyecto RA-1. La práctica científica quedó determinada por la ambiciosa decisión de construir el reactor en el país, el primero de Latinoamérica, en un contexto generalizado de compras llave en mano. El reactor funcionó, y significó un incentivo para comenzar a generar nuevos proyectos poco usuales en países periféricos como Argentina: se definieron líneas que priorizaron la cooperación con el empresariado nacional, el desarrollo local de tecnología y el constante flujo bidireccional de información (Ciencia-Industria-Estado).

La década de 1960 se estructuró, entonces, en base a proyectos que buscaban aprendizaje, desarrollo autónomo, industrialización y establecimiento de prioridades nacionales, los cuales fueron objetivos cumplidos, parcialmente cumplidos o que permanecieron sólo en la retórica, según se pudo apreciar. Se desdibujaron las fronteras de la organización disciplinar para priorizar la organización del trabajo en función de los proyectos, característica propia de los regímenes transversales de producción de conocimiento (Shinn, 1997, 2000b, 2005 y 2008a; Shinn y Joerges, 2002). Tal como lo expresa Crespi (1981: 172), “el desarrollo alcanzado por muchas de las líneas de trabajo químico de la CNEA, hizo que estas fueran adquiriendo mayor autonomía y consolidándose, de por sí o con otros grupos no esencialmente químicos, como actividades independientes orientadas por sus objetivos más que por la disciplina”.

Para nuestro objeto, el cambio de década representó un quiebre más significativo que los cambios de gobierno democracia / dictadura (especialmente el derrocamiento de Perón en 1955) o el proceso de reorganización de 1956, hitos que a priori se prejuzgaron como centrales.

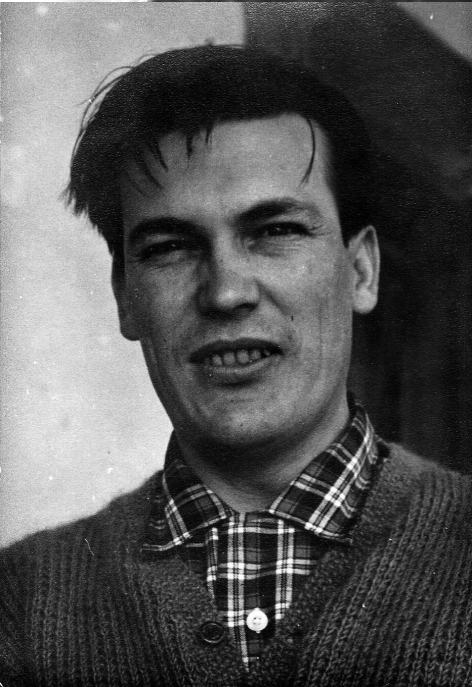
Con la reconstrucción histórica emergió, indisociable, el desafío conceptual. Las fronteras difusas produjeron cambios en las prácticas, en los imaginarios y

en las relaciones entre actores. El espacio de producción de conocimiento objeto de este trabajo quedó atravesado por un proceso de hibridación de la física, la química y la medicina, como se ha dicho, campos disciplinarios tradicionales en el país, pero que hasta ese momento operaban de un modo autónomo. Existieron tensiones, como en los primeros cursos de aplicación de radioisótopos; y se establecieron relaciones de colaboración que posibilitaron la concreción de numerosos avances, como los desarrollos en relación a la aplicación de oro coloidal.

En el período abordado también se perciben dos momentos en relación a los niveles de decisión. En la primera década -de organización institucional- se aprecia una mayor incidencia de físicos e ingenieros en relación a la regulación de la actividad, así como de los radioquímicos, quienes protagonizaron los avances científicos nacionales de mayor relevancia en el campo. En la década de 1960, la radioquímica va perdiendo terreno frente al mayor compromiso e inserción de los médicos en temas hasta esos años muy poco conocidos. Los médicos también se hacen necesarios en la gestión (administración en centros médicos) y en los procesos políticos de decisión (participación mayoritaria en asociaciones profesionales). No es el objetivo abordar estas relaciones como si se tratara de una competencia entre disciplinas, sino que emergen como un tópico imprescindible para la comprensión de la problemática: actores provenientes de todas estas disciplinas incidiendo en el abastecimiento de radioisótopos.

Los actores transitaron esas fronteras difusas. En términos de Shinn,⁷⁸ durante la década de 1950 se estableció un régimen transitorio de producción de conocimiento, con disciplinas que permanecían presentes en la raíz de las trayectorias profesionales. La lógica claustral -representada por la Dirección de Investigaciones Científicas, y por su sucesora Gerencia de Investigaciones- tuvo mayor incidencia en las dinámicas organizativas de la primera década. Se establecieron relaciones de colaboración, incluso con químicos y físicos preocupándose por temas médicos, pero siempre manteniendo la raíz

⁷⁸ Tal como se ha referenciado en el capítulo introductorio de este trabajo, véase Shinn, (1993, 1997, 2000a, 2000b, 2000c, 2008a y 2008b); Shinn y Joerges (2002); Shinn y Lamy (2006); Shinn y Ragouet, (2005).



Algunos protagonistas.

Arriba: Oscar Armando Quihillalt

Izquierda: Gregorio Baró

Derecha: Celso Papadópulos

Abajo: Renato Radicella, Gregorio Baró y Josefina Rodríguez



disciplinar original. A diferencia de lo que plantea Shinn, no se realizaron cruces desde la disciplina a las empresas, sino a preocupaciones puntuales más relacionadas con otra disciplina que con el origen de quien realizó el cruce. En cambio, sí fue claro que para quienes atravesaron los límites de la química, por ejemplo, la audiencia y el mercado dejaron de ser sus pares disciplinares, y sí fueron los médicos y los pacientes, o eventualmente los empresarios de la medicina, pero no se trató de generación de emprendimientos propios. Por otra parte, la tipología presentada por Shinn y Lamy (2006) -sobre las categorías de individuos que reparten su tiempo entre la disciplina y la empresa- no fue identificada en estas primeras dos décadas. La participación de científicos en empresas relacionadas con la producción y/o aplicación de radioisótopos se estableció algunos años más tarde.⁷⁹

La construcción del RA-1 y la creación del Departamento de Radioisótopos en 1957 comienzan a modificar el régimen de producción: es central en esta afirmación la alineación de los recursos en función de proyectos. Como se ha mencionado, la Gerencia de Energía (responsable de la producción de radioisótopos) estaba conformada por seis programas, los cuales en su denominación representaban el cruce de fronteras permanente. Los grupos de trabajo de la CNEA siguieron las pautas de lo que para Shinn es el modelo ideal de la transversalidad: exploraron las leyes de la instrumentación, la construcción de instrumentos genéricos y la circulación de tecnólogos de investigación (*research technologists*). Así como los científicos se alejaron de su espacio académico tradicional, hubo empresarios locales que también atravesaron la frontera de su organización y procuraron convertirse en proveedores para la construcción de reactores.

Esta caracterización transitoria / transversal, se vincula estrechamente con dos conceptos: los instrumentos genéricos y la existencia de una comunidad. El concepto elaborado por Shinn y Joerges (2002) aplica: en los procesos ocurridos alrededor del abastecimiento de radioisótopos, se detectaron comunidades híbridas dedicadas al diseño e implementación de instrumentos que revolucionaron y condicionaron la investigación científica en ese campo,

⁷⁹ Laboratorios Bacon, por ejemplo, es una empresa dedicada a la comercialización de radiofármacos creada en 1979. Gregorio Baró, integrante del primer grupo de radioquímicos, trabajó allí hasta su muerte, ocurrida en mayo de 2012.

así como se nutrieron simbióticamente de ésta, tanto a nivel de ideas innovativas como de resultados aplicables. Los radioisótopos se convirtieron en instrumentos genéricos que encontraron extensiones y aplicaciones precisas en la industria, la universidad y emprendimientos estatales. Este sistema de instrumentos proveyó un vocabulario -un repertorio de representaciones común- para entornos y grupos que hasta ese momento no compartían espacios. En los años iniciales de la década de 1960, aparecen los primeros intentos de estandarización para la producción de radioisótopos, en cuestiones relativas a su pureza, dosis máximas, aplicaciones, etc. No había una norma internacional que estableciera estos parámetros. En 1962, el OIEA anunció la creación de un programa de asistencia técnica para la calibración de equipos de medición de radioyodo en estudios de tiroides. Por la misma época, Inglaterra, Francia, España y Argentina comenzaron a preparar un Manual de Control de Radiofármacos. Finalmente fue editado a fines de la década, pero sólo como un acuerdo entre España y Argentina. Paulatinamente los radioisótopos se irían incorporando a las farmacopeas en todo el mundo (el yodo es uno de los primeros en introducirse en la farmacopea argentina). Si bien se evidenció que a pesar de algunos intentos vistos en el período la metrología no alcanzó una gran homogeneidad, sobre todo en términos de medición, sí fue evidente que la comunicación era posible y que el origen disciplinar dispar no significó un obstáculo para establecer un lenguaje común.

En términos de Shinn,⁸⁰ y de la traducción aceptada del concepto, los radioisótopos se establecieron como una tecnología posibilitadora de investigación producida por una comunidad, aunque las últimas cuatro palabras merezcan alguna salvedad. La objeción que abre la grieta es la cuestión de las implicancias externas. El concepto de comunidad tiende a considerar un espacio cerrado, impermeable. Como se ha visto, el abastecimiento de radioisótopos estuvo permeado -por lo menos- por el fuerte impulso de las potencias nucleares y por la decisión política de desarrollo autónomo implementada por la CNEA. El “tejido de relaciones” propuesto por Vinck (2006) se hace más palpable: procesos de desarrollo local donde la producción de tejidos sociales entre investigadores y empresarios públicos y privados

⁸⁰ Véase, retomando los conceptos desarrollados en el capítulo introductorio, Shinn (1993, 1997, 2005 y 2008a); y Shinn, y Joerges (2002).

MEDICINA

RADIOISOTOPOS PARA DETERMINAR LA ARTERIOSCLEROSIS

BUENOS AIRES.--Un nuevo y revolucionario procedimiento para determinar la arteriosclerosis, fue dado a conocer por el científico argentino Lelio Colombetti, actualmente radicado en Estados Unidos y que viajó a la Argentina para participar en el II congreso de la Asociación Latinoamericana de Biología y Medicina Nuclear.

Este método consiste en la inoculación, por vía endovenosa, sea del tancio 99 M o del indio 113 M, ambos emisores de radiaciones gamma, cuyo recorrido es seguido en la circulación cerebral, y mediante los cuales es posible conocer el estado de las arterias.

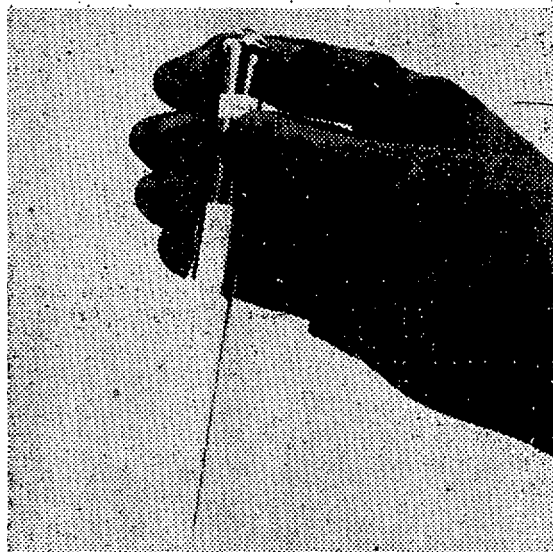
De esta manera sencilla, rápida y barata, pues los radioisótopos son económicos, es posible determinar los tiempos de circulación de la sangre en el cerebro. Si esta difusión sanguínea supera un propio tiempo normal de las personas sanas, entonces se infiere que las arterias se hallan obstruidas parcialmente, lo que en Medicina se conoce con el nombre de esclerosadas. La bondad de esta técnica ya está avalada en Estados Unidos, donde se ha empleado en personas de todas las edades.--(Efe).

ARGENTINA PRODUCE ISOTOPOS PARA FINES AGRICOLAS Y MEDICOS

Buenos Aires, 10. -- La Comisión de Energía Atómica Argentina está ya produciendo isótopos para fines agrícolas y médicos, según se ha revelado en un debate de la Cámara. El doctor Ventura González ha presentado el informe de la mayoría peronista sobre un proyecto de utilización de radioisótopos para casos de cáncer y más especialmente para combatir el bocio. La radiación de los isótopos se utiliza también para producir cereales, así como para aumentar las cosechas.

La aplicación de radioisótopos en el tratamiento del cáncer

El Carbon-14, isótopo de gran valor para el tratamiento del cáncer, superior en rendimiento al radium. El producto va encerrado en una ampolla de cristal, con detalles sobre su composición y actividad bien legibles.



ISOTOPES "NEVER" REPLACE KNIFE

Australian Associated Press

KNOXVILLE (Tennessee), Thurs. -- Radioactive isotopes would "never" replace conventional methods of treating some types of cancer in which atomic medicine had been used successfully, an Oak Ridge scientist said last night.

GIRL GIVEN "ATOMIC MEDICINE"

BOSTON, Aug. 26 (Special). -- "Atomic medicine" was used to-day in a life-and-death experiment to save a three-year-old girl who is suffering from a malignant infection of the liver, and has been given up as incurable.

ATOMIC CURE USED

Experiment On Small Girl

ATOMIC CURE FAILS GIRL

NEW YORK, Sept. 4 (Special). -- America's first experiment with "atomic" medicine has failed.

Three-year-old Janice Moschella, who was treated by a Boston specialist with radio-activated phosphorus in a life or death experiment to save her from a liver disease, which doctors had abandoned as incurable, died to-day.

Doctor Saul Hertz began treating the child on August 24, with a by-product of the same atomic energy that blasted Hiroshima, Nagasaki, and Bikini.

He described the work as "highly experimental."

Un niño inglés, cobaya del estroncio

Se trata de demostrar que no es un peligro para la raza humana

Un niño de tres años de edad ha sido utilizado como conejo de indias para demostrar que el estroncio procedente de las pruebas nucleares no supone un peligro para la raza humana.

Tres científicos británicos en Medicina atómica han hecho esta declaración ante la reunión anual de la Asociación Británica para el Avance de la Ciencia. Se trata de los doctores W. V. Manneford, R. C. Turner y J. M. Radley, todos ellos del Instituto Británico del Cáncer.

"KILL OR CURE" EXPERIMENT First Atomic Remedy Tried On Young Girl

locales es la condición esencial del desarrollo resultante. De este modo, los radioisótopos se establecieron como una tecnología posibilitadora de investigación producida en un tejido de relaciones. Como se adelantó en el Capítulo 1, los radioisótopos impulsaron el desarrollo de carreras híbridas a su alrededor, y difundieron en su recorrido un lenguaje y una metrología específicos. Es evidente que los radioisótopos enlazaron instituciones diversas (CNEA, ministerios, hospitales, asociaciones profesionales, organismos internacionales) y modificaron las carreras tradicionales de los sujetos involucrados, quienes comenzaron a protagonizar “carreras híbridas”, relativizando su estricta pertenencia a la química, la ingeniería, la física o la medicina.

En relación a los vínculos internacionales, en estas primeras dos décadas de institucionalización de la actividad nuclear -y particularmente de la producción y uso de radioisótopos- pudo apreciarse un estrecho acoplamiento entre las dimensiones local e internacional. Las referencias iniciales fueron Estados Unidos e Inglaterra y, siguiendo estas experiencias, la CNEA tomó la decisión de centralizar la administración de material radiactivo y destinar el personal médico a los centros asistenciales.

En cambio, el autoabastecimiento de radioisótopos fue prioritario en todo el período aquí estudiado, decisión que derivó en prescindir preferentemente del suministro extranjero para garantizar -como responsabilidad del Estado- el abastecimiento del mercado nacional.

En general, en el establecimiento de las nuevas líneas que abordaban los grupos, se combinaba el seguimiento de la agenda internacional con inquietudes de profesionales ajenos a la CNEA, sobre todo en medicina, o bien empresarios, fundamentalmente en cuestiones de metalurgia y energía.

Uno de los ejemplos más claros de la implementación local de la agenda internacional fue el comienzo de la marcación de moléculas, a partir de la visita de expertos a comienzos de la década de 1960. Independientemente (o no) de la agenda internacional, la producción de moléculas marcadas rápidamente fue

prioridad porque se cubrían necesidades específicas en investigación biomédica y en diagnóstico médico.

Por último, ciñéndonos al abastecimiento de radioisótopos, la decisión de construir un reactor (el RA-3) con una planta de producción de radioisótopos generó la necesidad de estimar la demanda nacional, la cual se plasmó en sucesivos informes que determinaron las características del nuevo reactor, construido mayoritariamente con insumos nacionales. Se decidió su construcción a finales de la década de 1950, se inauguró en 1967, y finalmente en 1971, con el reactor en óptimo funcionamiento, la producción local de radioisótopos en la CNEA superó ampliamente las cantidades importadas y, particularmente, se cubrió la demanda local de yodo radiactivo, el radioisótopo más utilizado. El RA-3 aún está activo, pero como la capacidad de su planta de producción es escasa, la CNEA planea construir el RA-10 con una nueva planta asociada.

Este trabajo en relación a investigaciones similares

En el desarrollo de esta tesis fue evidente el notable impulso estatal y el establecimiento de la relación Ciencia-Industria-Estado. Este aspecto se observa también en Rheinberger (2003), quien aborda el desarrollo del contador de centelleo, caso en el cual la participación de las empresas involucradas se cristalizó no sólo en el desarrollo y la fabricación del aparato, sino también en el patrocinio de simposios, congresos y demás reuniones. El rápido crecimiento de la industria de los radioisótopos pudo observarse en el caso argentino, así como Alison Kraft (2006) lo describió en Gran Bretaña (claramente no se está comparando la escala), haciendo hincapié en el notable crecimiento de esta actividad “desde la periferia de la medicina a la práctica médica”, a partir del fuerte apoyo político y financiero estatal.

Hay varios puntos de encuentro con el caso español. El primer reactor experimental instalado en España, si bien a diferencia del RA-1 fue adquirido llave en mano, obtuvo el apoyo de la política estadounidense encarnada en

“Átomos para la Paz”. Pero el aspecto más interesante es que Ana Romero (2003) describió al aparato como articulador de todo un centro y se establece como la razón para acercar investigadores de distintas disciplinas, tanto españoles como extranjeros. Los reactores argentinos también fueron vertebradores, así como lo fueron los radioisótopos, que además funcionaron como uno de los motivos principales para el desarrollo de reactores. Romero también describe la “nacionalización de técnicas”, del mismo modo que se expone en este trabajo.

Néstor Herran y Xavier Roqué (2003) mencionan los mismos proveedores de radioisótopos para España que los que se describen en el caso: Gran Bretaña y Estados Unidos. Según Herran (2009), a diferencia de Estados Unidos, Gran Bretaña exportaba a numerosos países el 40% de su producción, lo que lo convirtió en el principal proveedor de radioisótopos de occidente.

Del mismo modo en España que en Argentina, rápidamente se firmaron convenios con hospitales interesados en utilizar radioisótopos y las primeras preocupaciones tuvieron que ver con las responsabilidades de control y metrología Herran y Roqué (2003). En el relato de los españoles Gabriela Morreale y Francisco Escobar (2003) se nombran los mismos referentes que se observaron en el caso argentino. No sólo investigadores referentes, sino centros de formación, coincidentes con los que describe Herran (2009): los cursos en Oak Ridge, Estados Unidos, a partir de 1948; en Francia, la referencia era el Instituto Curie a partir de 1950; y en Gran Bretaña comenzó a funcionar en 1951, la Isotope School.

Nuevas preguntas y escenarios posibles de continuación

“La Medicina Nuclear es una técnica que está destinada a desaparecer”, dijo Victorio Pecorini (2008) en la entrevista brindada para esta investigación. “Así como antes se marcaba con fluorescentes y ahora se marca con radioisótopos, en el futuro se marcará con otra cosa”. En el marco teórico propuesto, se planteó que cuando los investigadores atraviesan provisoriamente las fronteras de sus disciplinas, puede aparecer una nueva subdisciplina o, incluso, un nuevo campo científico. El desafío, entonces, es determinar si se trata

efectivamente de una técnica, de una disciplina o de una especialidad, entre otras tantas variantes. Si es una subdisciplina, ¿cuál será su disciplina raíz?

El estudio de las actividades de los médicos es una tarea pendiente. Esta etapa de la investigación se enfocó en el abastecimiento de radioisótopos, dejando para más adelante el análisis en profundidad sobre la intervención de los médicos en la interacción con la tecnología nuclear. ¿Cuáles fue la estrategia, sobre todo de los médicos, para posicionarse, ganar terreno y construir capital simbólico frente a una evidente “desventaja” frente a los profesionales provenientes de otras disciplinas? ¿Estar al frente de las asociaciones profesionales fue parte de esa estrategia? ¿Cuáles eran, en profundidad, los mecanismos por los cuales se generaba la confianza entre el médico que realizaba los pedidos y el radioquímico que lo producía?

Sotomayor y Rudig (1983) se preguntaron: ¿el desarrollo nuclear originó nuevas formas de dependencia? El último apartado del Capítulo 3 intentó esbozar algunas ideas respecto al caso argentino, pero el avance de la investigación deberá ocuparse especialmente de profundizar en los sucesos analizados desde la perspectiva de la producción de conocimientos científicos en contextos periféricos.

Desde sus comienzos, la investigación en radioisótopos en Argentina estuvo fuertemente vinculada con el uso social de esos conocimientos producidos: la agenda internacional / la agenda nacional. En algunos casos, la noción de uso social de los conocimientos producidos determinó, desde la concepción, la agenda de investigación; del mismo modo, las agendas (locales o importadas) determinaron el uso de esos conocimientos. Esa construcción mutua (Kreimer y Zabala, 2006), es una de las líneas de mayor riqueza analítica que desborda a este trabajo.

En ese sentido, deberá hacerse mayor hincapié en los conocimientos que se movilaron, sobre todo cuando se incorpore plenamente el rol de la medicina y la generación de conocimientos en ese ámbito.

Acerca del recorte conceptual considerado para analizar este espacio, algunos interrogantes quedan pendientes.

¿Qué grado de formalidad tuvieron las redes conformadas alrededor de la investigación y producción de radioisótopos? ¿Cómo fueron los procesos de creación de espacios de legitimación?

¿Cómo se desarrollaron las “carreras híbridas” de los actores (análisis de trayectorias puntuales)? La hibridación es un núcleo que merece un intenso abordaje.

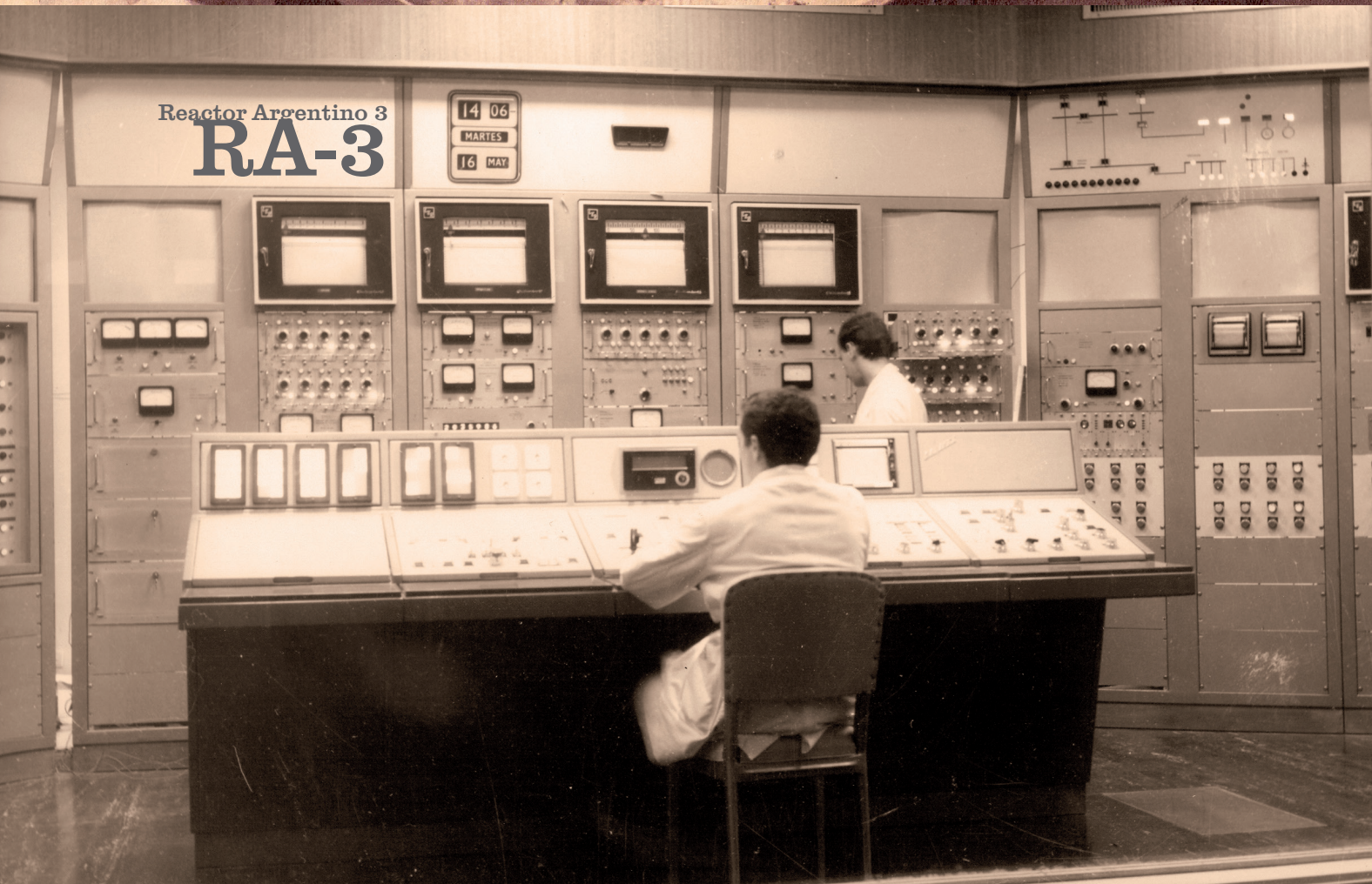
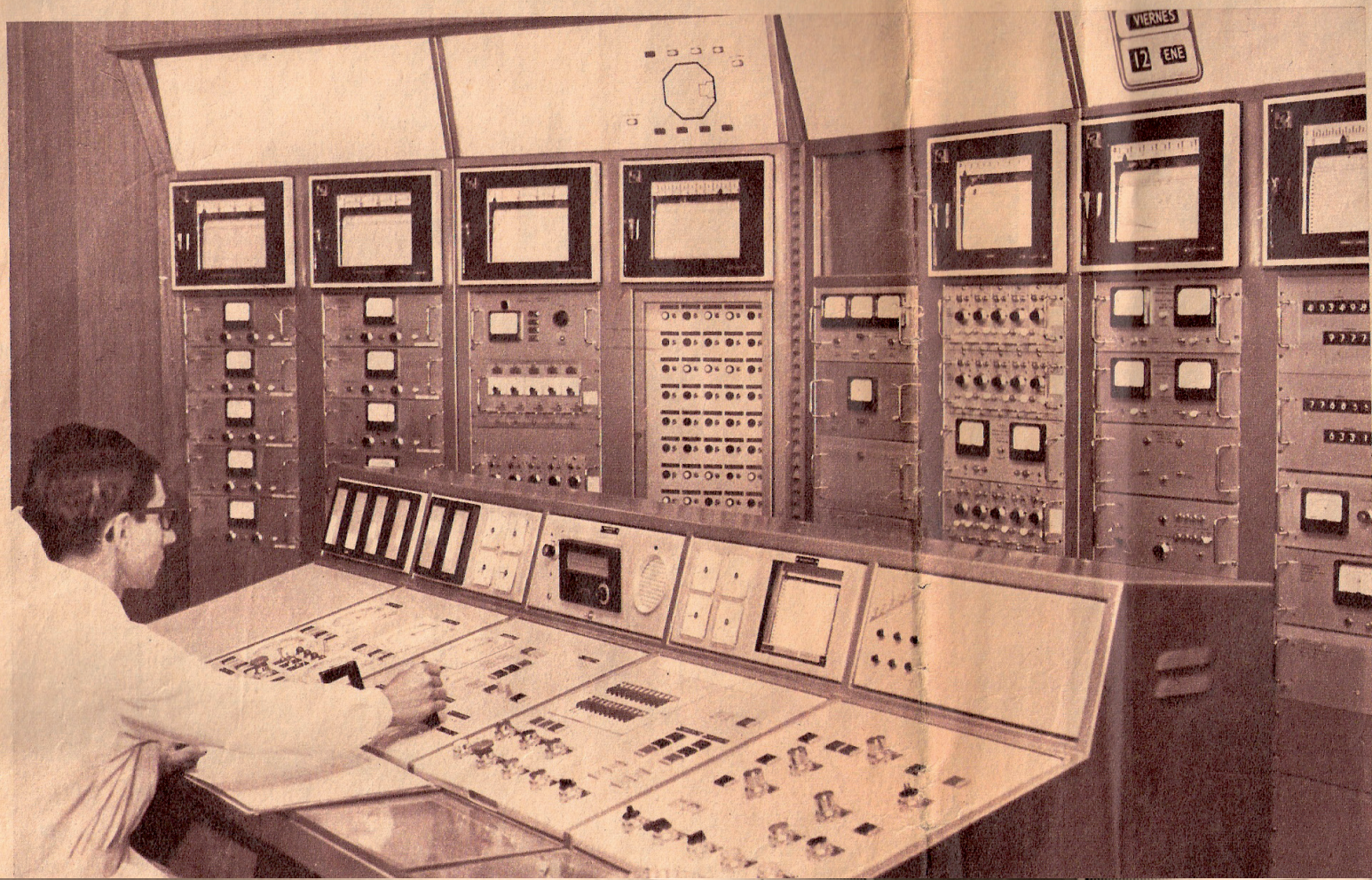
¿Los radioisótopos son dispositivos genéricos o se ajustan más los reactores a esa definición? ¿Puedo considerar a los radioisótopos como instrumentos? ¿Cómo se desarrolló el mercado de aparatos? ¿Los radioisótopos cumplen con la tercera característica de *research technology* que las conceptualiza como genéricas y abiertas? Esto es, genéricas en el sentido de ser la base de nuevos aparatos transformados por ingenieros para resolver problemas específicos.

¿Los investigadores de la CNEA eran *research technologists* en aquella época? Quizás no, en términos de la actividad empresarial, aunque en la actualidad esa caracterización resultaría más evidente. Una gran cantidad de investigadores pasaron a la actividad privada luego de la reestructuración de la CNEA en 1994. Los lazos con las disciplinas y la institución continuaron, pero desde otro espacio.

Este es un abrupto compendio de algunas de las preguntas que pretende abordar esta investigación en su próxima etapa.

EL CENTRO ATÓMICO EZEIZA

Fotografías de "La Prensa"



BIBLIOGRAFÍA

Adler, E. (1988): State Institutions, Ideology, and Autonomous Technological Development: Computers and Nuclear Energy in Argentina and Brazil, *Latin American Research Review*, 23, 2, pp. 59-90.

Álvarez, E., L. Anghileri, O. Gatti, J. Pahissa Campá, E. Ricci y R. Rodríguez Pasqués (1959): "Producción de distintos radioisótopos con sincrociclotrón y reactor de tipo Argonaut", *VII Congreso Latinoamericano de Química*, México DF, 29 de marzo al 3 de abril.

APCNEAN (2009): El RA-1 merece ser declarado "Monumento Histórico Nacional", *Boletín de la Asociación de Profesionales de la Comisión Nacional de Energía Atómica y la Actividad Nuclear*, Número especial septiembre de 2008 – junio de 2009, pp. 54-58.

Arbos Rivera, E. (2006): Salvaguardias nucleares, *Anales de mecánica y electricidad*, 83, 4.

Arini, E. y Pavlovsky, A. (1957): Resultados del P₃₂ en las leucemias agudas, *Medicina*, Tomo XVII, Nº2, pp. 71-76.

Ben-David, J. (1974): *El papel del científico en la sociedad*, Ed. Trillas.

Bernaola, O. (2001): *Enrique Gaviola y el Observatorio Astronómico de Córdoba. Su impacto en el desarrollo de la ciencia argentina*, Buenos Aires, Ediciones Saber y Tiempo.

Bernaola, O. y Alinovi, M. (2009): "El elemento argentino". Diario Página/12, Suplemento Futuro, 21 de febrero. Disponible en <http://www.pagina12.com.ar/diario/suplementos/futuro/13-2096-2009-02-21.html>

Bourdieu, P. (1976), *Le champ scientifique*, *Actes de la recherche en sciences sociales*, 1-2 (traducción española: Buch, A. (1994): El campo científico, *REDES Revista de Estudios Sociales de la Ciencia*, 2, pp. 131-160).

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 CNEA*, Año 7, Nº 27-28.

Briozzo, F. (2010): "Medicina nuclear en Argentina. Abastecimiento de radioisótopos, de la importación a la producción nacional (1950-1971)". En Vessuri, Kreimer, Arellano y Sanz Menéndez (Eds.): *Conocer para transformar. Producción y reflexión sobre Ciencia, Tecnología e Innovación*. Caracas: UNESCO-IESALC.

Budinger, T., Mel, H. y Tobias, C. (1991): "In Memorium", en Smith Hughes, S. (2000): *Medical Physics Oral History Series: John H. Lawrence, M.D. (Interview). Nuclear medicine pioneer and Director of Donner Laboratory*, Berkeley, University of California.

Buhler, M., Recondo, E., Castrillón, J., Mitta, A., Dankert, M., López, R. Camin, L., Sánchez, R., Mertig, P., de Lezerovich, J. B., Correia, R., Areiprete, C., Lezerovich, A., Troparevsky, M., Dimitrijewits, M. (1970): "Preparación de compuestos marcados con carbono 14 en la CNEA desde 1957 a 1969", CNEA, Informe N° 277.

Cabral, R. (1985): "The Peron-Richter Fusion Program, 1948-1953", *XVIIIth International Congress for the History of Science*, University of California, 1 al 8 de agosto.

Carasales, J. y R. Ornstein (Coords.) (1998): *La Cooperación Internacional de la Argentina en el campo Nuclear*. Buenos Aires, Consejo Argentino para las Relaciones Internacionales - CARL.

Casas Guerrero, R. (1980): La idea de comunidad científica: su significado teórico y su contenido ideológico, *Revista Mexicana de Sociología*, Vol. XLII, No3, pp. 1217-1230.

Castro, R. (2011): Perlas históricas de la Comisión Nacional de Energía Atómica, *Revista CNEA*, Año 11, N° 41-42.

Charum, J. y S. Parrado (1995): *Entre el productor y el usuario: La construcción social de la utilidad de la investigación*, Colombia, ICFES-Universidad Nacional de Colombia.

Creager, A. (2002): Tracing the politics of changing postwar research practices: the export of 'American' radioisotopes to European biologists, *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 33, pp. 367-388.

_____. (2006): Nuclear Energy in the Service of Biomedicine: The U.S. Atomic Energy Commission's Radioisotope Program, 1946-1950, *Journal of the History of Biology*, 39, pp. 649-684.

_____. (2009): Radioisotopes as political instruments, 1946–1953, *Dynamis*, 29, 219-240.

_____. (2013): *Life Atomic: A History of Radioisotopes in Science and Medicine*, University of Chicago Press.

Crespi, M. (1981): "La química en la Comisión Nacional de Energía Atómica en el período 1950-1972", en Abiusso, N: *Evolución de las Ciencias en la República Argentina (1923-1972)*. Tomo IX. Química, Buenos Aires, Sociedad Científica Argentina, pp. 167-177.

Daugherty, E. y J. Lawrence (1948): Medical progress: Isotopes in Clinical and Experimental Medicine, *California Medicine*, Vol. 69 (1), pp. 58-73.

De Certaines, J. (1976): "La biophysique en France: critique de la notion de discipline scientifique", en Lemaine, G., MacLeod, R., Mulkay, M. y Weingart, P. (eds.): *Perspectives on the Emergence of Scientific Disciplines*, La Haya, París, Mouton & Co., pp. 99-122.

De Greiff, A. y Nieto, M. (2005): Anotaciones para una agenda de investigación sobre las relaciones tecnocientíficas Sur-Norte. *Revista de Estudios Sociales*, 22, 59-69.

Degrossi, O., V. Pecorini y N. Altschuler (1970): *Bocio endémico*. Buenos Aires, CNEA.

Dosne Pasqualini, C. (2007): *Quise lo que hice. Autobiografía de una investigadora científica*. Buenos Aires, Leviatán.

Feld, A. y A. Busala (2006): "Investigación y profilaxis del bocio endémico en Argentina (1916-1958)", *VI Jornadas Latinoamericanas de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología (ESOCITE)*, Bogotá-Colombia, 19 al 21 de abril.

_____. (2010): Investigar y curar: conocimientos y profilaxis del bocio endémico en la Argentina (1916- 1958), *Asclepio. Revista de Historia de la Medicina y de la Ciencia*, 72, 2, pp. 375-404.

Ferreirós, J. y J. Ordóñez (2003): "Sobre la no neutralidad de los instrumentos científicos", en Santesmases, M. y A. Romero (Eds.): *La física y las ciencias de la vida en el siglo XX: radioactividad y biología*, Madrid, Ediciones de la Universidad Autónoma de Madrid, pp. 13-22.

Ferreres, O (2005): *Dos Siglos de Economía Argentina (1810-2004). Historia argentina en cifras*. Buenos Aires, Ed. El Ateneo.

García, M. y A. Reising (2003a): "La consolidación del Centro Atómico Bariloche: una aproximación desde el desarrollo de la física experimental", en Lorenzano, C. (Ed.): *Historias de la ciencia argentina I*, Buenos Aires, Editorial de la Universidad Nacional de Tres de Febrero, pp. 29-40.

_____. (2003b): Los inicios del Instituto Balseiro: sus ideales de ciencia y formación científica, *Epistemología e Historia de la Ciencia*, 9, pp. 166-173.

_____. (2005a): "¿De la consolidación disciplinar a un nuevo contrato social? A propósito de la producción de conocimiento en una comunidad científica local", en Lorenzano, C. (Ed.): *Historias de la ciencia argentina II*, Buenos Aires, Editorial de la Universidad Nacional de Tres de Febrero, pp. 290-305.

_____. (2005b): La carrera de ingeniería nuclear en el Instituto Balseiro, *Ciencia Hoy*, 15, 88, pp. 53-55.

_____. (2008): "Instruir, formar y absorber ingenieros nucleares", en Lorenzano, C. (Ed.): *Historias de la ciencia argentina III*, Buenos Aires, Editorial de la Universidad Nacional de Tres de Febrero, pp. 135-143.

García, M., A. Reising y M. Lugones (2007): El sector nuclear en Argentina: tramas productivas y desarrollo tecnológico, *Epistemología e Historia de la Ciencia*, 13, pp. 212-218.

Gaviola, E. (1955): El caso Richter, *Esto Es*, 96, pp. 26-29.

González, A. (1988a): Seelmann-Eggebert: El fundador y su obra. *Boletín de la Sociedad Argentina de Radioprotección*, 13, pp. 48-72.

González, A. (1988b): El RA-1: a 30 años de una silenciosa hazaña. *Boletín de la Sociedad Argentina de Radioprotección*, 10, pp. 41-50.

Hamilton, J. y J. Lawrence (1942): Recent clinical developments in the therapeutic application of radiophosphorus and radioiodine, *The Journal of Clinical Investigation*, 21, pp. 624.

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 siglo”. *VII Jornadas Latinoamericanas de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología (ESOCITE)*, Río de Janeiro-Brasil, 28 al 30 de mayo.

Herran, J. (2006): Spreading nucleonics: the Isotope School at the Atomic Energy Research Establishment, 1951–67, *British Journal for the History of Science*, 39, 4, 569-586.

_____. (2009): Isotope networks: training, sales and publications, 1946-1965, *Dynamis*, 29, 285-306.

Herran, N. y X. Roqué (2003): “Radioisótopos en España: perspectivas historiográficas y proyectos en curso”, en Santesmases, M. y A. Romero (Eds.): *La física y las ciencias de la vida en el siglo XX: radioactividad y biología*, Madrid, Ediciones de la Universidad Autónoma de Madrid, p. 41-52.

Hertz, S., y A. Roberts, (1942): Application of radioactive iodine in therapy of Graves disease, *The Journal of Clinical Investigation*, 21, p. 624.

Hughes, J (2009): Making isotopes matter: Francis Aston and the mass-spectrograph, *Dynamis*, 29, pp. 131-166.

Hurtado de Mendoza, D. (2004): “‘Big science’ y contexto ‘periférico’: la construcción de un acelerador de iones pesados en la Argentina (1975-1986)”. *VI Congreso Latinoamericano de Historia de las Ciencias y la Tecnología*, Sociedad Latinoamericana de Historia de las Ciencias y la Tecnología, Buenos Aires-Argentina, 17-20 de marzo.

_____. (2005a): Autonomy, even Regional Hegemony: Argentina and the “Hard Way” toward Its First Research Reactor (1945–1958), *Science in Context*, 18, pp. 285-308.

_____. (2005b): De “átomos para la paz” a los reactores de potencia. Tecnología y política nuclear en la Argentina (1955-1976), *Revista CTS*, Vol. 2, 4, pp. 41-66.

_____. (2014): *El sueño de la Argentina atómica: política, tecnología nuclear y desarrollo nacional. 1945- 2006*, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Edhasa.

Hurtado de Mendoza, D. y A. Vara (2006): Political storms, financial uncertainties, and dreams of “big science”. The construction of a heavy ion accelerator in Argentina, *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences*, 36, pp. 345-366.

_____. (2007): Winding Roads to Big Science: Experimental Physics in Argentina and Brazil, *Science, Technology and Society*, 12, 27-48.

IAEA (1962): Assistance to life sciences in Argentina. *IAEA Bulletin*, 4, 3, pp. 8-9.

Joerges, B. y T. Shinn (Eds.) (2001): *Instrumentation Between Science, State and Industry*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.

Knorr-Cetina, K. (1982): Scientific Communities or Transepistemic Arenas of Research? A critique of Quasi-Economic Models of Science, *Social Studies of Science*, 12, pp. 101-133.

_____. (1995): "Laboratory Studies. The cultural approach to the study of science", en Jasanoff, S., G. Markle, J. Peterson y T. Pinch (Eds.): *Handbook of Science and Technology Studies*, California, SAGE Publications.

Kraft, A. (2006): Between Medicine and Industry. Medical Physics and the Rise of the Radioisotope 1945-65, *Contemporary British History*, 20, 1, pp. 1-35.

Kreimer, P. (1997): *L'universel et le contexte dans la recherche scientifique*, Tesis de Doctorado, Villeneuve d'Ascq, Presses Universitaires du Septentrion.

Kreimer, P. y H. Thomas (2003): "La construcción de l'utilité sociale des connaissances scientifiques et technologiques dans les pays périphériques", en *L'industrialisation des connaissances dans les sciences du vivant*, París, L'Harmattan.

Kreimer, P. y J. Zabala (2006): ¿Qué conocimiento y para quién? Problemas sociales, producción y uso social de conocimientos científicos sobre la enfermedad de Chagas en Argentina, *REDES, Revista de Estudios sociales de la ciencia*, 12, 23, pp. 49-78.

Kuhn, T. (1962): *The Structure of Scientific Revolutions*, Chicago, University of Chicago Press.

_____. (1974): "Second thoughts on paradigms", en Suppe, F. (Comp.): *The Structure of Scientific Theories*, Urbana, University of Illinois Press, pp. 459-482.

Lawrence, E. y M. Livingston (1932): The Production of High Speed Light Ions Without the Use of High Voltages, *Physical Review*, 40, pp. 19-35.

López Dávalos, A. y N. Badino (2000): *J. A. Balseiro: crónica de una ilusión. Una historia de la física en la Argentina*, México-Buenos Aires, Fondo de Cultura Económica.

Lugones, M., M. García y A. Reising (2004a): "Conformación y desarrollo del Área de Investigación Aplicada en el Centro Atómico Bariloche". *VI Congreso Latinoamericano de Historia de las Ciencias y la Tecnología*, Sociedad Latinoamericana de Historia de las Ciencias y la Tecnología, Buenos Aires-Argentina, 17-20 de marzo.

_____. (2004b): "Desarrollo y transferencia de tecnología en la CNEA: el caso INVAP". *VI Congreso Latinoamericano de Historia de las Ciencias y la Tecnología*, Sociedad Latinoamericana de Historia de las Ciencias y la Tecnología, Buenos Aires-Argentina, 17-20 de marzo.

Lugones, M. (2008): "La conformación del sector nuclear argentino: la empresa INVAP", en Lorenzano, C. (Ed.): *Historias de la ciencia argentina III*, Buenos Aires, Editorial de la Universidad Nacional de Tres de Febrero, pp. 159-166.

_____. (2011): "El plan nuclear argentino y el programa de desarrollo de proveedores de la CNEA", en Lorenzano, C. (Ed.): *Historias de la ciencia argentina IV*, Buenos Aires, Editorial de la Universidad Nacional de Tres de Febrero, pp. 186-201.

Manzotti, P. (2007): Historia, presente y futuro de la medicina nuclear. Entrevista al Dr. Osvaldo Degrossi. *Diagnóstico*, 171.

Marine, D. y O. Kimball (1917): The prevention of simple goiter in man, *Journal of Laboratory and Clinical Medicine*, 3, pp. 40-48.

Mariscotti, M. (1985): *El secreto atómico de Huemul. Crónica del origen de la energía atómica en la Argentina*, Buenos Aires, Sudamericana-Planeta.

_____. (1990): "The bizarre origins of Atomic Energy in Argentina", en Cabral, R. (Ed.): *The Nuclear Technology Debate in Latin America*, Suecia: University of Gothenburg, pp. 16-24.

Marzorati, Z. (1998): Análisis de la revista Mundo Atómico, *Saber y Tiempo. Revista de Historia de la Ciencia*, 6, Julio-Diciembre.

_____. (2003): Plantear utopías. La formación de la comunidad científica: CNEA (1950-1955), *Cuadernos de Antropología Social*, 18, pp. 123-140.

_____. (2006a): Un desarrollo científico-tecnológico autónomo: la construcción del RA-1, *Cuadernos de Antropología Social*, 23, pp. 105-116.

_____. (2006b): "La divulgación científica en el noticiero. El caso Richter", en Marrone, I. y M. Moyano (Comps.): *Persiguiendo imágenes. El documental cinematográfico y la memoria histórica*, Buenos Aires, Editorial Del Puerto.

Mayo, J. (2008): Entrevista realizada en Buenos Aires el 4 de junio de 2008.

Mayo, S. (1966): "El sincrociclotrón de Buenos Aires. Informe retrospectivo. Período 1954-1965", CNEA, Informe N°188.

Meding, H. (1999): *La ruta de los nazis en tiempos de Perón*, Buenos Aires, Emecé Editores.

Menéndez Navarro, A. (2007): Átomos para la Paz... y para la Medicina: la popularización de las aplicaciones médicas de la energía nuclear en España, *Revista Española de Medicina Nuclear*, 26, 6, pp. 385-399.

_____. (2009): Una cámara para nuestro amigo el átomo: la representación de las tecnologías médicas nucleares en NO-DO, *Quaderns de Cine*, 4, pp. 47-56.

Mitta, A. y Camin, L. (1964): "Preparación de Compuestos Marcados con ¹³¹I en la CNEA de la República Argentina", CNEA, Informe N° 143.

Mitta, A., H. Albani, J. Baruel, L. Camin, A. Cella, L. Correia, J. Cresto, M. Dankert, A. Fraga, S. Gómez, H. Huala, S. Karaniaiev, C. Leguizamón, N. Logusso, L. Quihillalt, N. Recchi, G. B. de Salas, R. Schiavino, A. Suñer, E. Tenreyro y M. L. P. de Toparevsky (1969): "Preparación de compuestos marcados con I-131, I-125 e I-132 en la CNEA de la República Argentina desde 1961 a 1968", CNEA, Informe N° 246.

Morreale, G. y F. Escobar (2003): "La endocrinología experimental en España y el yodo radiactivo: memorias científicas", en Santesmases, M. y A. Romero (Eds.): *La física y las ciencias de la vida en el siglo XX: radioactividad y biología*, Madrid, Ediciones de la Universidad Autónoma de Madrid, pp. 89-102.

Mulkay, M. (1976): The Mediating Role of the Scientific Elite, *Social Studies of Science*, 6, pp. 445-470.

Normand, C y M. J. Borge (2010): Trazando el paisaje nuclear. 50 años de historia de la Karlsruher Nuklidkarte, *Revista Española de la Física*, Vol. 24, N°1.

Núñez, C. (1955): "Empleo en Argentina de radioisótopos artificiales en el diagnóstico, terapéutica e investigación clínica", *Conferencia Internacional sobre la utilización de la Energía Atómica con fines pacíficos*, Ginebra, 8 al 20 de agosto (P/1029. Argentina).

Nussis, N. (1960): "Previsión del consumo futuro de radioisótopos en el país", CNEA, Informe N°36.

Ornstein R. (coord.) (2001): *Argentina as an exporter of nuclear technology. Past, present and future*, Buenos Aires, Consejo Argentino para las Relaciones Internacionales - CARI.

Oteiza, E. (1992): *La política de investigación científica y tecnológica argentina*. 1° Ed., Buenos Aires, Centro Editor de América Latina.

Otero Ruiz E. (2002): *La medicina nuclear. Temprana historia y reminiscencias personales*. Bogotá, Editorial Kimpres.

Palló, G. (2009): Isotope research before isotopy: George Hevesy's early radioactivity research in the Hungarian context, *Dynamis*, 29, pp. 167-190.

Pavlovsky, A. y C. Lanari, (1941): Las aplicaciones de la radioactividad artificial en medicina y biología, *Medicina*, 2, pp. 242-245.

Pecorini, V. (2008): Entrevista realizada en Buenos Aires el 13 de junio de 2008.

Perinetti, H. (1951): El bocio endémico. Utilización de isótopos en los estudios realizados en Mendoza, *Mundo Atómico. Revista Científica Argentina*, Año II, N°6.

Perinetti, H., Del Castillo, E., Itoiz, J., Stanbury, J., Brownell, G., Riggs, D., Trucco, E., Houssay, A. y Yaciófano, A. (1952): La glándula tiroidea deficiente en yodo. *Revista de la Facultad de Ciencias Médicas Doctor Tomás Perón*, Universidad Nacional de Cuyo, Año 1, Número 2, 17-54.

Placer, A. (2008): “Celso Papadópulos. In memoriam”, conferencia pronunciada en el acto homenaje a Celso Papadópulos, realizado el 30 de abril de 2008 en la CNEA.

Polanyi, M. (1951): *The Logic of Liberty*, Londres, Routledge and Keagan Paul.

Poneman, D. (1982): “Argentina”. En Poneman, D. (ed.), *Nuclear Power in the Developing World*, Londres, George Allen & Unwin.

Price, D. (1963): *Little Science, Big Science*, Nueva York, Columbia University Press.

Quilici, D. (2008): Desarrollo de proveedores para la industria nuclear argentina. Visión desde las Centrales Nucleares, *H-industri@*, Año 2, Núm. 2, pp. 1-23.

Radicella, R. (1963): “La producción de radioisótopos en 1962”. *Boletín Informativo CNEA*, Año VII, N°1, pp. 26-29.

_____. (1999): La química nuclear argentina en la década del cincuenta y el descubrimiento de nuevos radioisótopos, *Ciencia e Investigación*, 52, pp. 69-72.

_____. (2008): Entrevista realizada en Buenos Aires el 15 de mayo de 2008.

_____. (2010): Entrevista realizada en Buenos Aires el 14 de junio de 2010.

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

Rheinberger, H. (2001): “Putting Isotopes to Work: Liquid Scintillation Counters, 1950-1970”, en Joerges, B. y T. Shinn (Eds.): *Instrumentation Between Science, State and Industry*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.

_____. (2003): “Los isótopos en funcionamiento: el contador de centelleo, 1950-1970”, en Santesmases, M. y A. Romero (Eds.): *La física y las ciencias de la vida en el siglo XX: radioactividad y biología*, Madrid, Ediciones de la Universidad Autónoma de Madrid, pp. 53-83.

Romero, A. (2003): “El primer reactor experimental instalado en España”, en Santesmases, M. y A. Romero (Eds.): *La física y las ciencias de la vida en el siglo XX: radioactividad y biología*, Madrid, Ediciones de la Universidad Autónoma de Madrid, pp. 23-40.

Romero, L. (2010): *Conformación y desarrollo de una tradición de investigación clínica médica: Alfredo Lanari y el Instituto de Investigaciones Médicas (IIM) (1957-1976)*. Tesis de Doctorado. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO) - Sede Académica Argentina - Programa de Doctorado en Ciencias Sociales.

Roqué, X. y J. Herran (Eds.) (2009): Dossier: Isotopes: Science, Technology and Medicine in the Twentieth Century, *Dynamis*, 29, pp. 123-364.

Rozados, I. y O. Degrossi (1999): "La Asociación Argentina de Biología y Medicina Nuclear", en Degrossi, O y H. García del Río (Eds.): *Medicina Nuclear. Manual de Técnicas de Aplicación Diagnóstica y Terapéutica*, Buenos Aires, Ediciones Científicas.

Sábato, J. (1968): Energía atómica en Argentina. *Revista de Estudios Internacionales*. Vol. 2, Nº3, p. 332-357 (octubre-diciembre).

_____. (1973): Atomic Energy in Argentina: a Case Study. *World Development*, Vol. 1, Núm. 8, pp. 23-38.

Santesmases, M. (2006): Peace Propaganda and Biomedical Experimentation: Influential Uses of Radioisotopes in Endocrinology and Molecular Genetics in Spain (1947–1971), *Journal of the History of Biology*, 39, pp. 765-794.

_____. (2009): From prophylaxis to atomic cocktail: Circulation of radioiodine, *Dynamis*, 29, 337-364.

Santesmases, M. y A. Romero (Eds.) (2001): *La física y las ciencias de la vida en el siglo XX: radioactividad y biología*, Madrid, Ediciones de la Universidad Autónoma de Madrid.

Shakeshaft, J. (2009): Alfred Gavin Maddock, 15 August 1917 - 5 April 2009. *St. Catharine's Magazine*, pp. 14-17.

Sheinin, D. (2005): Nuclear Development and the Shaping of an Independent Argentine Foreign Policy, 1950-1990, *Estudios interdisciplinarios de América Latina y el Caribe*, 16, 2.

Shinn, T. (1993): The Bellevue grand électroaimant, 1900-1940: birth of a research-technology community, *Historical Studies in the Physical Sciences*, 24, 1, pp. 157-187.

_____. (1997): "Crossing boundaries: the emergence of research-technology communities", en Etzkowitz, H. y Leydesdorff, L. (Eds.): *Universities and the Global Knowledge Economy*, Londres, Pinter.

_____. (2000a): "Linkage: science, technology and industry", en: Nye, M. (Ed.): *The new Cambridge history of science*, Cambridge, Cambridge University Press, pp. 133-153.

_____. (2000b): Formes de division du travail scientifique et convergence intellectuelle, *Revue Française de Sociologie*, 41, pp. 447-473.

_____. (2000c): Axes thématiques et marchés de diffusion, *Sociologie et Sociétés*, 32, pp. 43-69.

_____. (2005): New sources of radical innovation: research-technologies, transversality and distributed learning in a post-industrial order, *Social Science Information*, 44, pp. 731-764.

_____. (2008a): *Research technology and cultural change - instrumentation, genericity, transversality*, Oxford, The Bardwell Press.

_____. (2008b): Regimes de produção e difusão de ciência: rumo a uma organização transversal do conhecimento, *Scientiæ Studia*, 6, 1, pp. 11-42.

Shinn, T. y B. Joerges (2002): The transverse science and technology culture: dynamics and roles of research-technology, *Social Science Information*, 41, pp. 207-251.

Shinn, T. y P. Ragouet (2005): *Controverses sur la science: pour une sociologie transversaliste des activités scientifiques*, París, Raison d'Agir.

Shinn, T. y E. Lamy (2006): Caminhos do conhecimento comercial: formas e consequências da sinergia universidade-empresa nas incubadoras tecnológicas, *Scientiæ Studia*, 4, pp. 485-508.

Sotomayor Torres, C. y W. Rudig (1983): Nuclear power in Argentina and Brazil, *Review of Radical Political Economics*, 15; 67-82.

Spivak L'Hoste, A. (2003): *Aproximación etnográfica a un conflicto en el campo científico y tecnológico: la venta del reactor RRR a Australia*. Tesis de Maestría inédita. Centro de Estudios Avanzados, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.

_____. (2006): "Gato encerrado" o "confidencialidad comercial": el problema del secreto en la venta de un reactor nuclear. *Intersecciones en Antropología*, 7, pp. 349-360.

_____. (2010): *El Balseiro. Memoria y Emotividad en una Institución Científica Argentina*, La Plata, Al Margen.

Stanbury, J. (2003): Conferencia en Homenaje a la memoria del Prof. Dr. Héctor Perinetti (primera parte), *Revista Argentina de Endocrinología y Metabolismo*, Vol. 40, 1.

Stanbury, J., Brownell, G., Riggs, D., Perinetti, H., Itoiz, J., Del Castillo, E. (1956): *Bocio endémico*. Buenos Aires, Editorial El Ateneo.

Torres Albero, C. (1994): *Sociología política de la ciencia*, Centro de Investigaciones Sociológicas, Madrid, Siglo XXI de España Editores SA.

Touya, E. (1987): Nuclear medicine in Latin America. A review of his development, impact, and potential, *IAEA Bulletin*, Vol. 29, 1, pp. 26-31.

_____. (1997): ALASBIMN and the development of Latin American nuclear medicine, *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging*, Vol. 24, 7, pp. 847-851.

Vaccarezza, L. y Zabala J. (2002): *La construcción de la utilidad social de la ciencia: Investigadores en biotecnología frente al mercado*, Bernal, Universidad Nacional de Quilmes Ediciones.

Vessuri, H. (1995): "La academia va al mercado. Un enfoque sociológico de las relaciones de los investigadores académicos con el mundo productivo", en Vessuri, H. (Ed.): *La academia va al mercado. Relaciones de científicos académicos con clientes externos*, Caracas, Fondo Editorial FINTEC.

Vinck, D. (2006): "La construcción de un modelo local de trabajo colectivo: el caso de un polo de investigación en micro y nanotecnología", *VI Jornadas Latinoamericanas de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología (ESOCITE)*, Bogotá-Colombia, 19 al 21 de abril.

Weart, S. (1988): *Nuclear fear: a history of images*, Cambridge, Harvard University Press.

Westerkamp, J. (1975): *Evolución de las ciencias en la República Argentina, 1923-1972. Tomo II: Física*, Buenos Aires, Sociedad Científica Argentina.

Whitley, R. (1978): Types of Science. Organisational Strategies and Patterns of Work in Research Laboratories in Different Scientific Fields, *Social Science Information*, 17, pp. 427-447.

Williams, J. (1999): Donner Laboratory: The Birthplace of Nuclear Medicine, *The Journal of Nuclear Medicine*, Vol. 40 (1), pp. 16-20.

Woolgar, S. (1976): "The Identification and Definition of Scientific Collectivities", en Lemaine, G., R. MacLeod, M. Mulkay y P. Weingart (Eds.): *Perspectives on the Emergence of Scientific Disciplines*, La Haya, París, Mouton & Co., pp. 233-246.

Documentos CNEA

Memorias

CNEA (1956): Memoria institucional 1952-1955, copia mecanografiada.

CNEA (1964a): Memoria Institucional 1962-1963.

CNEA (1967a): Memoria institucional 1966.

CNEA (1968): Memoria institucional 1967.

CNEA (1972): Memoria institucional 1970.

CNEA (1973): Memoria institucional 1971.

CNEA (1989): Memoria institucional 1988.

Boletín / Revista / Otros

CNEA (1957): "Argentina - Curso médico sobre uso de radioisótopos", *Boletín informativo*, Año I, N°7, pp. 18-20.

- CNEA (1958a): "Argentina - Radioisótopos", *Boletín informativo*, Año II, N°4, pp. 9-10.
- CNEA (1958b): "Argentina - Radioisótopos", *Boletín informativo*, Año II, N°5, pp. 10-11.
- CNEA (1958c): "Argentina - Radioisótopos", *Boletín informativo*, Año II, N°6, pp. 8-9.
- CNEA (1958d): "Argentina - Actividades del Dpto. de Radioisótopos", *Boletín informativo*, Año II, N°2, pp. 24-25.
- CNEA (1958e): "Argentina - Inauguración del RA-1", *Boletín informativo*, Año II, N°2, pp. 4-13.
- CNEA (1958f): "Argentina - Aparato para Producción de Oro Coloidal Radiactivo", *Boletín informativo*, Año II, N°10, pp. 4-7.
- CNEA (1958g): "Último momento. Construcción de un nuevo reactor", *Boletín informativo*, Año II, N°10, pp. 1 y 31.
- CNEA (1958h): "Viajeros", *Boletín informativo*, Año II, N°12, p. 11.
- CNEA (1958i): "Visitas destacadas", *Boletín informativo*, Año II, N°10, pp. 14-16.
- CNEA (1958j): "Argentina - Curso de radioisótopos", *Boletín informativo*, Año II, N°12, p. 13.
- CNEA (1958k): "Convenio", *Boletín informativo*, Año II, N°11, p. 1.
- CNEA (1959a): "Argentina - Trabajo del RA-1", *Boletín informativo*, Año III, N°1, p. 7.
- CNEA (1959b): "Argentina - CNEA - Actividades del Departamento de Radioisótopos", *Boletín informativo*, Año III, N°6, pp. 13-20.
- CNEA (1959c): "Argentina - Becario", *Boletín informativo*, Año III, N°1, pp. 7-8.
- CNEA (1959d): "Segundo Simposio Interamericano de sobre la aplicación de la energía nuclear para fines pacíficos", *Boletín informativo*, Año III, N°3, pp. 1 y 15-21.
- CNEA (1961a): "La Comisión Nacional de Energía Atómica", Conferencia pronunciada por Oscar Quihillalt en la Sociedad Científica Argentina, *Boletín informativo*, Año V, N°2, pp. 8-16.
- CNEA (1961b): "Primer fraccionamiento de radioisótopos". *Boletín Informativo CNEA*, Año V, N°2, p. 29.
- CNEA (1961c): "Demostración ofrecida al señor Presidente de la Comisión Nacional de Energía Atómica por el señor Ministro de Educación y Justicia de la Nación", *Boletín informativo*, Año V, N°3, pp. 9.

CNEA (1961d): "II Curso de Aplicación de Radioisótopos", *Boletín informativo*, Año V, N°4, pp. 3-11.

CNEA (1962): "La Comisión Nacional de Energía Atómica", Conferencia pronunciada por Oscar Quihillalt en el Centro Naval, *Boletín informativo*, Año VI, N°4, pp. 7-31.

CNEA (1963a): "Expertos extranjeros en la CNEA", *Boletín informativo*, Año VII, N°2, pp. 17-18.

CNEA (1963b): "Profesionales que han realizado estudios en el exterior y están de regreso", *Boletín informativo*, Año VII, N°1, p. 15.

CNEA (1963c): "Expertos de la CNEA en el exterior", *Boletín informativo*, Año VII, N°2, p. 17.

CNEA (1963d): "Curso Regional de Aplicaciones Médicas de Radioisótopos", *Boletín informativo*, Año VII, N°2, pp. 23-24.

CNEA (1963e): "Primera Conferencia Interamericana de Radioquímica", *Boletín informativo*, Año VII, N°2, p. 19.

CNEA (1964b): "Nuevo Método para Obtener Fósforo 32", *Boletín informativo*, Año VIII, N°1, p. 9.

CNEA (1964c): "Viajes y visitas", *Boletín informativo*, Año VIII, N°1, pp. 19-24.

CNEA (1966a): "Curso sobre Radioisótopos", *Boletín informativo*, Año IX, N°1, p. 15.

CNEA (1966b): "Comisiones", *Boletín informativo*, Año IX, N°2, p. 17.

CNEA (1966c): "Notas reversales CNEA - USAEC", *Boletín informativo*, Año IX, N°1, pp. 6-10.

CNEA (1967b): Folleto informativo sobre la inauguración del RA-3.

CNEA (1967c): "La CNEA fue sede del 1er Coloquio Argentino de Hormonas Tiroideas", *Boletín informativo*, Año X, N°2, pp. 18-20.

CNEA (1967d): "El contraalmirante Oscar A. Quihillalt fue elegido Presidente de la Junta de Gobernadores del O.I.E.A.", *Boletín informativo*, Año X, N°3, pp. 4-5.

CNEA (1967e): "OIEA: 10 años de fructífera labor", *Boletín informativo*, Año X, N°2, pp. 13-17.

CNEA (2002): Cincuenta años de contribución a la investigación y desarrollo tecnológico de la Argentina, *Revista CNEA*, Año 1, N° 4, pp. 24-27.

Legislación

Decreto 10.936/50, 31 de mayo de 1950. Publicado en el Boletín Oficial, 7 de junio de 1950.

Decreto 15.571/51, 7 de agosto de 1951.

Decreto Ley 22.498/56 de Organización de la Comisión Nacional de Energía Atómica, 19 diciembre 1956: Publicada en el Boletín Oficial, 28 de diciembre de 1956.

Resolución Nº 36 del Directorio de la CNEA (1957).

Decreto 842/58, 24 de enero de 1958. Publicado en el Boletín Oficial, 11 de junio de 1958.

Ley 16.432, de Presupuesto General de la Administración Pública Nacional (Ejercicio de 1962), sancionada el 30 de noviembre de 1961. Promulgada 1º de diciembre de 1961.

ANEXO

Organigrama de la Comisión de Energía Atómica en 1971 (CNEA, 1973).

