

LA REVISTA DE LA
**COMISIÓN NACIONAL
DE ENERGÍA ATÓMICA**



AÑO VIII – NÚMERO 31/32 – JULIO / DICIEMBRE 2008



BIODIVERSIDAD EN EL CENTRO ATÓMICO EZEIZA

ISSN 1666-1036

Guía para autores de artículos

Línea Editorial: Los artículos podrán ser originales o haber sido presentados en eventos científicos o en revistas ajenas al área nuclear que permitan su publicación con la sola mención de esa circunstancia, y estar dirigidos a la comprensión de un lector con formación científica o tecnológica, pero no necesariamente en el área temática del mismo.

Envío: Deberán enviarse por correo electrónico a la dirección revista@cnea.gov.ar.

Formato: Serán preparados con Word for Window ® y la página será tamaño IRAM Carta (216 mm x 279 mm). Los márgenes serán: izquierdo y derecho 3 cm, superior e inferior 2,5 cm. El tipo de letra será Arial de 10 pt. No deberán sobrepasar las diez páginas.

Título: Constará de no más de diez palabras, debiendo dar indicación concisa del contenido y ser fácilmente identificable para su cita en bibliografías y publicaciones editadas por servicios de información. Podrá ser seguido por un subtítulo separado por dos puntos que contenga información complementaria. Se evitarán las abreviaturas, acrónimos, códigos, símbolos y fórmulas que no sean de uso común.

Datos del (los) autores:

Deben constar los apellidos y nombre(s) propio(s), usándose iniciales sólo en el caso de más de un nombre. Se indicará(n) además la(s) función(es) y/o puesto(s) de trabajo y el(los) organismo(s) a que pertenece(n).

Resúmenes de los artículos:

Cada artículo será precedido por un resumen del contenido, redactado en castellano e inglés, que sea autosuficiente, contenga la información básica y no supere las trescientas palabras, estructurado en no más de dos o tres párrafos. Se utilizarán verbos en voz activa y palabras significativas tomadas del texto que ayuden a la recuperación automática por ordenador. Conviene evitar términos infrecuentes, acrónimos, siglas, abreviaturas o símbolos, y en caso de que se utilicen deben definirse la primera vez que aparezcan en el resumen.

Texto Principal: Los artículos deben seguir un orden lógico y claro, debiéndose indicar la finalidad del trabajo así como su relación con otros anteriores. Las divisiones y subdivisiones se podrán destacar con títulos apropiados que podrán numerarse. Se utilizarán notaciones normalizadas para cada disciplina, como las establecidas por las normas IRAM u otros organismos de normalización. Las notas a pie de página sólo se incluirán para complementar la información o remitir a las referencias bibliográficas, pero no deben contenerlas.

Las figuras (fotografías, gráficos, diagramas, ilustraciones y mapas) deben numerarse secuencialmente en números arábigos y estar acompañadas por una leyenda explicativa. Las tablas también deben numerarse y tener títulos apropiados. Tanto las figuras como las tablas deben referenciarse en el texto. Su envío se hará en lo posible en formato jpg o bmp.

Los aportes suministrados por otros deben ser claramente reconocidos. Los documentos citados en el texto principal se incluirán en una lista de referencias al final del artículo.

Referato: Serán considerados para su publicación por miembros del Comité Científico y, eventualmente, se consultará con especialistas del área temática correspondiente sobre su relevancia y originalidad.

Derechos de autor: Los trabajos publicados sólo podrán copiarse con el consentimiento del autor e indicación de su procedencia.

Erratas: Las correcciones a que hubiere lugar se publicarán en la edición posterior.

LA REVISTA DE LA
**COMISIÓN NACIONAL
DE ENERGÍA ATÓMICA**



AÑO VIII – NÚMERO 31/32 – JULIO - DICIEMBRE 2008

editorial

El Comité Editorial se complace en presentar el número 31/32 de la Revista con el que completamos su octavo año de existencia.

En este número incluimos una variado menú de artículos de gran actualidad, que abarcan desde aspectos que hacen a la reactivación nucleoelectrica en la Argentina hasta la preservación ambiental, pasando por la aplicación de técnicas nucleares en la gestión adecuada de los recursos hídricos.

Así, en uno de ellos se describe la evolución de los estudios de emplazamiento de centrales nucleares a lo largo del tiempo y los enfoques predominantes a nivel mundial en este tipo de estudios, así como la metodología que se utiliza en los mismos. También se hace una reseña de los estudios de localización de centrales nucleares realizados en la Argentina, enmarcándolos en el contexto mundial.

En otro artículo, frente al inicio de esta nueva etapa en la instalación de capacidad nucleoelectrica en el país, se analiza la historia del desarrollo de proveedores locales para la industria nuclear nacional en búsqueda de antecedentes y experiencias útiles para esta nueva realidad, describiendo como, a partir de las decisiones de construcción de las Centrales Nucleares Atucha I, Embalse y Atucha II, se implementaron políticas para maximizar la participación nacional en esas construcciones y la transferencia de tecnología del exterior a la industria local. También se analiza la influencia del plan nuclear puesto en vigencia a fines de los años setenta sobre el desarrollo tecnológico endógeno, y se describen los hechos que, a partir de la paralización de la construcción de la Central Nuclear Atucha II, permitieron mantener la capacidad tecnológica nacional vigente hasta el presente y abrir una expectativa positiva en relación con la reactivación de la industria argentina como proveedora de insumos y servicios nucleares.

Ante la creciente preocupación por parte de la población respecto de la contaminación ambiental que afecta la calidad de vida de los habitantes, la biodiversidad y el planeta todo, en otro artículo se considera la posibilidad del establecimiento en el Centro Atómico Ezeiza de un espacio destinado a la protección de la naturaleza y a los estudios académicos relacionados, teniendo en cuenta que ese Centro Atómico, ubicado en el cordón urbano más poblado del país, constituye uno de los pocos espacios verdes de la zona que contribuyen a la calidad del medio ambiente urbano, siendo además un refugio natural de vida silvestre de la ecoregión pampeana.

Los países de la Región Latinoamericana enfrentan el desafío de gestionar adecuadamente sus recursos hídricos para satisfacer no solo en cantidad, sino también en calidad sus distintos usos: riego, ganadero, industrial, abastecimiento y recreativo. Un último artículo describe la participación argentina en un proyecto de cooperación regional del Programa ARCAL que, en consonancia con recomendaciones internacionales de la Organización Mundial de la Salud y de la Organización Panamericana de la Salud, se propone contribuir a la mejora de la gestión de la calidad del agua de cuerpos de aguas superficiales aplicando técnicas nucleares.

Como en números anteriores se incluyen las secciones “CNEA al Día” y “Reseñas bibliográficas”.

Reiteramos una vez más la invitación a todos los integrantes del sector nuclear, con prescindencia del organismo al que pertenezcan o hayan pertenecido, y a quienes estén o hayan estado vinculados a la actividad nuclear en cualquier circunstancia, que tengan trabajos que deseen difundir, a que los hagan llegar este Comité Editorial.

autoridades nacionales

Presidente de la Nación
Doctora Cristina E. Fernández de Kirchner

Ministro de Planificación Federal,
Inversión Pública y Servicios
Arquitecto Julio Miguel De Vido

Secretario de Energía
Ingeniero Daniel Omar Cameron

autoridades institucionales

Presidenta
Licenciada Norma Luisa Boero

Vice-Presidente
Ingeniero Mauricio Bisauta

Gerente General
Doctor Carlos Rubén Calabrese

comité asesor

Doctor Carlos Aráoz
Doctor Jim Cronin
Doctor Juan Martín Maldacena
Doctor Renato Radicella

comité editorial

Ingeniero Pascual Fernando Aguirre
Capitán de Navío (R) Roberto Mario Ornstein

Diseño de tapa Licenciada Stella Spurio
Impresión VCR. Impresores S.A.
ISSN: 1666-1036



Fotos de tapa

Biodiversidad en el
Centro Atómico Ezeiza
Ejemplos de Flora y Fauna.

sumario

Editorial	3
Estudios de localización para el emplazamiento de nuevas centrales nucleares en la Argentina	5
Reflexiones sobre el desarrollo de proveedores locales para la industria nuclear argentina	11
¿Un área protegida en el Centro Atómico Ezeiza?	26
El Proyecto ARCAL RLA/1/010: Mejora de la gestión regional de la contaminación de cuerpos de agua contaminados con metales: desarrollo del proyecto en la Argentina	33
CNEA al día, noticias institucionales	37
Reseñas bibliográficas	42

Estudios de localización para el emplazamiento de nuevas centrales nucleares en la Argentina

GUSTAVO A. BARBARÁN - Grupo de Prospectiva y Planificación Energética - Subgerencia de Planificación Estratégica - Gerencia de Planificación, Coordinación y Control – Comisión Nacional de Energía Atómica

Este trabajo es una síntesis de la tesis elaborada por el Grupo de Prospectiva y Planificación Energética de la Comisión Nacional de Energía Atómica en el año 2007 para la “Carrera de Especialización en Aplicaciones Tecnológicas de la Energía Nuclear” (CEATEN) que dicta el Instituto Balseiro. En el se describen la evolución de los estudios de emplazamiento a lo largo del tiempo y los enfoques predominantes a nivel mundial en este tipo de estudios. Se hace una reseña de los estudios previos de localización de centrales nucleares en la Argentina, enmarcándolos en el contexto mundial. Se describe la metodología de los estudios de emplazamiento de acuerdo a los criterios internacionales actuales. Por último, se describe el proceso de licenciamiento que se realiza a continuación del estudio de localización.

This paper is a summary of the thesis prepared by the Group of Prospective and Energy Planning of the National Atomic Energy Commission for the “Specialization on Applications of Nuclear Technology Course” of the Instituto Balseiro in 2007. It describes the evolution of siting studies through time and the main focus worldwide in this type of studies. Then, it makes a brief review of previous siting studies of nuclear power plants conducted in Argentina. It carries out a description of the methodology to conduct a site evaluation for nuclear power plants according to actual international criteria. Finally, it describes the licensing process that follows every site study.

Introducción

La República Argentina es un país nuclear; tiene la vocación y la voluntad para llevar adelante un programa nuclear con fines pacíficos acorde a sus requerimientos. Esta afirmación nos permite enfrentar la búsqueda de una solución para los problemas energéticos mediante la construcción de centrales nucleares.

La construcción de centrales eléctricas en general y nucleares en particular se enmarca en lo que se llama “inversiones en infraestructura”. La infraestructura de un país constituye un elemento central en la integración del sistema económico, social y territorial del mismo, posee la cualidad de ser de localización específica y tiene efectos potenciales de crecimiento en las economías locales y regionales.

Los servicios básicos y su provisión eficiente son vehículos de cohesión territorial, económica y social, porque integran y articulan el territorio, lo dotan de factores fundamentales para la producción y mejoran las condiciones y la calidad de vida de las personas. Asimismo, incrementan la productividad y reducen los costos de producción, expanden la actividad comercial, contribuyen a la creación de empleos y estimulan la inversión privada y la acumulación de capital.

Tomando como fundamento el carácter positivo y multiplicador de estas obras en la economía de una región, se deduce que los estudios de localización de centrales nucleares revisten una importancia fundamental para el desarrollo de un país o una región. El doble carácter de obra de infraestructura y de industria tecnológica

avanzada implica un gran progreso para la región, armonizando el desarrollo de un país.

Así como la instalación de una nueva central nuclear conlleva al progreso de la región, también implica modificaciones inevitables del entorno. Por ello, el estudio para la localización de centrales nucleares debe realizarse en forma metódica, considerando todos los factores involucrados, y sistémica, evaluando y estudiando los factores y su complementación e interacción simultáneamente.

Dimensiones de un estudio de emplazamiento

Un estudio de emplazamiento de una central nuclear tiene múltiples dimensiones (figura 1), máxime cuando se trata de una obra de gran envergadura, donde las condiciones ambientales influyen fuertemente en las inversiones a realizar y el impacto socioeconómico en la región es enorme.

La industria nuclear en occidente nació conciente de que la seguridad es una materia clave en el desarrollo de la misma. Tomando esta premisa como fundamental se realizaron los diseños de las diferentes líneas de reactores (PWR, BWR, PHWR y CANDU). En los años '60 y '70, al inicio del “boom” de la actividad nuclear, la seguridad se enfocaba en el diseño y operación de las centrales nucleares, mientras que los estudios de localización se realizaban priorizando criterios geoestratégicos, técnicos y económicos.



Figura 1- Dimensiones de un estudio de localización

A fines de los años '70 y principios de los '80, debido a las consecuencias del accidente en *Three Mile Island*, a la madurez de la tecnología nuclear en países desarrollados y a la posibilidad de incrementar el mercado nuclear con la exportación a países en desarrollo, el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) - promotor de los usos pacíficos de energía nuclear a nivel mundial - decide encarar un programa de normas para la industria nuclear, donde se pone énfasis en el aspecto básico de ésta, la seguridad. Se crean entonces las guías de seguridad en las que se estudia la localización de centrales nucleares desde el punto de vista de la seguridad como requisito indispensable para el sitio elegido, antes de pensar en condicionamientos geopolíticos o económicos.

Estas guías son un listado metódico y exhaustivo de los criterios de selección de emplazamientos desde el punto de vista de la seguridad.

El accidente de Chernobyl, en el año 1986, pone en situación crítica a la industria nuclear. Aunque se trataba de un reactor diseñado sin seguir las premisas occidentales en materia de seguridad, creó una conciencia negativa en la sociedad acerca de los riesgos que implica la industria nuclear. Asimismo, con una mayor conciencia pública respecto del medio ambiente, los gobiernos más avanzados crearon normativas específicas sobre el tema, regulando la instalación de industrias de gran envergadura y supeditando su instalación a los estudios de impacto ambiental de la industria sobre la región involucrada. Esto da una nueva vuelta de tuerca sobre los estudios de emplazamiento y le suma a la seguridad del sitio el cuidado y respeto por el medio ambiente.

Al mismo tiempo, en las sociedades occidentales comienza a plantearse el concepto NIMBY (*not in my back yard* - no en mi patio trasero), que cuestiona las instalaciones que pudieran afectar de alguna manera el entorno inmediato en que se vive, llevando a una situación de total paralización de nuevas actividades. Este planteamiento, en el que se mezclan posturas excesivamente localistas, fundamentalistas y de desconocimiento sobre la totalidad del problema, es éticamente discutible. La sociedad actual necesita recursos energéticos abundantes, seguros y baratos, beneficios que la industria nuclear aporta de manera

óptima, pero no quiere pagar el "costo" que significa la instalación de ésta.

En los países en desarrollo, esta postura generalmente es copiada de los países del primer mundo por diferentes sectores sociales sin tener en cuenta que el aumento en la calidad de vida de toda la población supera ampliamente a cualquier planteamiento pseudo-ambiental de carácter localista, entendiendo a la pobreza y subdesarrollo como la mayor fuente de contaminación.

Durante la década de los '90, el INSAG (*International Safety Nuclear Advisory Group*) del OIEA formaliza los enunciados de la seguridad nuclear, estableciendo a la seguridad como principio básico que entrelaza a todas las etapas del ciclo de vida de cualquier instalación nuclear. Así, mediante los conceptos de cultura de la seguridad¹ y defensa en profundidad² se establecen principios guías para la selección del sitio teniendo en cuenta la seguridad de la instalación durante todo su ciclo de vida. En el año 2003, tomando en cuenta los avances y desarrollos en las materias relacionadas a los estudios de emplazamiento, el OIEA realiza una revisión de sus manuales de seguridad dando lugar a la serie NS-R-3, actualmente vigente.

Este panorama sobre la evolución del alcance de los problemas de localización sugiere también un aumento de la complejidad de la tarea. Inicialmente se realizaban relevamientos de infraestructura y se hacían cálculos económicos para elegir el mejor sitio o región para instalar la central nuclear. Luego se pasó a analizar en forma metodológica todas las características del sitio que pudieran influir en la seguridad del reactor y cómo el reactor influye en la región. Por último, al realizar análisis sociales y medioambientales, unidos a los de seguridad y a los económicos, se toma un enfoque sistémico para encarar el problema, sin dejar de lado ninguna variable y considerando sus interrelaciones.

Antecedentes nacionales

Al igual que en el resto del mundo, los primeros estudios de localización de centrales nucleares en la Argentina fueron realizados de acuerdo a criterios geoestratégicos asociados al pensamiento de la época, en un entorno de proteccionismo económico (cierre de fronteras comerciales, protección del mercado interno) y

¹Es el conjunto de características y actitudes en organizaciones e individuos que aseguren que, como prioridad esencial, las cuestiones de seguridad de las centrales nucleares reciban la atención que merecen en razón de su significación.

²Consiste fundamentalmente en la combinación de una serie de niveles de protección, consecutivos e independientes, que previenen de la liberación de material radiactivo al ambiente. Si fallara un nivel de protección o una barrera, se debe garantizar que el nivel o barrera siguiente cumplirá con su función. La defensa en profundidad garantiza que ninguna falla técnica, humana o de organización pueda, por sí sola, dar lugar a efectos perjudiciales, y que las combinaciones de fallas que pudieran causar efectos perjudiciales importantes sean sumamente improbables. La eficacia independiente de los diferentes niveles de defensa es un elemento central de la defensa en profundidad.

una participación activa del Estado en las industrias de base. En esa línea, el Estado llevaba adelante estas inversiones, en pos de conseguir el ansiado desarrollo.

Los estudios de localización en la República Argentina comienzan con los trabajos realizados para la instalación de las centrales nucleares Atucha I (1965) y Embalse (1968). La selección de la ubicación de Atucha I se realizó satisfaciendo requerimientos de carácter técnico y económico que, como lo indica el estudio, son similares a los exigibles para la instalación de centrales convencionales. El estudio partió de la premisa de que lo más aconsejable era instalar la central lo más cerca posible de los grandes centros de carga. Para la definición de las zonas posibles se tuvieron en cuenta tres factores principales: agua de refrigeración, topografía y distanciamiento de centros poblados. Finalmente fue elegida la localidad de Lima, provincia de Buenos Aires, donde se priorizaron los factores de integración al sistema eléctrico. El estudio de localización para la central de Embalse sigue los mismos lineamientos que el realizado para Atucha I, llegando a las mismas conclusiones al momento de definir el sitio de instalación. El estudio realizado para la localización de una central nuclear en el área de Buenos Aires Sur incluye una descripción un tanto más detallada que los estudios anteriores sobre las características del sitio, pero las premisas para favorecer a la instalación de una central siguen manteniéndose como en el estudio para Atucha I.

Luego, con el advenimiento del plan nuclear de 1979 que contemplaba la realización de 4 centrales nucleares más para el año 2000, y en un intento por sistematizar el proceso de selección, la CNEA realiza un modelo para estudios de emplazamientos para instalaciones nucleares en la Argentina. Este modelo analiza los efectos de la instalación sobre el medio ambiente, las condiciones técnicas y las condiciones socio-económicas de los diferentes emplazamientos para seleccionar cuáles podrían ser elegibles. Luego, en base a evaluaciones económicas y a una jerarquización de los factores previamente mencionados, se establece un "ranking" entre los diferentes emplazamientos para definir finalmente el más favorable. En base a ese modelo se realiza el estudio de emplazamiento para una central nuclear en Cuyo en 1976. De dicho plan nuclear – que mas tarde fuera desactivado - sólo se comenzó la construcción de la Central Nuclear Atucha II.

Los estudios de emplazamiento para la cuarta central nuclear (1986), realizados poco tiempo después del comienzo de la construcción de Atucha II, utilizan el modelo establecido por la CNEA, pero también siguen las guías de seguridad del OIEA en algunos temas, lo que permitió dar más rigurosidad al estudio en ciertos aspectos referidos a la seguridad.

En el año 2004, el OIEA estableció el grupo de estudio del Proyecto Internacional sobre Reactores Nucleares y Ciclos de Combustible Innovativos (INPRO por su sigla en inglés), que desarrolla una metodología para evaluar la sustentabilidad de los futuros sistemas

innovativos del área nuclear. Dentro de ese marco, en el año 2006 la Argentina preparó un estudio de proyección de la demanda energética para el período 2010-2025, donde se evalúa en forma favorable la instalación de nuevas centrales nucleares. Como parte del estudio INPRO se realiza una definición macro de los posibles sitios para la localización de nuevas centrales nucleares. Con la reanudación de la actividad nuclear en el país, que incluye la terminación de Atucha II y un nuevo estudio para una cuarta central nuclear, y con la participación de la Argentina en la aplicación de la metodología INPRO del OIEA, se necesita volver a estudiar los procedimientos de selección de emplazamientos para nuevas centrales nucleares.

Metodología para realizar los estudios de emplazamiento

La complejidad del problema hace necesaria una metodología flexible y generalista, de manera de poder conducir el estudio con algunos criterios básicos y pautas claras que encaucen la búsqueda de información y permitan evaluar en qué medida se cumplen las normas o regulaciones estipuladas para la instalación de una central nuclear.

Evidentemente, la cantidad de datos necesarios y la complejidad y refinamiento de un proceso de selección aumentan a medida que avanza el estudio de emplazamiento. Esto lleva a la necesidad de contar, en etapas avanzadas, con un equipo de expertos en las diferentes disciplinas en las que se centrará el estudio. El estudio y evaluación de emplazamientos de centrales nucleares involucra las siguientes etapas conforme a la guía NS-R-3 del OIEA:

1. **Etapas de selección:** en esta primera etapa se realiza una investigación sobre una gran región en base a criterios simples y bien definidos. El objetivo general es obtener una representación completa de las diferentes zonas de la región para continuar el proceso de selección. Se utiliza información existente y disponible sobre algunas de las características necesarias de los emplazamientos para eliminar extensos territorios de la región en estudio de toda consideración posterior. El resultado de este proceso será un número considerable de emplazamientos potenciales englobados en diferentes zonas aptas para la instalación de una central nuclear.
2. **Etapas de caracterización:** esta etapa supone el estudio e investigación de los emplazamientos admisibles seleccionados en la etapa anterior para demostrar que son aceptables desde varios puntos de vista, en particular desde el punto de vista de la seguridad. En esta etapa se define el sitio para la instalación de la central nuclear y se determinan las bases de diseño de la misma. Para la selección final del sitio resultan de importancia fundamental el acceso a los mercados energéticos, las prioridades de desarrollo del país o región en consideración, el consentimiento de la

población para la instalación de la central nuclear y el entorno político e institucional que acompañe a la decisión del emplazamiento de la central nuclear. Un sitio será seleccionado si primero cumple con todos los requisitos relativos a la seguridad y luego si es preferido respecto a otros sitios en cuanto a los requisitos no relacionados con la misma.

3. Etapa preoperacional: Una vez definido el sitio se continúan los estudios e investigaciones iniciados en etapas anteriores. Esto sirve para completar y perfeccionar la evaluación de las características del sitio. Algunos datos son obtenidos durante la etapa de construcción (por ejemplo: condiciones del terreno cuando se realizan excavaciones para las fundaciones). Estos datos permiten realizar la evaluación final de los modelos usados en el diseño final de la planta.

4. Etapa operacional: el estudio del emplazamiento continúa a lo largo de todo el ciclo de vida de la planta. Esto se realiza para monitorear algunas

características, como por ejemplo condiciones demográficas, que pueden llegar a afectar a la seguridad de la instalación.

A lo largo de todo el estudio se revisan diferentes características de los emplazamientos. Tales características se pueden distinguir en principio entre las relacionadas con la seguridad y las no relacionadas con la seguridad, teniendo siempre presente que es una distinción difusa. Estas características y sus interrelaciones se pueden observar en las figuras 2 y 3.

Las características relacionadas con la seguridad nos darán la viabilidad para la instalación de una central nuclear en un emplazamiento determinado, mientras que las características no relacionadas con la seguridad nos darán el emplazamiento óptimo de acuerdo a los criterios de desarrollo que se sigan. No está de más repetir que un sitio que no cumpla con las características relacionadas con la seguridad y que no pueda ser compensado mediante características de diseño, será excluido de toda consideración.

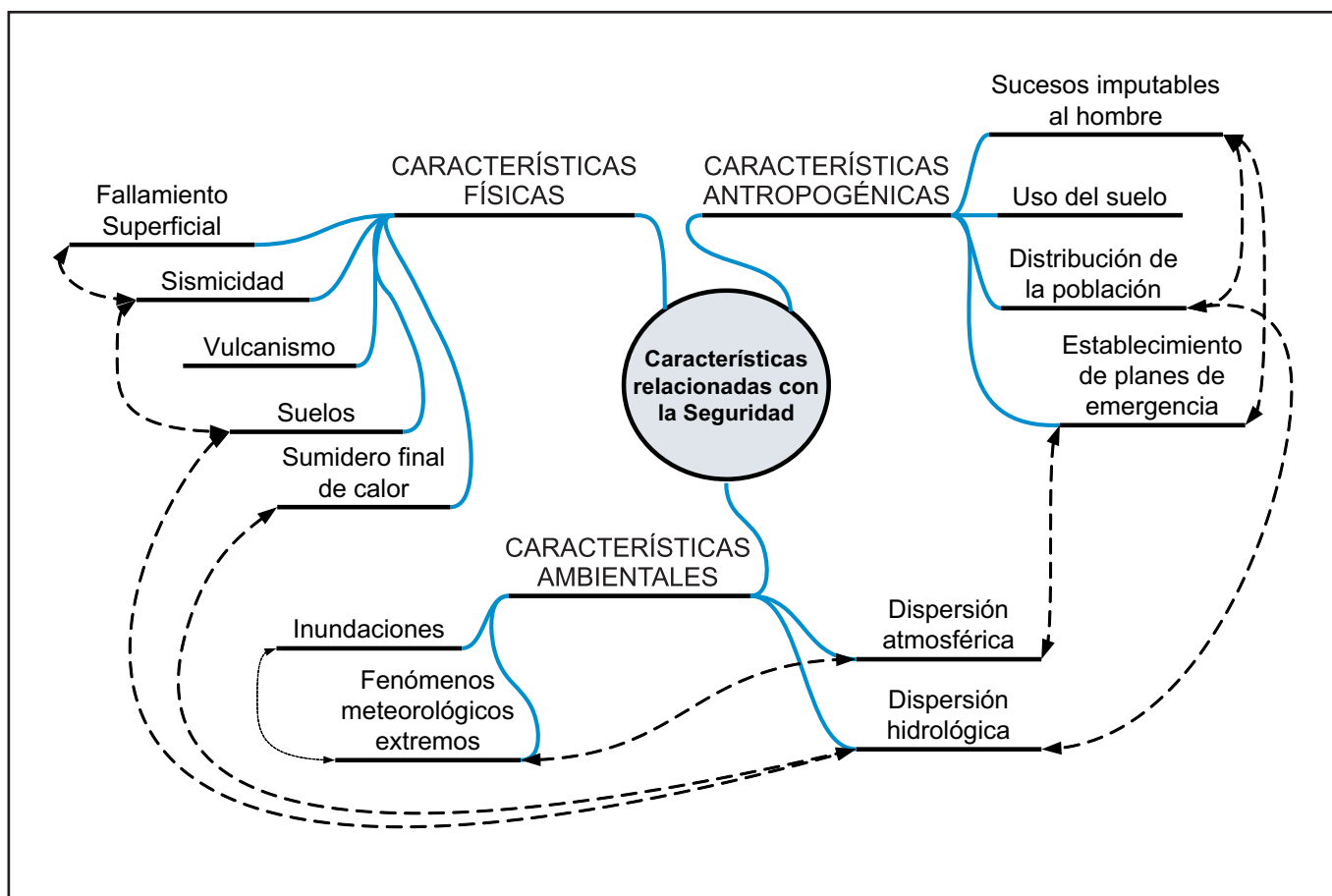


Figura 2 - Características relacionadas con la seguridad y su interrelación

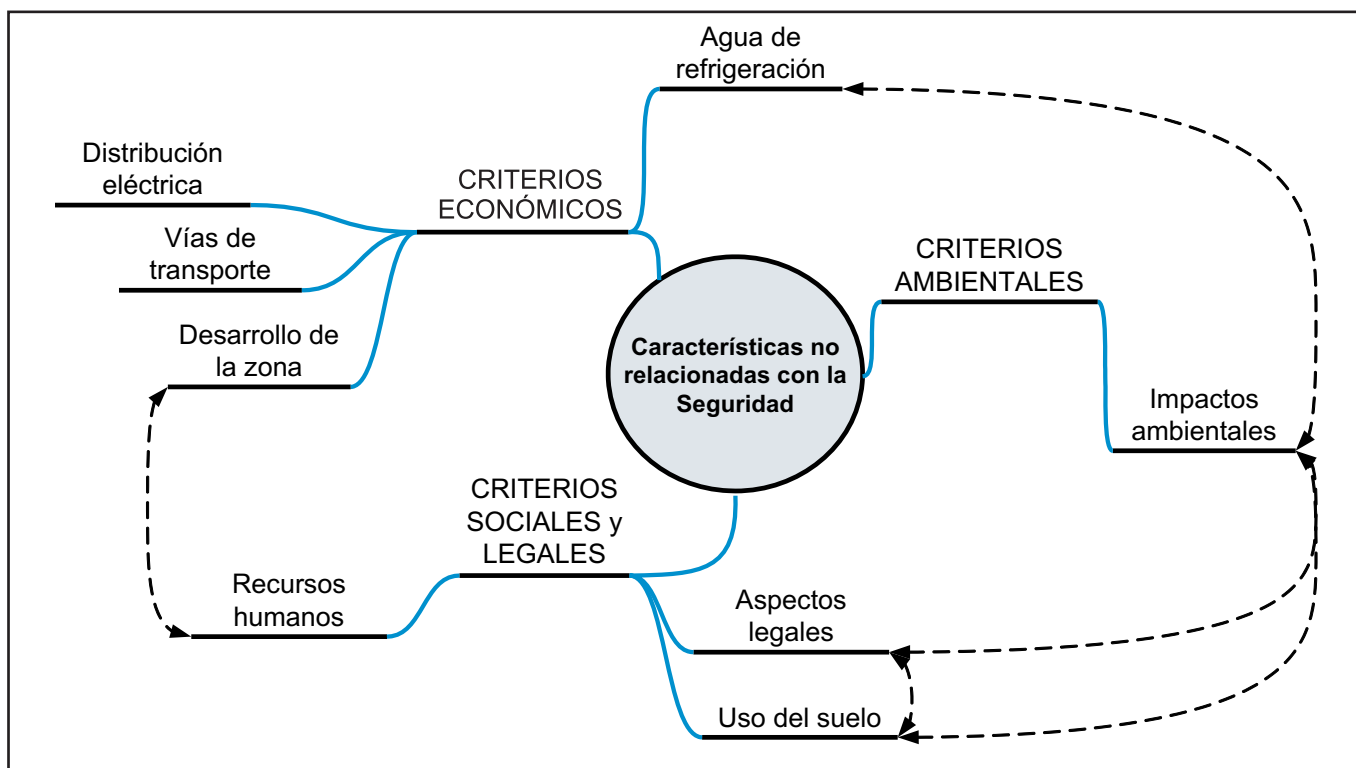


Figura 3: Características de los emplazamientos no relacionadas con la seguridad

El objetivo principal de la evaluación de sitios en términos de seguridad nuclear es el de proteger al público y al ambiente de las consecuencias radiológicas de liberaciones accidentales de radiactividad. Se deben tener en cuenta:

- o los efectos de eventos externos a una instalación que puedan ocurrir sobre un sitio particular;
- o las características del sitio y su ambiente que podrían influir en la instalación; y
- o las características demográficas de la zona en la medida que puedan afectar la implementación de medidas de emergencia.

Además de proveer la base técnica para los informes de seguridad - a ser remitidos a la Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN) - la información obtenida permite realizar la evaluación de impacto ambiental referida al riesgo radiológico.

Licenciamiento

El estudio de emplazamientos continúa con la construcción de la central. Pero para construir una central se debe contar con una licencia de construcción otorgada por la ARN. En materia de licenciamiento de instalaciones, la ARN debe estar fehacientemente convencida de que la instalación no provocará daños al público ni al medio ambiente. Es por eso que, previo al proceso de licenciamiento, se debe realizar un Estudio de

Impacto Ambiental (EIA). Dicho estudio constituye un conjunto documental que, contemplando las variables ambientales, sociales, culturales y económicas, analiza y pondera, sistemáticamente, las consecuencias ambientales de la implementación de una obra o actividad proyectada. Implica la valoración cualitativa y cuantitativa del medio donde se propone desarrollar el proyecto, describe pormenorizadamente las actividades a desarrollar para llevarlo a cabo, identifica y valora sus impactos ambientales y formula o propone acciones alternativas o complementarias para la mitigación de los impactos negativos y la optimización de los positivos del proyecto y propone un plan de seguimiento y monitoreo ambiental.

Luego, la autoridad de aplicación realiza la Revisión del Estudio de Impacto Ambiental (REIA) que tiene por objeto el control y valoración del EIA presentado por el titular del proyecto. En él se controla la suficiencia, atención y veracidad de los datos incluidos en el EIA y se efectúa una valoración acerca de su contenido y de las conclusiones formuladas. Como consecuencia de la REIA, la autoridad puede requerir al titular del proyecto las modificaciones, ampliaciones o profundizaciones que crea necesarias para poder completar la evaluación, así como el análisis de alternativas distintas a la propuesta. El proceso también contempla la instancia de información y participación pública. Durante la etapa de revisión, la autoridad ambiental competente debe dar difusión y brindar información acerca del Estudio de Impacto Ambiental con un adecuado plazo para su análisis, asegurar la participación pública y garantizar la consideración de las

intervenciones. Una vez realizadas las audiencias públicas y las modificaciones requeridas por la autoridad de aplicación, se realiza la Declaración de Impacto Ambiental (DIA), como se muestra en la figura 4. El tiempo necesario

para llevar adelante un ESIA tan completo como lo requiere la instalación de una central nuclear puede llegar a los 4 años.

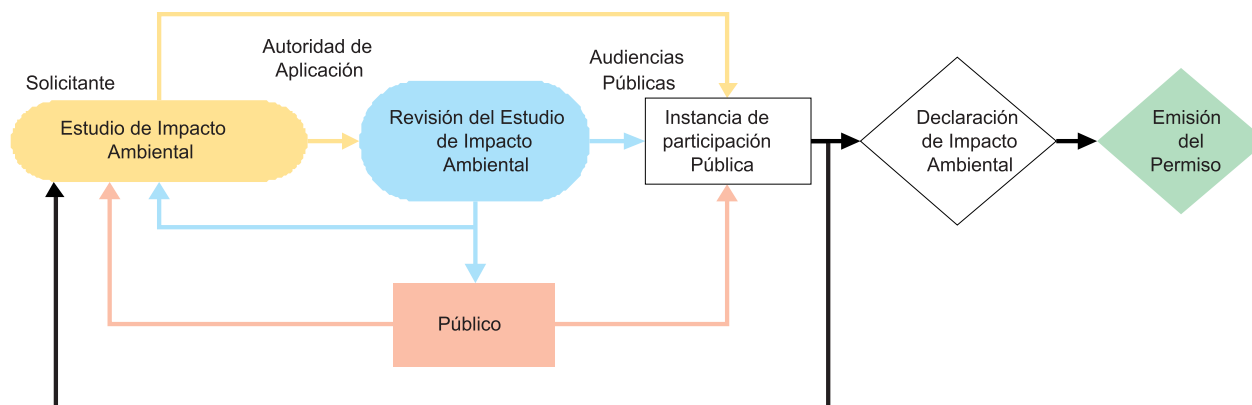


Figura 4: Diagrama de flujo de un estudio de impacto ambiental

Una vez obtenida la licencia ambiental, la Evaluación de Impacto Ambiental es entregada a la ARN con el objeto de iniciar el trámite para obtener la licencia de construcción. El EIA contiene gran parte de la información requerida por la ARN para autorizar la licencia de construcción.

El proceso es lineal, debiéndose cumplir toda una etapa antes de poder comenzar con la siguiente. Todo el proceso de licenciamiento para una central nuclear se estima entre cuatro y seis años, dependiendo de la complejidad de los estudios y de la cantidad de recursos con los que se disponga.

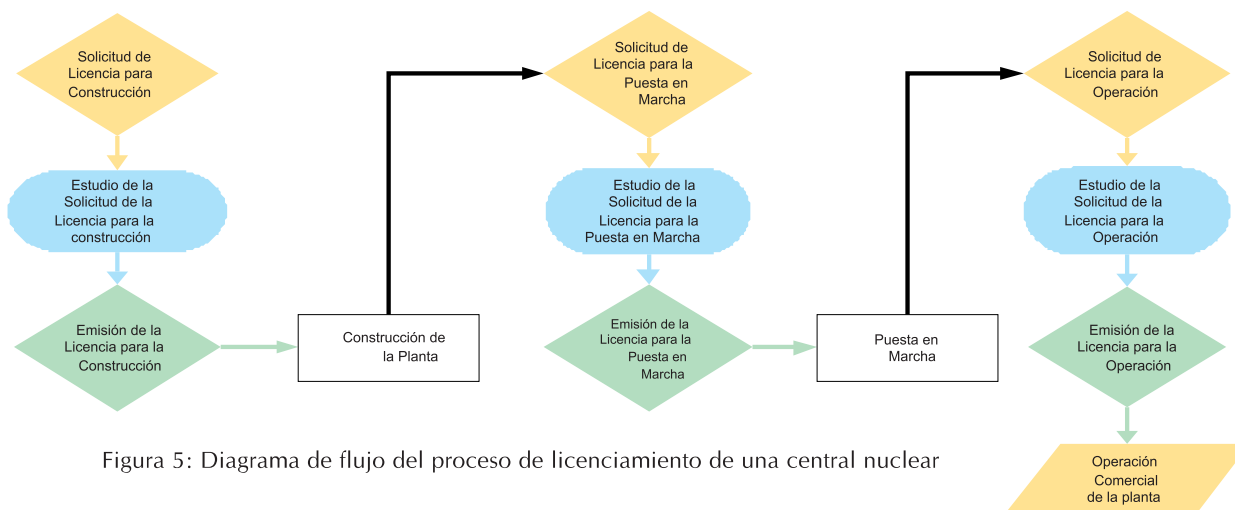


Figura 5: Diagrama de flujo del proceso de licenciamiento de una central nuclear

Conclusiones y Recomendaciones

Como se vio a lo largo de este trabajo, los estudios de localización son extensos y complejos. Debido al carácter sistémico del problema, requieren una estructura adecuada para llevarlos adelante con una política clara para establecer las prioridades de un país o una región y así determinar el sitio óptimo para una central nuclear. Debido a los largos tiempos, que pueden extenderse hasta los 10 años, involucrando a los estudios de impacto ambiental y el licenciamiento y considerando las necesidades

argentinas en materia energética, se podría pensar en un licenciamiento masivo de emplazamientos, de manera de "reservarlos" para futuras instalaciones, como lo hacen países como los Estados Unidos y Rumania.

Si Argentina desea contar con la energía nuclear como opción válida para su matriz energética, deberá encarar cuanto antes estos estudios.

Reflexiones sobre el desarrollo de proveedores locales para la industria nuclear argentina

DOMINGO QUILICI - Comisión Nacional de Energía Atómica

Frente al inicio de una nueva etapa en la instalación de capacidad nucleoelectrica en el país, el trabajo analiza la historia del desarrollo de proveedores locales para la industria nuclear nacional en búsqueda de antecedentes y experiencias útiles para esta nueva realidad. Partiendo de la intención de dar repuesta a las preguntas: ¿Por qué se decidió tan tempranamente construir una central nuclear?; ¿por qué se decidió comprarla con la modalidad particular de los contratos “llave en mano” en vez del desarrollo de una versión “criolla”? y ¿cuál fue el significado de la apertura del “paquete tecnológico” en aquel momento? describe las acciones que llevaron a la compra de las Centrales Nucleares Atucha I, Embalse y Atucha II y como, a partir de esas decisiones, se implementaron políticas para maximizar la participación nacional en la construcción de las mismas y para la transferencia de tecnología del exterior a la industria local.

También analiza la influencia del Plan Nuclear puesto en vigencia a fines de los años setenta sobre el desarrollo de tecnológico endógeno, y describen los hechos que, a partir de la paralización de la construcción de la Central Nuclear Atucha II, permitieron mantener la capacidad tecnológica nacional vigente hasta el presente y abrir una expectativa positiva en relación con la reactivación de la industria argentina como proveedora de insumos y servicios nucleares.

Argentina has given recently a new start to its nuclear power activities. Looking for background and experiences that can be useful under the new reality, the paper is a survey of the past development of local suppliers for the national nuclear industry.

Based on the intention to answer the questions: Why so early it was decided to build a nuclear power plant? Why it was decided to buy it under a turnkey basis rather than developing an indigenous design? and what was the meaning of the “opening of the technology package” at that time?, the paper describes the actions that led to the purchase of the Atucha I, Embalse and Atucha II nuclear power plants and how these decisions were implemented in order to maximize local participation and the technology transfer. It also analyzes the influence of the Argentine Nuclear Plan of the late seventies on the development of endogenous technology and describes the facts that helped to preserve until now the technological nuclear capabilities of the country in spite of the stopping of the Atucha II construction, and to create positive expectations regarding the revival of the local industry as a supplier of nuclear goods and services.

I. Introducción

Se pueden resumir en tres preguntas los antecedentes que están conectados con una política de desarrollo de proveedores en el área nuclear, que era inédita entonces y caracterizó una época del desarrollo industrial argentino.

- ¿Qué llevó a la decisión de construir una central nuclear a mediados de la década del 60, tan temprano para un país en desarrollo?
- ¿Por qué se decidió comprar la central nuclear bajo una modalidad particular de los contratos “llave en mano”, en vez de intentar el desarrollo de una versión “criolla” de estas máquinas?
- ¿Por qué la decisión de implementar la “apertura del paquete tecnológico” estuvo signada por características inusuales para el momento histórico en que se tomó?

Estas preguntas se puedan plantear hoy porque el transcurso del tiempo y el análisis histórico les dan sentido. Consultados los actores de aquella época reconocen que entonces ellas no cabían entre las variables de los que tomaban decisiones. Hacer lo que hicieron era lo natural.

II. Antecedentes

Desde sus inicios la CNEA tuvo una profunda

aceptación por los cánones de comportamiento que en las comunidades científicas se habían impuesto después de la Segunda Guerra Mundial. Esto significó el respeto por la libertad de investigar, la comprensión de la importancia de la capacitación de los recursos humanos y el aprovechamiento de la apertura a la cooperación internacional que brindaba Occidente en esos momentos.

Sin embargo, es importante resaltar que la CNEA no se quedó sólo en el campo de las ideas, sino que rápidamente se volcó al de las realizaciones¹. Más aún, intentó desde un principio la comercialización de la tecnología desarrollada, así como la prestación de servicios; por ejemplo: las aplicaciones de los radioisótopos (de producción propia e importados) a la medicina nuclear y en otros campos.

Se estableció asimismo desde un principio una política de integración de los físicos que se recibían en el Instituto Balseiro - creado por la CNEA precisamente para la formación de sus recursos humanos - en los sectores tecnológicos de la institución y, al mismo tiempo, se

¹ El reactor experimental RA-1 se inauguró en 1958, con diseño de los Estados Unidos pero construido localmente y con aportes y modificaciones de los ingenieros de la CNEA. El reactor de experimentación y producción RA-3 fue puesto en marcha en 1967, diseñado y construido en el país.

impulsan cursos para la formación de profesionales en disciplinas de aplicación de las tecnologías que se desarrollaban en la CNEA. Son ejemplos de este comportamiento los sucesivos cursos Panamericanos de Metalurgia, auspiciados por la Organización de Estados Americanos (OEA); los de aplicaciones de radioisótopos, patrocinados por el Organismo Internacional de Energía Atómica; los de ingeniería nuclear dictados conjuntamente con la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires ; etc.

Una característica institucional que diferencia a la CNEA de otros organismos de ciencia y técnica fue su relación con el entorno. La política de interrelación social de la institución estuvo también dirigida a la transferencia de tecnología y la extensión de conocimientos prácticos a la industria, en campos que no estaban directamente relacionados con el sector nuclear, pero que eran conocimientos que se obtenían como derrame de la investigación y los desarrollos específicos.

Un caso paradigmático es el del Servicio de Asistencia Técnica a la Industria (SATI) creado en 1961, que nace bajo un acuerdo con la cámara de los industriales metalúrgicos, hoy ADIMRA. El SATI es el corolario de un proceso de creación y divulgación industrial de tecnología. Se salió a buscar y resolver los problemas de la demanda de conocimientos de la industria.

La creación del Departamento de Metalurgia – del cual dependía el SATI- tal vez sea lo que represente más acabadamente la capacidad que tuvo la institución de desarrollar, adaptar, divulgar y formar recursos humanos en lo referente a la generación de tecnología endógena. La CNEA no sólo necesitaba desarrollar la metalurgia para sus objetivos específicos, sino que ello también reconocía la falta de formación académica en esta disciplina y de conocimiento en la industria. La institución orientó a la carrera de física del Instituto Balseiro en dos direcciones: física nuclear, con la mira puesta en el desarrollo de reactores, y física del estado sólido para crear la base para la ciencia de los materiales y de ahí atender la problemática del desarrollo metalúrgico.

A través de la Gerencia de Tecnología - que fue consecuencia de la evolución del Departamento de Metalurgia - se produjo un fructífero intercambio entre los Departamentos que la formaban, que conectó, en una permanente realimentación, el conocimiento teórico con el desarrollo y con la demanda industrial, todo ello sistematizado por intermedio de un continuo proceso de aprendizaje y de divulgación orientado hacia la industria, las universidades, los organismos de ciencia y técnica nacionales, y también hacia el resto de Latino América. Al mismo tiempo, la Gerencia de Tecnología mantuvo permanentes contactos con los laboratorios líderes a nivel mundial, facilitando la visita de sus investigadores a nuestro país y la especialización de los nuestros en esos laboratorios.

Es de destacar, además, que la institución desplegó, desde un principio, esfuerzos en otras muchas actividades que le permitieron consolidarse como organismo generador de conocimiento con perfil tecnológico, orientado a la utilización económico social de

la energía nuclear.

III. La Central Nuclear Atucha I

La decisión de realizar un estudio de factibilidad para la construcción de una central nuclear se inscribe en una concepción estratégica de la actividad, que va más allá del uso pacífico de esta fuente de energía. La temprana opción de utilizar centrales nucleares para el suministro eléctrico no sólo obedecía a la necesidad de cubrir esta demanda, sino también a un concepto del desarrollo económico social basado en la búsqueda de la autonomía tecnológica y en el consecuente crecimiento de la capacidad industrial.

Y fue en esos años sesenta, porque la “teoría del desarrollo” estaba en plena vigencia en Latino América y en particular en la Argentina, que se planteó la necesidad de superar las limitaciones del modelo de industrialización por sustitución de importaciones. En el marco de la misma, el concepto de “las industrias industrializantes” ponía al desarrollo núcleo energético como poderoso incentivo para el crecimiento y la especialización de la industria³. Se podría asimilar a los paradigmas actuales de la biotecnología, las tecnologías de la información o la nano tecnología.

La elección de la construcción de una obra de estas características obedeció a una acción política estratégica cuyo objeto era forzar, desde la demanda, un compromiso de la industria nacional a participar en el suministro de un bien no tradicional. Sin embargo el gobierno no tenía prevista esta decisión dentro de las políticas públicas del Estado; quienes la “fuerzan” lo hacen desde el convencimiento que ello era posible, amparados en la experiencia que se había ganado en los años anteriores con las realizaciones y los desarrollos tecnológicos que habían tenido lugar en la CNEA⁴. No hubo, por lo tanto en esta forma de proceder la idea lineal del desarrollo del conocimiento y su posterior aplicación práctica. No se puede negar que la formación de investigadores básicos alimentó al caldo de cultivo donde se fermentaron las ideas de la autonomía tecnológica. Pero se debe buscar el origen de la decisión de construir una central nuclear en las ideas de lo que se definiría como Triángulo de Sabato⁵ y en la oportunidad de perfeccionar su funcionamiento a través del desarrollo nuclear, producto de un pensamiento político que concibe a la tecnología como una herramienta para el desarrollo.

³ Martin J.M. (1966).

⁴ La adopción de esta decisión fue facilitada por el cruzamiento de conocimientos entre funcionarios del gobierno, en particular entre los del Consejo Nacional de Desarrollo, y los tecnólogos de la CNEA.

⁵ “Enfocada como un proceso político consciente, la acción de insertar la ciencia y la tecnología en la trama misma del desarrollo significa saber donde y como innovar. La experiencia histórica demuestra que este proceso político constituye el resultado de la acción múltiple y coordinada de tres elementos fundamentales en el desarrollo de las sociedades contemporáneas: el gobierno, la estructura productiva y la infraestructura científico tecnológica. Podemos imaginar que entre estos tres elementos se establece un sistema de relaciones que se representaría por la figura geométrica de un triángulo, en donde cada uno de ellos ocupará sus vértices respectivos”. Sabato, Botana (1970).

Así se entiende porqué en aquel momento se decidió la compra “llave en mano”. Era muy largo el camino para desarrollar la “capacidad propia” necesaria para construir una central nuclear de potencia. Sin embargo, la experiencia había demostrado que se era capaz de resolver problemas complejos. Por lo tanto el “*catching up*”⁶ era posible. Utilizar la capacidad del Estado para planificar los sectores estratégicos de la economía - concepto vigente en aquella época - permitió participar, a través de incentivos, a la industria nacional como proveedora de bienes y servicios y demandar a los organismos de ciencia y tecnología conocimientos para resolver problemas concretos.

La CNEA estaba en condiciones de dirigir este proceso porque ya había recorrido todo el trayecto. O sea: tenía personal capacitado en todos los estadios del conocimiento, experiencia en la realización de obras, fuerte vinculación con la industria, una profunda convicción que eso era lo que se debía hacer y una buena dosis de audacia⁷, condimentos de las organizaciones jóvenes y exitosas. El concepto de “autonomía tecnológica” inserto en el modelo del Triángulo de Sabato, tenía incorporado premisas como el “aprender haciendo” y el “tomar riesgos”.

Es así que el estudio de factibilidad para Atucha I, contrariamente a lo que se esperaba de un país “en desarrollo”, fue realizado por los técnicos y directivos de la CNEA y no por una consultora internacional. Esto significó una enorme libertad para preparar el pliego de la licitación y la posterior adjudicación.

La contratación fue “llave en mano”, lo que implicaba que el contratista principal garantizara el funcionamiento de la máquina de acuerdo a lo especificado, pero lo que fue novedoso fue la “apertura del paquete tecnológico”: parte de los suministros debían ser abastecidos por la industria nacional sin perder las garantías del contrato y - tal vez lo más innovativo - el contratista principal debía financiar el costo del suministro por lo menos hasta lo que hubiera costado si él lo hubiera provisto.

Haber podido llegar a este tipo de adjudicación tenía incorporada una importante capacidad técnica y de gestión de proyectos. La CNEA realizó el estudio de planificación energética para justificar la necesidad de instalar este tipo de usinas (una central nuclear). Este trabajo de planificación energética fortaleció el contacto institucional con las áreas técnicas expertas en otras fuentes de generación eléctrica y demostró que el costo de generación de una central nuclear era competitivo frente a otras fuentes.⁸

Se llamó a licitación internacional solicitando cotización de los cuatro tipos de reactores nucleares entonces disponibles comercialmente. Recibidas las ofertas, se “diseccionaron”⁹ las propuestas de los oferentes

en los subsistemas que componían las centrales a efectos de determinar los que podían ser construidos en el país; esta tarea fue la que se llamó “apertura del paquete tecnológico”¹⁰.

Finalmente, entre 17 ofertas, se decidió por la de la empresa alemana Siemens (1967), entrando en operación comercial la central en 1974. Esta decisión implicó la elección del tipo de combustible - el uranio natural - y del agua pesada como moderador¹¹. El combustible debía ser argentino: tal era la estrategia que se estableció al comprar la central y uno de los puntos clave en las negociaciones con el proveedor así como en los planes de desarrollo institucional.

Las condiciones de negociación del contrato con Siemens fueron muy favorables. Ello no fue sólo mérito de las circunstancias, sino también de la capacidad de negociación de ambas partes. El proveedor financió toda la obra y otorgó cinco años de gracia. Además jugó en este contrato un rol fundamental la transferencia de tecnología. “...Finalmente, el acuerdo consideraba que no había dominios reservados, lo que hizo posible que en 1970 la CNEA mantuviera 16 técnicos en la casa Siemens, en Alemania” (...) “Hay equipos argentinos metidos en todos los recovecos de esta central”¹².



Central Nuclear Atucha 1

A través del SATI se creó el “Grupo Industria Nacional”, que en función del conocimiento que había adquirido de la industria, participó en la definición los paquetes que se podían adjudicar a los empresarios locales. Pero además de los aspectos técnicos, se evaluó el sobreprecio que se podía pagar –el costo social- por el suministro nacional. Este sobreprecio debía mantener competitivo el suministro respecto a la oferta alemana, cuando se aplicaban al de origen argentino beneficios

⁶ Alcanzar la capacidad propia utilizando los conocimientos de los proveedores internacionales.

⁷ “esto que parece audacia es menor que la del Gral. Justo en 1925, cuando comenzó a fabricar aviones en Córdoba”.

⁸ Entrevista a Sabato (1970).

⁹ “Estudio de preinversión para una central nuclear para la zona Gran Buenos Aires y Litoral” (Decreto N° 485/65), archivado en la Biblioteca de la CNEA; y Hurtado de Mendoza (2005) p 48. Wortman (1969).

¹⁰ Se hace notar que las negociaciones que se hacían con la contratista principal para que aceptara un proveedor nacional estaban dirigidas a aquellos bienes cuya construcción en el país significara un crecimiento de la capacidad industrial.

¹¹ Entonces, la tecnología para el enriquecimiento de uranio se consideraba inalcanzable. En cambio para el agua pesada se veía un mercado más abierto y la posibilidad de realizar, con el tiempo, la propia provisión de este insumo.

¹² Sabato, citado en Hurtado de Mendoza (2005) pag. 50

impositivos que estaban vigentes en el momento¹³.

Ya en ocasión de la construcción de reactor experimental RA-3 y de la planta de producción de radioisótopos anexa se había hecho un gran esfuerzo para promover a los proveedores locales. Pero se reconoce como una labor fundamental del SATI la incorporación del concepto de calidad y el del cumplimiento de especificaciones estrictas, imprescindibles en la industria nuclear. Hay que reconocer que conjuntamente con a la CNEA, las terminales de la industria automotriz nacional empujaron en la misma dirección.

En dos años y medio de trabajo sistemático se consiguió colocar una lista de 112 ítems electromecánicos que representaron el 12% del total de las órdenes de compra y el 90% de la obra civil, lo que representó un 40% de participación nacional en la obra.

Es necesario considerar, además, el estado de la industria nacional en aquel entonces. Se vivía una etapa de desarrollo industrial, lo que facilitó el entendimiento con las empresas para negociar los contratos de suministros de bienes no tradicionales. Esto también fue posible por el conocimiento de la industria electromecánica por parte de la CNEA y por la disposición del la Secretaría de Industria para aplicar una legislación que incentivara la participación industrial argentina.



Central Nuclear Atucha I - Núcleo del reactor

El “efecto de demostración”, que está en la base del pensamiento de Sabato cuando plantea la intervención del Estado para incentivar la participación de la industria en la provisión de bienes no tradicionales, quedó ampliamente demostrado durante la licitación y construcción de Atucha I. La concepción, formulación y aprobación de la Ley 18.975, denominada de Compre Nacional, promulgada en diciembre de 1970, que reemplazó con ventajas al Decreto 5.340 de Compre Argentino, institucionalizó la “apertura del paquete tecnológico”¹⁴. Las difíciles discusiones iniciales en el ámbito de la Secretaría de Industria para atender las solicitudes de excepciones a la citada ley por parte del contratista principal y de la propia industria nacional,

donde la CNEA jugaba un rol de árbitro y además establecía el sobre precio que se podía pagar para los insumos de origen local, se convirtieron con el tiempo en un foro de entendimiento y conocimiento mutuo que permitió evaluar correctamente las dificultades tecnológicas de la industria y los problemas burocráticos de las licitaciones y que, además, fue un foro informal que ayudó a cumplir con los objetivos que impulsaba la ley.

La capacidad existente en aquella época en la industria y en el gobierno para la gestión de grandes obras, que eran consecuencia de las inversiones que el país realizaba en obra pública y en la industria pesada, facilitó la construcción de Atucha I. Esta era particularmente importante en las empresas dedicadas a obra civil.

El proceso de decisión, la contratación y la participación en la construcción de la obra, demostraron que se habrían alcanzado los objetivos propuestos. Era posible aspirar a atender las necesidades de un sector estratégico del país, como el núcleo energético, a través del desarrollo de la capacidad tecnológica e industrial de la nación.

IV. La Central Nuclear de Embalse

La decisión y la licitación de la central

Durante la etapa de construcción de Atucha I se propuso la instalación de una segunda central nuclear. Con una activa participación de la CNEA en el planeamiento energético se consigue la decisión favorable del gobierno nacional y la asignación del total de los recursos financieros necesarios¹⁵.

Tampoco en esta licitación se establecieron ni el tipo de central ni el de su combustible. Naturalmente se continuó con la misma estrategia para asegurar la mayor participación posible de la industria nacional.

Esto se consigue a través de un esfuerzo sistemático. En el llamado a licitación se solicitó que los oferentes confeccionasen una “lista positiva” de los suministros “que harían diseñar y construir, o adquirirían localmente, incluyéndolos como parte de su oferta, sin reservas en las garantías que estén dispuestos a brindar”¹⁶. Además se solicitó a los oferentes que la CNEA tuviese participación en la ingeniería de la obra. En el llamado a licitación se listaron 103 ítems como posibles y no excluyentes de ser incorporados a la “lista positiva” y, además, se sugirió que los oferentes confeccionasen una “lista probable” de suministros que estaban dispuestos a negociar la factibilidad de que se construyesen en el mercado local.

Simultáneamente con el proceso de adjudicación de la central se constituyó un grupo de análisis entre la CNEA y el Consejo Federal de Inversiones (CFI) que emitió un informe técnico¹⁷ donde fueron estudiados a fondo los componentes de la isla nuclear de una central tipo

¹⁵ Embalse fue financiada por el Fondo para Grandes Obras Eléctricas.

¹⁶ Báez J. et al (1973).

¹⁷ Wortman, Quihillalt (h) et al (1974).

¹⁴ Sabato, Wortman, Gargiulo (1978).

CANDU¹⁸ - incluida la instrumentación y control - como la licitada para Embalse. Además se intentaron fijar indicadores para determinar los costos adicionales que se podrían pagar por componentes argentinos comparando el “costo social” versus el “beneficio social” en función de la mejora tecnológica de la capacidad industrial, entre otras variables.

Se avanzó en el estudio de la capacidad industrial concreta para cubrir la demanda de la central y se analizaron las posibilidades de incentivo a la industria para cubrir los faltantes, sobre la base de un programa de otras tres centrales del mismo tipo, teniendo en cuenta¹⁹:

- Las limitaciones de la oferta de componentes y servicios de índole predominantemente técnico-económica (por capacidad tecnológica, equipamiento, materiales, recursos humanos, etc.)
- Las limitaciones institucionales que obstaculizaban organizar el volumen, la regularidad y otras características de la demanda por parte del comprador y, por otro lado, superar las limitaciones de la oferta por tamaño y capacidad de la empresa.

Este hecho pone de manifiesto el empeño de los hombres que tomaban las decisiones respecto al acompañamiento armónico y gradual que pretendían de la industria y de la propia CNEA - o de los organismos públicos intervinientes - frente a la adquisición de una nueva tecnología y a la aplicación de la misma. Se buscaba que la economía de todo el sistema productivo fuese favorecida pagando el mínimo costo social. Se intentaba la mejora de los procesos industriales con una visión que iba más allá de la fabricación del componente específico para una central nuclear y, al mismo tiempo, mejorar la eficiencia organizativa del sistema de compra del Estado, responsable de la adquisición de estos bienes para el servicio público. Esta actitud contrasta, como se verá más adelante, con una decisión posterior de desarrollar a ultranza la capacidad energético nuclear, para lo cual se volcaron ingentes recursos y una legislación que le otorgaba al sector notables ventajas.

La adjudicación y el proceso de construcción de la central

En 1973 se adjudicó al consorcio ítalo canadiense, formado por Atomic Energy of Canada Limited (AECL) e Italimpianti SpA (IT) una central tipo CANDU de 600 MW (que entra en operación comercial en 1984).

Una de las razones que pesó en la adjudicación de la obra al consorcio fue el Acuerdo de Transferencia de Tecnología (ATT) que se había pergeñado durante el proceso de adjudicación.

Al inicio de la construcción de la obra se presentaron problemas contractuales debido a razones ajenas al comitente y al contratista²⁰. La CNEA podía legalmente haber rescindido el contrato; sin embargo se

prefirió no perder la oportunidad que significaba darle una continuidad al desarrollo nuclear-industrial. Esto obligó a más de una renegociación del contrato, lo que permitió a la CNEA convertirse en el subcontratista principal de AECL-IT para el montaje de la isla nuclear, con la correspondiente ingeniería. Se obtuvo así una mayor participación de la ingeniería argentina que la que se había previsto inicialmente en el llamado a licitación. Otro de los puntos que se acordaron en las negociaciones fué el de las compensaciones al contratista principal debidas a los mayores costos de los proveedores locales, como consecuencia del proceso inflacionario de ese momento.

Con el objeto de concretar la mayor participación argentina en la construcción de la central, la CNEA impulsa la creación de dos consorcios - NUCLEAR y ARGATOM- formados por las principales empresas argentinas de ingeniería y montaje. La CNEA acuerda con los consorcios una serie de condiciones para facilitar un proceso de aprendizaje mutuo - especificaciones y requisitos de calidad de la industria nuclear, capacitación y formación de recursos humanos, tarifas de personal y tarifas de alquiler de equipamiento para grandes obras, etc. - con el objeto de garantizar la participación de empresas argentinas y la competencia entre ellas en las futuras obras del plan nuclear²¹.

A pesar que AECL se ve obligada a exigir mayores restricciones²² en materia de salvaguardias²³ que las originalmente acordadas para el cumplimiento del citado ATT, generando dificultades en la transferencia de tecnología CANDU al país, en sucesivas renegociaciones de los contratos se encontraron formas para satisfacer gran parte de las expectativas argentinas en cuanto a la transferencia de conocimientos.

Las exitosas negociaciones del comitente con el contratista principal (AECL-IT) sobre la cantidad y complejidad de los componentes, así como la capacidad de gestión de compra de la CNEA, logran elevar el número de ítems comprados a proveedores locales a 217 sobre los 103 de la “lista positiva” del llamado a licitación de la central. En este marco, las empresas privadas adquirieron licencias extranjeras para la fabricación de los componentes o asesoramiento para ingeniería de montaje.

²¹ “El éxito de esta política de capacitación de empresas argentinas de ingeniería se vio confirmado cuando la firma Westinghouse, que habría sido seleccionada por el gobierno de Egipto para construir una central nuclear, solicitó la participación de esas empresas para ejecutar su montaje”. Castro Madero C., Takacs E. (1991) pag. 99.

²² En 1974 la India explota un artefacto nuclear utilizando tecnología canadiense para la obtención del material fisil. Como consecuencia de la explosión se forma el llamado “Club de Londres” integrado por los países poseedores de tecnología nuclear comercial. Ellos se autoimpusieron que las operaciones comerciales que involucrasen materiales y tecnologías “sensitivos” (aquellos materiales o tecnologías que podían tener un uso dual: pacífico-comercial y bélico) no podían realizarse sin la firma del “Tratado de No Proliferación de las Armas Nucleares” (TNP) por parte del Estado comprador.

²³ Salvaguardias: conjunto de procedimientos, métodos y técnicas destinados a verificar el destino exclusivamente pacífico de las actividades nucleares.

¹⁸ “Central Nuclear “CANada Deuterium Uranium”.

¹⁹ Wortman, Quihillalt (h) et al (1974) pag. 43.

²⁰ Proceso inflacionario internacional debido a la crisis del petróleo y argentino al “rodrigazo”, respectivamente.



Central Nuclear Embalse

Central Nuclear Embalse
Calandria

Por citar algunos casos: esclusas para entrada de hombres, grúas de porte hasta 350 toneladas, paneles de control en la isla nuclear, montaje del turbo grupo. En especial se debe destacar la complejidad del montaje de los 380 canales del reactor, que implicó trabajar con un sistema de calidad nivel I.

Como resultado final, la participación nacional alcanzada fue del 51% sobre los costos directos de la central.

Cabe preguntarse hoy, desde la óptica del análisis que se pretende realizar con este trabajo, qué resultados se habrían alcanzado si el contrato con el consorcio AECL-IT se hubiera cumplido de acuerdo a lo previsto en la versión original. Obviamente la central hubiera costado menos, ¿pero se habría avanzado tanto en la participación nacional? Se podría decir que las premisas implícitas en el modelo del triángulo de Sabato “aprender haciendo” y “tomar riesgos” fueron decisorias en esas circunstancias.

V. La Central Nuclear Atucha II

El proceso licitatorio de la central

En 1977 se firmó el Decreto N° 3138 que dio a la CNEA una gran capacidad de decisión y presupuesto para llevar adelante un ambicioso plan nuclear que estaba esbozado cuantitativamente en el anexo al decreto.

Antes del llamado a la licitación para la construcción de la Central Nuclear Atucha II, que era la 3ª

central nuclear para la Argentina, y siguiendo el procedimiento que ya se habría utilizado para las dos centrales anteriores: buscar la máxima participación de la industria nacional a través de la apertura del “paquete tecnológico”, se decidió realizar una encuesta a la industria nacional.

“Para tener un conocimiento cabal de la capacidad instalada se decidió realizar un relevamiento en 1978 de las empresas a través de un cuestionario²⁴ que ellas respondieron en forma espontánea. Después de analizados los resultados, la CNEA tuvo un esquema más claro de cuales eran los rubros que necesitaban apoyo o debían ser promocionados por el Estado y cuales serían realizados por la propia iniciativa de la actividad privada”²⁵.

El objetivo final era la elaboración de una base de datos de proveedores nucleares que superara las limitaciones – en particular en lo referido a calidad – del Registro de Proveedores del Estado vigente entonces (Decreto N° 5729/72).

Los cuatro aspectos fundamentales que se buscaba analizar sobre la base de la repuesta al cuestionario eran los siguientes:

- Aspectos generales de la empresa: organización, patentes, licencias y fuentes de información técnica.
- Sistema de calidad de la empresa.
- Procesos especiales de fabricación.
- Capacidad de ingeniería de diseño, fabricación, montaje y cálculo por computación.

El cuestionario fue respondido por unas 300 empresas de las más de 600 encuestadas.

A partir de la base de datos confeccionada con los resultados de la encuesta, se hicieron las “listas positivas”, las “probables” y las “negativas” que sirvieron para las especificaciones de la licitación para Atucha II.

Las adjudicaciones de las ordenes de compra por parte de CNEA y posteriormente por ENACE²⁶, se realizaron siguiendo esta base de datos, previa auditoria de lo declarado por la empresa en el cuestionario.

La base de datos fue diseñada de forma tal que permitía varios ordenamientos de las empresas, entre ellos: por facturación, por rubro de provisión, por grado de complejidad del suministro (de 1 a 4²⁷), por costo relativo del suministro (de 1 a 4), en función del costo total de la central.

El pliego de licitación se dividió en los siguientes rubros:

- Equipos: sistema nuclear de suministro de vapor, Clase 1 (la clase se refiere a la calidad, en este caso la más exigente).
- Balance de planta (la interfase entre la generación de vapor y la generación eléctrica).
- Sistema eléctrico.
- Instrumentación y control.
- Ingeniería de construcción y montaje.

²⁶ El origen de ENACE (Empresa Nuclear de Centrales Eléctricas) se describe más adelante.

²⁷ Clasificación del Organismo Internacional de Energía Atómica - IAEA, Technical Reports Series N° 200 Chapter 2 (1980.)

²⁴ Formulario CNEA N° 176.

²⁵ Volman de Tannis (1986) pag. 56.

En cada uno de estos rubros se determinó el número de empresas que estaban en grado de participar en el suministro de acuerdo a la complejidad y al costo del bien.

También se caracterizaron los suministros por el material para su construcción, con el objeto de determinar cuales materiales se podían conseguir en el mercado local y cuales eran necesarios adquirir por importación.

En 1979, el mismo año en que se llama a licitación para Atucha II - la tercera central nuclear - se dictó el Decreto N° 302 que establecía un plan nuclear en materia energética, estipulando la puesta en marcha de 4 centrales nucleares antes del fin del Siglo XX. Además de garantizar los mecanismos económicos financieros, la CNEA, conjuntamente con el Ministerio de Economía, debía someter a consideración del Poder Ejecutivo un régimen de promoción de la industria nuclear.

Se reproducen algunos conceptos del Dr. Castro Madero, que fue el artífice del citado plan:

“...Un plan nuclear era la herramienta idónea e irremplazable para promover esa participación (de la empresa nacional), tanto de la industria como de la ingeniería nacional, integrándose por este medio con el sector científico-técnico.”

“...Desde un punto de vista económico, sobre la base de un adecuado criterio de fijación de tarifas, el plan nuclear resulta totalmente autosuficiente. Dado que sólo era factible contar con financiación a largo plazo para los bienes y servicios de origen extranjero, resulta imperioso, para no lesionar el objetivo de promover la participación nacional, el aporte transitorio del Tesoro, cuyo retorno comenzaría a producirse a partir de la puesta en operación de la primera central del plan”²⁸.

La licitación especificaba, en este caso, que la central fuera de uranio natural-agua pesada y de unos 700 MW de potencia. Solicitaba el mayor grado de desagregación y origen de los componentes y previsión de la participación nacional en la ingeniería de suministros, montaje y puesta en marcha. Además, se pretendía que con esta central, la CNEA pudiese participar en la arquitectura industrial de la obra. También en la licitación se solicitaba la provisión de una planta industrial de agua pesada que atendiera las necesidades del Plan Nuclear. Esta condición fue decisoria en la adjudicación del proyecto.

Se destaca el contenido de un análisis de las ofertas²⁹ realizado por la Comisión de Integración de Industria Nacional (C.I.I.N.)³⁰, visto desde, precisamente, la participación argentina.

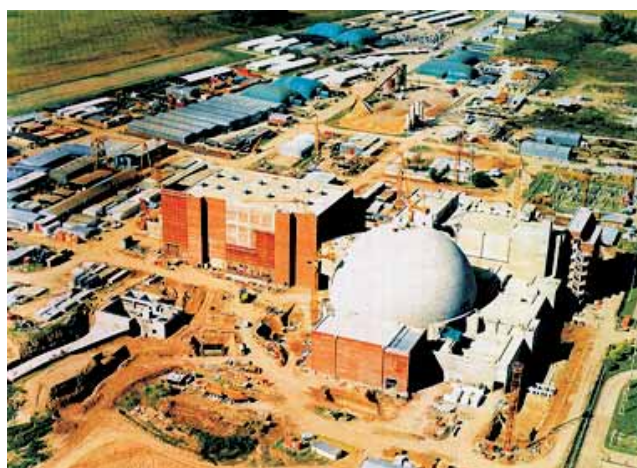
El estudio se divide en lo que corresponde a la oferta propiamente de la central (o sea de Atucha II) y en las posibilidades que daban los oferentes respecto a integración en el resto de las centrales nucleares previstas en el Plan Nuclear. Se logra homogeneizar todas las ofertas a través de índices y factores de peso para poder

compararlas y así determinar, por puntaje, la más conveniente. Los rubros analizados fueron:

- Participación nacional en la ingeniería.
- Participación nacional en los suministros.
- Participación nacional en el montaje y puesta en marcha.
- Accesibilidad de la tecnología.
- Programas de transferencia de tecnología.
- Mecanismos de colaboración con una empresa de ingeniería nacional de centrales nucleares.
- Condicionamientos de la oferta.

Los cuatros primeros puntos citados arriba están referidos exclusivamente al estudio de las ofertas, los tres restantes a la evaluación de las ofertas en función de su influencia sobre todo el Plan Nuclear.

No fueron considerados en el análisis rubros como obra civil, transporte, etc., por considerarse que los aportes de las empresas del país serían del 100 %.



Central Nuclear Atucha II (en construcción)

La adjudicación y construcción de la central

El análisis citado en el punto anterior dio resultados bastantes similares para las ofertas, pero resultó adjudicataria la empresa alemana Siemens KWU. Una de las razones para esta decisión fue sin duda el compromiso que la empresa consiguió de los suizos para la provisión de una planta de agua pasada, considerada “material sensitivo” (ver cita²²).

Queda flotando la repuesta a la pregunta: ¿qué hubiera pasado si la elección hubiese caído en el reactor CANDU? Canadá no pudo cumplir con el suministro de la planta de agua pesada porque Argentina no había firmado el TNP. Alemania, a pesar que sufrió las mismas presiones que Canadá, consiguió que la firma Sulzer de Suiza ofreciera la planta que hoy está en funcionamiento en Arroyito (Neuquén).

Hoy hay argumentos a favor de la decisión tomada que se fundamentaba en la necesidad de mantener abiertas las dos opciones tecnológicas que había en ese momento para la línea uranio natural-agua pesada. Comprar entonces CANDU hubiera significado sacar del mercado a KWU-Siemens como proveedora de esa tecnología.

²⁸ Casto Madero C., Takacs E. (1991) pag. 101.

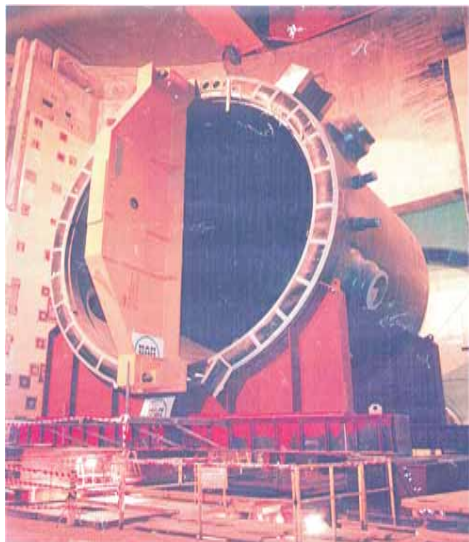
²⁹ Para la isla nuclear hubo ofertas de Siemens (que incluía el turbo generador) y de AECL (ésta con dos ofertas complementarias para el balance de planta y la generación eléctrica).

³⁰ Aguirre et al (1979).

Los que defendían la opción CANDU, apoyándose en la mayor facilidad de integración nacional en el suministro de componentes – tener en cuenta que en ese momento se estaba construyendo la Central Nuclear Embalse³¹ – proponían obviar la falta de la provisión de la planta de agua pesada, por parte de AECL. Ellos argumentaban que la CNEA tenía avanzada la construcción de una planta piloto de agua pesada con tecnología de desarrollo nacional y que estaba en proyecto el Módulo 80 con el cual se pensaba completar la carga de ese reactor.

El Plan Nuclear y el contrato con Siemens KWU condujeron a importantes cambios en los aspectos organizativos del sistema nuclear nacional. Durante la negociación del contrato se llegó a un acuerdo para constituir una empresa - Empresa Nuclear Argentina de Centrales Eléctricas (ENACE) - dedicada a la construcción de centrales nucleares, con un capital del 75% de la CNEA y el resto de la empresa proveedora de tecnología (KWU). Esta organización garantizaría que la dirección de las obras, hasta el final del Plan Nuclear, quedara en manos de ENACE. Además, al tiempo que aumentaría la participación nacional en ENACE con cada una de las centrales que se construiría, las acciones de KWU irían disminuyendo hasta extinguirse con la decisión respecto de la cuarta central del Plan o no después del año 1995.

ENACE fue una empresa que llegó a contar con más de 600 empleados, casi todos profesionales y técnicos. Su sede era un edificio propio, en la "city" de la ciudad de Buenos Aires con una superficie superior a los 3.000 m². Tenía un presidente elegido por la CNEA y cuatro Directores, dos por la CNEA y dos por KWU. Llegó a manejar centenares de contratos simultáneamente.



Central Nuclear Atucha II
Recipiente de presión

³¹ El sistema de calidad de la empresa Siemens era muy riguroso y, como consecuencia, el número de empresas que cumplían con el ranking que se había establecido con el cuestionario citado más arriba fue menor. Al firmarse el contrato con KWU se esperaba que para Atucha II la participación nacional fuera del 40%.

³³ Organización de la ingeniería de ENACE. ENACE, conferencia del 28/29 de diciembre de 1983. Documento no publicado.

En su organigrama había una Dirección de Promoción Industrial cuyo objetivo eran la promoción e integración de la industria local para el Plan Nuclear vigente. Contemplaba además la gestión de los contratos de transferencia de tecnología desde las empresas licenciantes extranjeras a los proveedores argentinos.

Se firmaron entonces contratos de licencia para válvulas, esclusas, bombas, grúas, servicios de montaje, etc. Asumía, a su vez, la responsabilidad de la precalificación de empresas futuras proveedoras, la armonización de normas y la coordinación de los planes de garantía de calidad y administraba además la documentación técnica de referencia.

La Gerencia de Transferencia de Tecnología, parte de la Dirección mencionada, administró fundamentalmente tres grandes contratos de transferencia³³:

- El contrato de licencia de tecnología e ingeniería entre KWU y ENACE (ELA).
- El contrato para la tecnología y construcción de los generadores de vapor y presurizadores entre la CNEA y el consorcio alemán-austriaco KWU-MAN GHH-VOEST ALPINE (TAFCP).
- El contrato para la tecnología y construcción de la esfera de contención de la isla nuclear entre la CNEA y la empresa austríaca VOEST ALPINE (TAFESFERA).

Por otra parte, se firmó un contrato con Empresas de Ingeniería Españolas "con el objetivo de concretar acuerdos de prestación de servicios de Ingeniería que complementen los contratos de provisión de tecnología ya suscriptos por la Empresa"³³. Este acuerdo fue transferido a la empresa privada Industrias Metalúrgica Pescarmona S.A. (IMPISA), que construyó los 4 generadores de vapor.

El contrato ELA estaba contemplado en el ANEXO II del Acuerdo de Accionistas CNEA-KWU. De acuerdo al mismo, ENACE debía recibir toda la tecnología de ingeniería necesaria para alcanzar capacidad independiente de diseño de sistemas, diseño básico de componentes, construcción, montaje, puesta en servicio, dirección de proyecto (funciones de arquitecto industrial), asistencia a la operación y mantenimiento de centrales nucleares con reactores de agua pesada"³⁴.

A los efectos de dar una idea de la magnitud del contrato, un promedio de unos 30 especialistas de ENACE estuvieron en Alemania entre 1980 y 1983, y de KWU en la Argentina, del orden de 5 delegados, en el mismo periodo. Hacia fines de 1984 se habían transferido de KWU a ENACE del orden de 14.000 documentos³⁵. Con motivo del contrato de transferencia de tecnología, que entró en vigencia en julio de 1982, se transfirió, paulatina pero aceleradamente, la ingeniería a ENACE. En el año 1983 el total de horas/hombre de ingeniería alcanzó aproximadamente las 1.200.000; de esas el 34% correspondieron a ENACE y el 28% a terceros argentinos,

³⁴ Idem cita ²⁸

³⁵ Esta central fue posiblemente la última diseñada en papel. A partir de entonces la documentación de diseño tiene soporte electrónico.

siendo el 38% restante extranjero, principalmente alemán³⁶.

El contrato TAF-CP fue firmado, como se dijo, por la CNEA y transferido a ENACE, quien cedió gratuitamente la licencia a la empresa IMPSA. Por este contrato los alemanes cedían los derechos para la fabricación de los generadores de vapor y de los presurizadores para Atucha II. Además, el contrato contemplaba un programa detallado de asesoramiento y capacitación de recursos humanos.

Estos gastos fueron principalmente absorbidos por ENACE. En el contrato de transferencia se previeron del orden de 65.000 h/H para el cronograma normal de fabricación.

IMPSA, con motivo de la entrega de los componentes, hizo especial hincapié en el conocimiento tácito de la empresa, como elemento principal, para haber podido concretar con éxito la construcción de los equipos, resaltando el rol de los soldadores - especialidad crítica en la industria nuclear - que fueron a capacitarse en los talleres europeos del licenciante. También fue apreciada la transferencia de ingeniería básica de los componentes principales de las centrales nucleares, lo que facilitaría la competitividad en futuros eventuales negocios internacionales. IMPSA reconocía, también, la oportunidad que le dio ésta licitación para la compra de bienes de capital, que obviamente serían fundamentales para su posterior posicionamiento en el mercado nacional y externo.

El costo de estos suministros - que como se dijo, involucró además un convenio de asistencia técnica con una empresa española - fue extremadamente alto. En 1980 se había estimado un sobre precio para la fabricación nacional de estos componentes de algo más de cuatro veces respecto al presupuestado por los alemanes. Sara Volman de Tanis dice que el costo real fue órdenes de magnitud superior³⁷, lógicamente para el Estado.

Obviamente, no existen elementos para evaluar qué hubiera pasado si el Plan Nuclear se hubiera completado, respecto a la amortización de ese gasto (distribución del costo en varias centrales).

El contrato TAF-ESFERA, firmado por la CNEA, fue transferido a ENACE, quien cedió el uso a sus contratistas privados SALCOR CAREN (calderería) y NUCLAR S.A. (empresa de montaje e ingeniería creada durante la construcción de la Central Nuclear Embalse).

Este contrato establecía la transferencia de la tecnología para la construcción y montaje de la esfera de contención de la central. Entre 1980 y 1983 fueron 18 delegados argentinos a la empresa Voest-Alpine, con una ocupación de aproximadamente 9.000 h/H hasta fines de 1983.

Dado que hasta ese entonces el cronograma de construcción de la central se cumplía estrictamente, fue necesaria la contratación de asistencia especial al licenciante para la dirección de proyecto, para asegurar la calidad del producto final y así terminar la obra en los

plazos previstos³⁸, lo que significó un considerable sobreprecio al originalmente previsto.

En el momento de mayor actividad de ENACE, el objetivo de la empresa podría resumirse con la siguiente cita³⁹:

“Con la evolución de esta empresa (ENACE) el país espera completar su potencial nacional para la construcción de sus propias centrales asignando roles claramente definidos a los distintos sectores involucrados: CNEA limita para sí el rol de cliente y operador, ENACE diseñará las centrales y será arquitecto industrial, y la industria privada suministrará sus componentes (incluidos componentes pesados), hará la ingeniería de detalle y tendrá a su cargo los trabajos de montaje”.

Lamentablemente el fin de la historia de ENACE no fue el esperado⁴⁰, por lo que la trayectoria originalmente pergeñada para la transferencia de tecnología y desarrollo de proveedores quedó interrumpida, primero al iniciarse los atrasos y paralizaciones parciales (1982-1983) y después al detenerse la construcción de Atucha II y la consecuente suspensión del Plan Nuclear. Esto sucedía en el marco de un endeudamiento creciente de la empresa al no poder cumplir con los compromisos de pago a los contratistas, lo que llevó a un aumento de los gastos improductivos.

Otra mirada sobre la transferencia de tecnología y el desarrollo de proveedores

Un trabajo⁴¹ solicitado al ing. Jorge Mazza⁴² por la dirección de la CNEA en el año 1981 aporta algunos otros puntos de vista respecto a la situación que se estaba viviendo en materia de desarrollo de proveedores en el país, precisamente en el momento de la decisión de crear ENACE.

Mazza opina que el rol fundamental de la CNEA era el de la generación de conocimiento y el de su transferencia al sector productivo. Es lógico que este pensamiento coincidiera con el de Jorge Sabato, que ya lo había expresado concretamente 10 años antes con motivo de la construcción de Atucha I⁴³. En el documento se recalca la necesidad que la política industrial de la institución fuera una sola que abarcara a toda la actividad

³⁸ Volman de Tannis, *idem*, pag. 67.

³⁹ Ryan, *idem*, pag. 2.

⁴⁰ ENACE desaparece al ser absorbida por Nucleoeléctrica Argentina S.A. en 1995.

⁴¹ “Política para la participación de la industria nacional” Mazza J., diciembre de 1981.

⁴² El In. Jorge Mazza formó parte del grupo fundador de la Metalurgia en la CNEA, junto con J. Sabato. Fue el responsable de la fabricación del combustible para el primer reactor experimental argentino (el RA-1) y de un elemento combustible para el reactor alemán MZFR (prototipo de Atucha I) en la empresa SIAM. Además, fue miembro del Departamento de Desarrollo de ALUAR, asesor del Poder Ejecutivo Nacional en ciencia y tecnología y responsable por parte de la CNEA en la ingeniería del reactor CAREM.

⁴³ Si hoy queremos diseñar el núcleo de un reactor o la física del núcleo de un reactor, sólo lo podemos hacer en la CNEA. El ideal sería que dentro de 15 años entre 3 y 4 estudios de ingeniería argentinos.....” Entrevista a Sabato. *Ídem*.

³⁶ Ryan (s/fecha).

³⁷ Volman de Tannis, *idem*, pág. 56.

de la CNEA⁴⁴ (incluida, por ejemplo la producción de radioisótopos).

El autor promueve la participación de la industria no sólo como proveedora de componentes, sino también en el campo de los servicios de ingeniería, construcciones, consultoría, comercialización, promoción; para él, el comportamiento de una industria a la que no se le da cada vez más responsabilidad y se la obliga a enfrentar el riesgo, se vuelve pasivo, frente a un comprador que le hace jugar un rol secundario. Las consecuencias son: el lento proceso de aprendizaje y la poca vocación para la innovación.

También en el informe se destaca la necesidad de encontrar los mecanismos para que la industria abandone su tendencia, en el mejor de los casos, a comprar tecnología en el exterior. Llama a la CNEA a jugar un rol en este sentido, solicitando a las empresas que sean ellas la que se ocupen del desarrollo de productos y procesos sobre la base del conocimiento transferido por la CNEA o directamente a contratar los desarrollos -a esas u otra empresas- cuando no son de incumbencia directa de la Institución.

Ya entonces Mazza establece la necesidad de crear empresas de base tecnológica. Pone en primer plano el proceso de generación de conocimiento tácito, que se genera en la empresa cuando encara nuevos proyectos sobre la base de desarrollos propios. Estos conocimientos son luego fundamentales para poder absorber tecnologías más complicadas necesarias para posteriores desarrollos o suministros.

Plantea claramente la contradicción entre desarrollo lineal y tener la capacidad de resolver el problema del entorno productivo.

Pone la atención en la continuidad de los procesos y en el financiamiento de desarrollos no previsto por los organismos de crédito. Alerta sobre los manejos de los fondos como factor de poder, en vez de contratar a terceros todo lo que se pueda.

Llama al desarrollo de la capacidad de compra en el extranjero, al seguimiento del proceso de fabricación, a la capacidad de inspección. Sin embargo, reconoce que no se puede llegar al dominio del *know how* sin el aporte del esfuerzo propio y que “es la participación de la empresa nacional insustituible para una efectivización más acelerada de ese objetivo”.

⁴⁴ El primer plan nuclear, caracterizado por su exitosa continuidad, formulado bajo la dirección de Oscar Quihillalt para el período 1967-1977 y actualizado para el período 1970-1980, se centraba en cinco objetivos principales: 1) contribución a la solución de la demanda eléctrica; 2) desarrollo de los recursos para la fabricación de los elementos combustibles; 3) promover la aplicación de los radioisótopos y de las radiaciones; 4) crear una estructura científico-tecnológica con capacidad propia de realización en el campo nuclear; y 5) asegurar la protección de la población en lo referente a los peligros de las radiaciones, Col y Radicella (2000). Recientemente un trabajo coreano sobre la influencia en la economía de la actividad nuclear en ese país – cuyo desarrollo fue vertiginoso – analiza en pie de igualdad la contribución del aporte núcleo energético como el debido a la producción y utilización de los radioisótopos. *Assesment of nuclear technologies' contribution to the economic development: The Korean case study* (2005).

Vuelve concretamente sobre la no delegación por la CNEA, por ejemplo, en lo referente a la documentación técnica, procesos de fabricación, licencias o *know how*. Llama la atención sobre licitaciones muy fraccionadas.

Todas razones que minan la actitud empresarial de asumir la responsabilidad en compras de gran volumen y de gran complejidad tecnológica.

Mazza analiza varias posibles relaciones contractuales entre el poseedor de la tecnología y la empresa para mejorar la transferencia. No ve con buenos ojos la creación de empresas “para-estatales” asociadas con el oferente. Dice, paradójicamente, lo siguiente: “Esta solución tiene el inconveniente que en el mejor de los casos no ayuda al desarrollo de la industria nacional ya existente. Sólo la reemplaza por una actividad del Estado”.

Hubo, entonces, un llamado de atención a la estatización a ultranza de la tecnología y de la construcción de centrales nucleares, recomendando no apartarse de la línea histórica que había dado origen a la actividad industrial para la utilización de la energía núcleo eléctrica comercialmente. Además, debe tenerse en cuenta que la ideología económica vigente en ese momento en el país, era exactamente la contraria a la que se propugnaba desde la estructura de ENACE.

Uno no puede dejar preguntarse, naturalmente con la perspectiva que dan los años transcurridos, si un plan nuclear más modesto, capaz de ser adaptado a las cambiantes situaciones imperantes⁴⁵ siguiendo el modelo propuesto por Mazza, no hubiera dado continuidad al exitoso desarrollo nuclear de las décadas anteriores.

VI. Los elementos combustibles

A pesar de que los elementos combustibles no son suministros que formen parte, obligatoriamente, de la compra de una central nuclear, tienen una importancia fundamental. Primero, porque es el suministro más sofisticado para garantizar el funcionamiento diario del reactor; segundo, porque no son, precisamente, una *commodity* y tercero porque, en particular para la Argentina, representan un factor clave en el desarrollo nuclear.

Como se dijo, desde 1958, los combustibles para el RA-1, el primer reactor de investigación, fueron construidos en la Argentina y ello tuvo un rol preponderante en el desarrollo de la metalurgia en la CNEA.

La central Atucha I se compró con la carga de los elementos combustibles, pero la decisión de fabricarlos el país estaba tomada desde antes de la compra de la usina. Durante la instalación de la central, y dentro de un convenio con la empresa argentina SIAM, se fabricó un elemento combustible para ser ensayado en el reactor alemán MZFR, que era el prototipo de la Central Nuclear Atucha I. Lamentablemente, el acuerdo con SIAM cayó.

⁴⁵ Sabato (1974) pag. 17. Sabato ya había desarrollado este tema: la capacidad de adaptación para hacer ciencia y tecnología en situaciones de inestabilidad en los países “en vías de desarrollo”, sin esperar que la política pública resolviera los problemas.

Posteriormente, son los técnicos del Centro Atómico Constituyentes quienes fabrican otro elemento combustible tipo MZFR que es irradiado en ese reactor y al cual se lo somete a pruebas de post irradiación en Alemania. Simultáneamente, un grupo de técnicos de ese Centro Atómico se traslada a la fábrica alemana RBU para participar en la inspección de los combustibles destinados a Atucha I, entrenarse en las técnicas de producción y estudiar el *lay out* de la fábrica. Se acuerda entonces la venta de la tecnología de fabricación de estos combustibles, cuyo valor vino incorporado en el de la maquinaria que RBU vendió a la CNEA.

Mientras tanto, durante las pruebas en frío de los combustibles alemanes para Atucha I, se verifica un error de diseño. Son los tecnólogos argentinos, conjuntamente con los alemanes, los que analizan y resuelven el problema.

La CNEA instala en el Centro Atómico Constituyentes una planta piloto con el equipamiento adquirido donde se ponen a punto las técnicas de fabricación.



Fabricación de elementos combustibles para Atucha I en la planta piloto de la CNEA

Simultáneamente, la CNEA diseña y construye la planta industrial para la fabricación de los elementos combustibles para Atucha I en el predio del Centro Atómico Ezeiza, adonde se transfiere el equipamiento de producción y el personal entrenado. Para la operación de la planta se llama a una licitación, en búsqueda de un socio argentino, con el objeto de constituir una empresa mixta. Así se crea en 1982 CONUAR SA (Combustibles Nucleares Argentinos S.A.), formada por los socios CNEA-Pérez Companc, donde este último es el operador industrial.

El caso de la fabricación del combustible para la Central Nuclear Embalse es distinto. Estos son diferentes de los de Atucha I. La transferencia de tecnología, que estaba pactada originalmente con empresas canadienses, no se pudo llevar a cabo (ver cita²²). La tecnología tuvo que ser desarrollada íntegramente en el país.



Fabricación de elementos combustibles para Atucha I por CONUAR S.A.

En la CNEA, con la colaboración de la empresa INVAP S.E., se desarrollaron los equipos y los procesos para la fabricación. Algunas de las máquinas construidas fueron posteriormente fabricadas para su exportación.

El desarrollo de este combustible se llevó a cabo en los laboratorios de la CNEA y en las instalaciones de CONUAR. Su fabricación en serie por CONUAR se inició en 1988.



Fabricación de elementos combustibles para Embalse por CONUAR S.A.

Otra fase muy importante en la adquisición de capacidad para el dominio de la tecnología de los elementos combustibles está relacionada con los desarrollos para la fabricación de los mismos a partir de la aleación a base de circonio, zircaloy 4. Se estudiaron también los procesos relacionados con la producción del circonio. Por razones económicas, debidas al tamaño del mercado, se decidió llevar a la etapa de producción sólo la fabricación de las vainas y otros componentes, no así la obtención de la materia prima, la llamada "esponja de circonio".

Los bienes de capital, al menos una parte importante de ellos, fueron adquiridos a proveedores extranjeros⁴⁶. Para llegar al dominio de la tecnología fue

⁴⁶ Máquinas clave para la fabricación de las vainas se adquirieron en la ex Unión Soviética.

necesario pasar por la etapa de planta piloto. El actor fundamental de los desarrollos fue la CNEA. También participó la empresa INVAP en la puesta a punto de los procesos y en el diseño y construcción de máquinas. Desde el año 1986 se fabrican industrialmente las vainas y otros componentes estructurales, en la empresa mixta FAE S.A., (Fábrica de Aleaciones Especiales S.A.), propiedad de la CNEA y de CONUAR.



Fabricación de tubos de zircaloy por FAE S.A.

Desde el inicio de la producción nacional de los elementos combustibles se han realizado importantes desarrollos que han incidido fuertemente en la disminución de los costos de fabricación, lo que contribuyó a la competitividad de la energía eléctrica de origen nuclear. CONUAR y FAESA, en los más de 25 años transcurridos desde la creación de la primera, han mantenido una performance dentro de los niveles internacionales.

VII. La compra de tecnología y la industria nuclear

Para tener una idea de cuanto representó la compra de tecnología en el exterior se recurre al siguiente análisis: hasta fines de 1984, los contratos registrados en el Registro de Contratos de Transferencia de Tecnología sumaban 954, distribuidos entre 13 sectores industriales⁴⁷. De ellos sólo 22 correspondían a la industria nuclear.

Esta relativa baja cantidad de licencias se puede atribuir a que, dado el desarrollo que había alcanzado esta actividad entonces, buena parte de la tecnología nuclear era de carácter propio, o producto de negociaciones no onerosas con los proveedores.

Cuando se realizó el análisis efectuado por el Consejo Federal de Inversiones⁴⁸ participaron en la elaboración del mismo 26 empresas. Durante el auge de la construcción de Atucha II (1982-1983) había una lista de proveedores argentinos que comprendía a 113 empresas. Muchas de ellas eran socias de la Asociación Argentina de Tecnología Nuclear (AATN), que intentó convertirse en la "cámara de la industria nuclear".

Estos datos tienen solo un valor cualitativo, porque entre las empresas había algunas corporaciones y otras que eran PyMEs (pequeñas o medianas empresas) y seguramente falta un número importante de ellas en las listas que están en poder del autor de este trabajo.

VIII. La historia reciente

Resulta remarcable que la suspensión de la obra de Atucha II en 1994 no interrumpe la participación nacional en la operación y mantenimiento de las centrales nucleares en funcionamiento, ni se abandona el trabajo de cuidado del obrador de Atucha II.

Cabe destacar algunos hechos que, a juicio del autor son lo más importantes, no descartando que, seguramente, haya otros también significativos:

□ En 1988 la Central Nuclear Atucha I sufre un desperfecto, no previsto en los "manuales". Tuvo un problema en el núcleo del reactor y salió de servicio por tiempo indeterminado. El personal de operación de la central hizo el diagnóstico y, naturalmente, se informó al constructor (la empresa Siemens KWU). Esta envía un presupuesto para la solución del problema que representaba una cifra muy importante para la capacidad financiera de la CNEA en ese entonces.

La Institución, paralelamente, analizó la posibilidad de tomar la responsabilidad de llevar adelante la reparación contando con las fuerzas disponibles dentro del sistema nuclear argentino. Finalmente se decidió por esta alternativa. La única compra relativamente importante realizada en el exterior fue la de un telemanipulador - equipo de operación remota complejo - en los Estados Unidos, operación que no resultó fácil debido a que hubo que romper el bloqueo que ese país imponía unilateralmente a cualquier venta de material nuclear a las naciones no partes en el Tratado de No Proliferación de las Armas Nucleares (que era la situación de la Argentina), conocido como "bloqueo Carter".

Ese telemanipulador y otros construidos por empresas argentinas fueron modificados y adaptados a condiciones de trabajo extremas. Cabe señalar la importancia de la capacidad técnica a nivel de taller mecánico de precisión como estructura fundamental en el diseño, adaptación y construcción de las piezas para los telemanipuladores; y la dedicación del personal de la Central y de otros organismos de la CNEA, sea para la realización de la tarea como para adiestrarse usando simuladores precarios que se construyeron para la ejercitación.

De más está mencionar las presiones que sufrió la Institución por parte del constructor para que aceptara su oferta. Y es obvio también decir que el costo de la reparación realizada por la CNEA resultó mucho menor que el presupuestado por la empresa KWU.

Atucha I, después de este accidente, se puso en marcha y batió el record de disponibilidad de toda su historia.

La solución de este problema - que implicó, además de lo ya expuesto, análisis de post irradiación (para

⁴⁷ Volman de Tannis, *idem*, pag. 69.

⁴⁸ Wortman, Quihillalt (h), *idem*.

lo cual se adaptaron celdas calientes que habían sido diseñadas para otro uso), problemas de rediseño de los canales de la central y modificación de los canales destinados a la Central Nuclear Atucha II para reemplazar a los Atucha I - no hubiera sido exitosa si detrás del equipo técnico que la gestionó no hubieran existido una fuerte decisión política y el convencimiento de que era posible realizar la reparación con las “propias fuerzas”.

□ La Central de Embalse decidió, diseñó y construyó, con sus propios recursos y los de empresas nacionales, instalaciones para el almacenamiento en seco de los elementos combustibles quemados. Esto resultaba imprescindible por razones operativas. Obviamente, no existía experiencia en el país en esta materia, por lo que el proyecto representó un avance en la ingeniería, licenciamiento y gestión de las centrales nucleares.

□ Por exigencias nuevas de la Autoridad Regulatoria Nuclear debidas a la experiencia que se fue generando a nivel internacional, la Central Nuclear Atucha I debió instalar un “segundo sumidero de calor”. Esta obra, de importancia debido a que era necesario intervenir en el circuito primario de la central, además del volumen de la misma, se realizó con ingeniería nacional, en consulta con el constructor y diseñador de la central. Los suministros utilizados fueron todos de origen nacional.

□ El mantenimiento de las centrales nucleares ha estado en manos de sus operadores, de personal especializado de la CNEA y de algunas empresas argentinas contratadas para tareas especiales. En muy contadas ocasiones se requirió la presencia de expertos extranjeros.

Hubieron, obviamente, repuestos de origen importado que se recambian con cierta frecuencia, cuya fabricación en el país no se justificaba. Merece destacarse que ciertos equipos electrónicos de control de las centrales se han recambiado usando desarrollos y fabricantes nacionales, por ejemplo: las sondas de medición neutrónica que van montadas en el interior del reactor. Equipos similares han sido incluidos en exportaciones nucleares realizadas por el país.

□ Por último cabe mencionar que un sistemático plan de mantenimiento del obrador de Atucha II garantizó el buen estado de los componentes instalados y almacenados, así como de la documentación pertinente, asegurando la continuidad de la obra, actualmente en ejecución.

IX. Reflexiones finales

Un trabajo del Ing. Jorge Cosentino⁴⁹ referido a la transferencia de tecnología y al comportamiento de los proveedores, marca una serie de puntos que han actuado influyendo en el desenvolvimiento de estas áreas. En una apretada síntesis, a juicio del autor de este trabajo, los más importantes de ellos son los siguientes:

- La clara definición de las interfases entre los distintos actores públicos y privados del plan nuclear. En particular, la interfase entre los proveedores de servicios y bienes de la industria nacional y el organismo responsable de la arquitectura industrial. Él cita, por ejemplo, la falta de compromiso de la empresa privada y la consecuente especulación frente a situaciones duales entre el proveedor y el comitente.
- La cada vez más difícil posibilidad de transferencia de tecnología desde los países centrales a los periféricos debido a la preponderancia de los aspectos comerciales y legales. Además, las tecnologías cada vez más sofisticadas que son difíciles de absorber por los países compradores de las licencias.
- Los consabidos problemas organizacionales de los entes públicos, la inercia al cambio, los controles superpuestos y la copia crítica de modelos foráneos.

Obviamente también enumera las necesidades de continuidad programática, de asignación de recursos y de estabilidad política institucional.

Hoy, más de 25 años después, se podría agregar que el desarrollo de esta industria, más allá de su supuesta función estratégica en el fortalecimiento de la Nación, depende del crecimiento armónico de toda la economía del país. Si el país no crece, es imposible que puedan desarrollarse sectores como éste, que son, además, intensivos en capital⁵⁰.

Por otra parte, el desarrollo de la energía nuclear en Latino América fue señalado y propiciado como fundamental para consolidar el desarrollo propio en esta materia por todos los planificadores del área nuclear, partiendo de la base de un proceso de integración regional. Como es obvio, este proceso no se verificó y evidentemente limitó las posibilidades para un crecimiento endógeno.

Las etapas del desarrollo nuclear que se han analizado tienen su correlato en el desarrollo de esta actividad a nivel mundial. Independientemente de los avatares que desquiciaron la economía argentina y con ella a muchos de los proveedores del sector, la energía nuclear en todo el

⁵⁰ Para dar una idea del esfuerzo que representaba para el país llevar a cabo el Plan Nuclear de las cuatro centrales mencionado (Dto. 302/79), se reproduce lo escrito por el Dr. Raúl Boix Amat, quien fuera Presidente de la AATN:

“En 1980 una firma local contratista de la CNEA evaluó la viabilidad financiera del plan nuclear promulgado el año anterior, y encontró que la misma dependía de cuatro condiciones:

- Que la CNEA pudiera concentrar en este plan no menos del 90 % de sus recursos presupuestarios,
- Que el presupuesto anual mantuviera el solicitado para 1981 en términos de porcentaje del producto bruto interno,
- Que este creciera por encima del 5 % anual durante el resto de la década, y
- Que se obtuviera, en el mismo período, una inversión privada genuina en el plan, no inferior al 10 % del monto global de las inversiones previstas”.

Boix Amat (1993) pag. 19.

⁴⁹ Cosentino J. (1982)

mundo entró en un valle profundo hace unos 20 años.

Hoy esa situación se ha revertido internacionalmente y en el país. La terminación de Atucha II, la extensión de vida de las centrales Atucha I y Embalse, la concreción del proyecto CAREM y la posibilidad de una cuarta central nuclear, en el marco de una economía que ha estado en constante crecimiento - dejando de lado el circunstancial paréntesis actual provocado por la crisis financiera internacional - pueden abrir un proceso de recuperación de proveedores y la generación de nuevos, aportando a un cambio en la naturaleza de nuestro parque industrial. Una industria nuclear propia puede ayudar a insertar el país en los mercados externos con productos de alto valor agregado y, obviamente, cumplir con la función primaria de las centrales nucleares: ofertar energía eléctrica confiable, a precio competitivo, y limpia.

La etapa de desarrollo y recuperación de los futuros proveedores de la industria nuclear, sin embargo, se debería pensarse desde una óptica que no necesariamente tendría que ser la misma que la de los tecnólogos de los años '60. Obviamente la Argentina es otra y su inserción en el mundo ha cambiado considerablemente. En este sentido la especialización y el aprovechamiento de las ventajas competitivas tienen que considerarse para salir al mercado externo en la búsqueda de ganancias extraordinarias que el mercado local no puede brindar. Esto se vislumbra con alta probabilidad de ocurrencia frente a un mercado demandante de bienes y servicios nucleares por el fuerte crecimiento esperado para la energía nuclear, con una capacidad limitada de suministro de los proveedores tradicionales que no dará abasto (predicciones del Organismo Internacional de Energía Atómica). Un ejemplo de esta situación puede ser el caso del agua pesada, que la empresa ENSI S.E. (productor casi monopolístico a nivel mundial) podría colocar por sí o asociada con otras firmas extranjeras, en los países que han optado por la línea CANDU.

Pero tal vez el caso más demostrativo de la especialización es el de INVAP como proveedor de reactores de investigación y de instalaciones para la producción de radioisótopos.

Pocas veces la actualidad ha sido tan punzante para demostrar que la energía es un bien estratégico. Y la Argentina indefectiblemente en los próximos 50 años va a necesitar una porción apreciable de energía eléctrica de origen nuclear en su canasta de oferta.

En este marco no queda mucho espacio para las especulaciones. El país deberá recrear su capacidad de provisión de bienes y servicios para las futuras centrales nucleares. Y siendo el valor de la divisa tan alto, tendrá que convertir éste *handicap* en ventaja, pensando el desarrollo de proveedores en pesos y no en dólares.

Para ello es necesario recuperar la confianza del sector industrial y una herramienta es la de ofrecer un programa de instalación de centrales nucleares y su ciclo de combustible asociado para el mediano-largo plazo, basado en una capacidad de financiación realista.

Además, desde los organismos específicos habrá que salir en búsqueda de las cámaras empresariales para

discutir los mecanismos que tiendan a la integración industrial con las demandas del sector.

Pero a pesar de que los tiempos han cambiado, tampoco se puede dejar de mirar la experiencia del pasado y aprender de los errores cometidos. Por lo tanto, la promoción, la capacitación, la estandarización de normas, la ingeniería de compra - incluyendo la compra de tecnología-, etc., son aspectos que deberían formar parte de la organización de la CNEA y de otros organismos del sector nuclear, pero también estar en la agenda de la política energética, de la de ciencia y técnica y de la financiera.

Existiendo infraestructura industrial que puede aceptar el desafío de reingresar como proveedores de bienes y servicios, la experiencia de 30 años de operación de centrales nucleares, la capacidad para formar recursos humanos y un capital humano y tecnológico disponibles, están demostrando que pueden combinarse para recrear una capacidad propia competitiva en tecnología y suministros para la generación electro nuclear.

Por último, debe recalcar la importancia de avanzar en la tan declamada integración regional, en particular en esta materia con nuestros socios brasileros, lo que sólo será posible si alcanzamos desarrollos similares. Esta futura realidad permitirá la especialización de cada uno de los países y aprovechar las economías de escala al ampliar el mercado de suministros.

Agradecimientos

El autor agradece los aportes del Ing. Pascual Fernando Aguirre.

Bibliografía

- o Aguirre E. J. et al (1979) – “Participación nacional en la Central Nuclear Atucha II y Plan Nuclear”. C.I.I.N., julio (informe no publicado).
- o *Assessment of Nuclear Technologies' contribution to economic development: The Korean case study – A joint study of IAEA and the Ministry of Science and Technology in the Republic of Korea* (2005).
- o Baéz J. et al (1973) – Participación de la industria argentina en la Central Nuclear Atucha II y futura. CNEA 534.
- o Boix Amat R. – 50 años de energía nuclear. Boletín informativo TECHINT, No 273, enero-marzo.
- o Castro Madero C. y Takacs E. (1991) – Política nuclear argentina: ¿avances o retrocesos? Ed. El Ateneo.
- o Hurtado de Mendoza Diego (2005)- De los “átomos para la paz” a los reactores de potencia. Tecnología y política nuclear en la Argentina (1955-1976). Revista interamericana de ciencia y tecnología. N° 4, Vol. 2.
- o Martín J. M. (1969) – El posible papel de la industria nuclear en la consolidación de la industria argentina. Desarrollo económico. Vol. 9, N° 34.
- o Mazza J. (1981) – Políticas para la participación de la industria nacional. CNEA, Informe interno, diciembre.
- o Ryan A. (s/fecha) - Transferencia de tecnología para

ingeniería de centrales nucleares. Condiciones Necesarias, implementación, mecanismos posibles. Experiencia de ENACE. ENACE S.A., documento de circulación interna.

- o Sabato J. (1970) – Revista Ciencia nueva. Año 1 N° 1.
- o Sabato J. y Botana N. (1970) – La ciencia y la tecnología en el desarrollo de América Latina. Tiempos Latinoamericanos, Ediciones universitarias, Santiago de Chile.
- o Sabato J. (1974 – *Atomic Energy in Argentina: A case history*. Programa de transferencia, Fundación Bariloche, Río Negro.
- o Sabato J. y Wortman O. y Gargiulo G. – Energía atómica

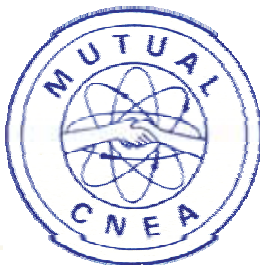
e industria nacional. SG/P.1, PTT/47. OEA.

- o Volman de Tannis S. (1986) – Desarrollo del mercado nuclear argentino y de sus proveedores. CNEA NT 23/86.
- o Wortman O. et al (1969) - Grandes componentes de centrales nucleares. Catalogación biblioteca CAE, CNEA: 08.69.05
- o Wortman O. y Quihillat O. (h) et al (1974) - Centrales nucleares en la Republica Argentina. Su tecnología y su impacto regional, CFI-CNEA, CNEA T35/137,
- o Cosentino J. (1982) - Puntos clave de la transferencia de tecnología involucrada en el desarrollo de un programa de centrales nucleares". INCONTT II, Argentina.

MUTUAL CNEA

FONDO COMPENSADOR DE LA ACTIVIDAD NUCLEAR

La Mutual CNEA es el exitoso fruto de la inquietud de un grupo de empleados de la CNEA que, con espíritu solidario, concibió la creación de un fondo compensador que mejorase la situación de jubilados y pensionados de la actividad nuclear.



28 años
1980 - 2008

BENEFICIOS PARA LOS ASOCIADOS

- Complementos jubilatorios o pensionarios
- Créditos hipotecarios, personales y otros
- Subsidios por casamiento, nacimiento/adopción o fallecimiento
- Descuentos en comercios y hoteles adheridos



**14 DELEGACIONES EN
TODO EL PAÍS**

1.629 ASOCIADOS
**COMPLEMENTOS
OTORGADOS**
Jubilatorios 828
Pensionados 490

**CONSULTE CONDICIONES
DE INGRESO O REINGRESO
EN SU DELEGACIÓN**

**MUTUAL DEL PERSONAL DE
LA COMISIÓN NACIONAL
DE ENERGÍA ATÓMICA**

Administración Central

Tel/Fax: 011-4701-0355 / 5059
11 de septiembre N° 4366/68
C1429BJF – C. de Buenos Aires
mutualcnea@cnea.gov.ar
mutualcnea@tutopia.com

¿Un área protegida en el Centro Atómico Ezeiza?

MIRIAM KUNDT¹ - JUAN CARLOS FURNARI²

¹Grupo de Radioecología, Gerencia de Capacitación, Química Nuclear y Ciencias de la Salud. - ²Gerencia de Área Aplicaciones de la Tecnología Nuclear – Comisión Nacional de Energía Atómica

Existe una preocupación creciente por parte de la población respecto de que la contaminación ambiental afecta la calidad de vida de los habitantes, la biodiversidad y el Planeta todo. Esta temática ha llevado a la firma de convenios internacionales de naturaleza jurídica durante las Conferencias de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y el Desarrollo. Este trabajo considera la pertinencia del establecimiento de un espacio destinado a la protección de la naturaleza y a los estudios académicos relacionados en el Centro Atómico Ezeiza, ubicado en el cordón urbano más poblado del país, y uno de los pocos espacios verdes en la zona que contribuyen a la calidad del medio ambiente urbano, que es además un refugio natural de vida silvestre para la ecoregión pampeana.

There is a growing concern among the populations regarding environmental pollution that can affects our quality of life, the biodiversity and the entire planet. This concern has led to the signing of international legal conventions in the framework of the United Nations Conference on Environment and Development. This paper considers the relevance of establishing a space for the protection of nature and for academic studies related to the environment at the Ezeiza Atomic Center. The Center is located in the outskirts of the urban most populous region of the country and it is one of the few green spaces in the area that contributes to the quality of urban environment. It is also a refuge of natural wildlife to the Pampean ecoregion.

Introducción:

En las imágenes satelitales, el Centro Atómico Ezeiza (CAE) aparece como una isla verde ubicada en el entramado del conurbano bonaerense (Foto 1). En sus 832 ha se distribuye la biodiversidad de la ecoregión pampeana entre matices de humedales, arroyos, pastizales y bosques.

Ello convierte a dicho Centro Atómico en un área apropiada para el establecimiento en el mismo de una reserva.

Una reserva es un área protegida y, por definición, es “una superficie especialmente dedicada al mantenimiento de la biodiversidad, así como de los recursos naturales y culturales asociados, manejada a través de medios eficaces”. Las áreas protegidas se clasifican tradicionalmente según sus destinos en parques nacionales, reservas naturales y reservas naturales silvestres, entre otras, pudiendo estar bajo jurisdicción nacional, provincial o municipal.

Recientemente, debido al interés mundial manifiesto por conservar la biodiversidad y los espacios naturales, se han comenzado a crear nuevas áreas protegidas como las reservas de la biosfera (impulsadas por la UNESCO), reservas urbanas (impulsadas por la Secretaría de Medio Ambiente – privados - Parques Nacionales y UNESCO), y refugios de vida silvestre (impulsados por privados).

Un ejemplo a citar es el Convenio de Cooperación Ambiental entre el Ministerio de Defensa y Parques Nacionales por el que se crean áreas protegidas llamadas “Espacios Naturales de Interés para la



Foto 1 - Foto satelital mostrando el CAE en el conurbano bonaerense.

Conservación de la biodiversidad” (ENIC). Estos espacios buscan consolidar el rol que el Ministerio de Defensa tiene en la preservación del medio ambiente y en el uso racional de los recursos naturales. Los ENIC son de administración estricta por las Fuerzas Armadas.

En lo referente al CAE, el objetivo buscado mediante la creación del área protegida es mejorar la calidad del medio ambiente urbano y la salud de la

población por el incremento del espacio verde por habitante y cuidando las singulares características del área que alberga muestras de ecosistemas nativos y unidades paisajísticas, posibilitando tareas de investigación, desarrollo y educación en los temas relacionados.

El Centro Atómico Ezeiza en el conglomerado urbano

Los inicios del CAE se remontan a los años 1954 y 1960 cuando los predios fueron cedidos por el Gobierno Nacional (Decretos de 1954 y 1960). Por aquel entonces el pueblo de Ezeiza, perteneciente al partido de Esteban Echeverría, era un predio rural con pocos habitantes. Con el tiempo, el trazado de la autopista Riccheri y su empalme a través del puente 12 con la ruta N° 501 (Av. Jorge Newbery) y la línea electrificada del ferrocarril, abrieron nuevas vías de acceso a esta localidad modificando sus actividades principales de las agrícolas y de segunda residencia, a las de localización de viviendas permanentes para amplios sectores populares.

Actualmente el hoy Partido de Ezeiza cuenta con una población de 118.000 habitantes (INDEC 2001) y se espera que para el 2015 esa población llegue a los 200.000 habitantes.

El CAE, originariamente instalado en un predio rural, es actualmente representativo de lo que podría llamarse una interfase ecológica o ecotono de dos sistemas: la Ciudad de Buenos Aires con su área metropolitana en franco crecimiento y los ecosistemas pampeanos. A su vez, el CAE es en si mismo una industria nuclear en crecimiento, por lo que nuevamente el predio de más de 800 ha representa una interfase entre industria y sociedad.

El concepto de biodiversidad y de servicio de los ecosistemas

Existen dos temas centrales en la agenda internacional ambiental: la protección de la biodiversidad y el cambio climático global, ambos estrechamente relacionados, que llevaron a la firma de convenios internacionales de naturaleza jurídica durante la Conferencia de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y el Desarrollo (ONU 2002, Ley Nac. N° 24.375, SArDS 2002). La actual conformación de nuestro planeta es fruto de algunos miles de millones de años de coevolución de nuestro entorno físico con todas las formas de vida. Desde la atmósfera, cuya composición cambió radicalmente con la presencia de organismos capaces de realizar la fotosíntesis e inyectarle oxígeno molecular, hasta la presencia del suelo, que se conforma con la interacción de múltiples formas de vida y

su medio inerte, permitiendo surgir el sustrato que dará nutrición a las plantas. Los diferentes componentes terrestres han dependido para llegar a su actual estado y estructura, de la presencia de múltiples formas de vida a lo largo de todo ese tiempo. La diversidad biológica, la variabilidad dentro de los organismos vivos y entre ellos, así como de los sistemas que habitan, es el fundamento sobre el que se ha construido la civilización humana.

Sin embargo, la sociedad suele tener varios objetivos en conflicto, muchos de ellos dependientes de la biodiversidad. A diferencia de los productos que se compran y se venden en los mercados, los servicios de los ecosistemas¹ no se comercializan ni tienen un precio fácil de conocer. Aunque nuestra existencia dependa de ellos, el haber pensado que son recursos inagotables con sistemas de reparación y depuración casi mágicos, ha conducido a su lamentable deterioro.

Por mencionar algunos de los servicios ecológicos podemos citar: la regulación del ciclo hidrológico y biogeoquímico, la producción de oxígeno, la producción de biomasa, el refugio de biodiversidad, la depuración de aguas, la regulación climática, el control de la erosión, la formación de suelos, el tratamiento de desechos y los atributos paisajísticos y socio culturales, entre otros (Costanza et al., 1997).

Estos servicios representan valores de usos para el hombre muchas veces no identificados culturalmente ni valorados económicamente. Actualmente a nivel mundial se está implementando una diversidad de esquemas de valoración económica incorporando los valores de los servicios ecológicos al análisis económico, igual que cualquiera de los bienes y servicios que normalmente se intercambian en los mercados (De Groot et al., 2002; Lomas et al., 2005, SArDS 2009).

Por mencionar algunas leyes de nuestro país que refieren a este aspecto podemos citar la Ley General del Ambiente (N° 25.675) que establece los presupuestos mínimos para el logro de una gestión sustentable y adecuada, y la Ley de Conservación de la Fauna (N° 22.421) que solicita evaluar los beneficios económicos que la conservación de la fauna silvestre aporta al hombre. Ambas intentan alcanzar estos objetivos mediante instrumentos de política y gestión ambiental evaluando aspectos bióticos, abióticos, sociales y económicos.

Congruente con esta temática la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación ha comenzado el Proyecto de Valoración Económica de Servicios Ambientales en algunos de los espacios del territorio nacional (SArDS 2009).

¹ Los servicios de los ecosistemas pueden ser definidos como los beneficios para la población humana derivados, directa o indirectamente, de recursos naturales, funciones ecosistémicas y atributos paisajísticos.

Relevancia ecológica del predio del CAE

El CAE, de jurisdicción nacional, está ubicado en la zona sur del Gran Buenos Aires en el partido del mismo nombre, a 33 kilómetros de la Capital Federal y 65 de La Plata, capital provincial. Fitogeográficamente se encuentra ubicado en la eco-región Pampeana en la cuenca del río Matanza, atravesado por el Arrollo Aguirre, contando con una superficie de 832 ha. La ruta Presbítero Juan González y Aragón lo divide en dos grandes sectores: uno ubicado entre dicha ruta y el río Matanza, de una superficie de 432 ha, y el otro ubicado entre la misma ruta y el aeropuerto internacional de Ezeiza, con una superficie de 400 ha.

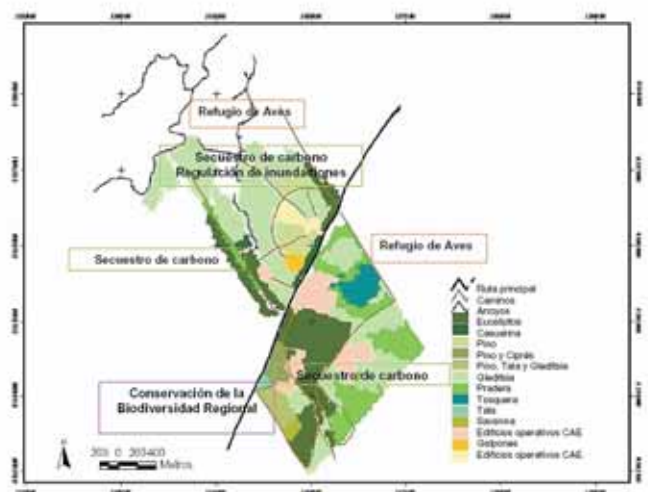
Brevemente podemos decir que esta región se caracteriza geológicamente por relieves planos. La palabra pampa proviene del vocablo quechua que significa llanura. La pampa coincide con una extensa zona de la corteza de una gran estabilidad, de tendencia negativa, donde se acumularon en el pasado geológico sedimentos marinos y continentales formando gruesas series sedimentarias, provenientes de zonas elevadas del oeste del continente. Los depósitos más modernos son principalmente de origen eólico, constituidos por loess pampeano y sedimentos limo-arenosos de color castaño, intercalados en su base con areniscas muy finas.

La presencia de cenizas volcánicas provenientes de las erupciones sucedidas en la Cordillera de los Andes hace que la calidad del agua potable no sea óptima, por contener arsénico en proporciones diversas.

Desde el punto de vista geomorfológico, el CAE se encuentra en la Pampa Ondulada, mostrando barrancas originadas por una leve elevación del basamento cristalino y la erosión de los ríos, bajíos y lomadas. El clima es templado con un régimen de lluvias a lo largo de todo el año, siendo más intensas en primavera-verano, con inviernos más secos (Cabrera, 1971).

Antiguamente esta región estaba ocupada por pastizales, los árboles eran escasos. Aunque la ciudad de Monte Grande debe su nombre a los grandes bosques de tala, estos fueron paulatinamente eliminados. Posteriormente los campos de cultivos y pastoreo, así como la urbanización creciente, modificaron la casi totalidad del paisaje.

Actualmente se está llevando a cabo el relevamiento florístico del predio del CAE en conjunto con la Dra. Ana Faggi, investigadora del Consejo Nacional de Ciencia y Técnica (CONICET) y miembro del Museo de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia. La vegetación del predio está representada por bosques, sabanas, pastizales, cortadales, pajonales y otras comunidades de humedales (Mapa: 1) (Faggi et al., 2003).



Mapa 1 - Si bien se ha concluido con el relevamiento florístico del CAE, aquí se presenta el mapa de vegetación en su estado actual junto con los servicios ecosistémicos que presta.

Mediante este estudio se identificaron 241 especies de plantas vasculares con los que pudo elaborarse el Índice de Biodiversidad total (Bit) calculado según la fórmula $\text{Bit} = N^{\circ} \text{ de especies presentes} / \ln \text{ del área censada}$. La comparación del **Bit CAE: 36,76**, calculado hasta el momento, con el de otras Áreas Protegidas de la zona metropolitana y aledaños, como por ejemplo la Reserva Natural Otamendi (3.000 ha **Bit: 36,47**) y la Reserva Costanera Sur (370 ha, **Bit: 41,82**) entre otras, remarca la importancia del predio en estudio. El Bit disminuye fuera del predio del CAE debido a la presión antrópica y al desarrollo del mercado inmobiliario.

Surge del mismo trabajo que si bien las plantas nativas² representan el 59 % del total (Fotos 2, 3, 4, 5), la proporción de exóticas³ es muy elevada y revela, en su composición, la influencia del hombre, especialmente a través de las forestaciones. Un ejemplo de ello lo constituye la presencia de importantes plantaciones de eucalipto, acacia negra y casuarina.

El pino se halla en menor proporción y se encuentra en la actualidad en desventaja, observándose importante caída de ejemplares, por el efecto de ascensos y densos en las napas de agua. Una especie arbórea invasiva⁴ que se ha extendido desde su plantación original es la espina de Cristo o acacia negra (*Gleditsia triacanthos*) que rodea a las masas de eucaliptos y avanza sobre los pastizales a ritmo acelerado.

Es importante destacar la presencia de bosques

² Especie nativa: especie que se manifiesta dentro de su área de repartición natural original, pasada o presente.

³ Especie exótica: especie introducida fuera de su área de distribución natural original, pasada o presente.

⁴ Especie invasiva: Especie exótica cuya difusión amenaza la diversidad biológica.

de tala (*Celtis-tala*) (Foto 2) árbol nativo de las pampas cuya protección es impulsada actualmente por la Ley Nacional de Bosques Nativos y la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (Ley N°26.331, SAyDS 2009).



Foto 2 – Intercalados con los eucaliptos es posible observar jóvenes renovaes de Tala sp árbol nativo de la eco-región pampeana. A la derecha se aprecia un detalle de sus hojas.



Foto 3 – Arroyo Aguirre mostrando su buena calidad de hábitat según la clasificación del ILPLA 2003.



Foto 4 – Fluoración del “camalotito” *Hydrocleis nymphoides*, planta acuática nativa, sobre el Arroyo Aguirre.



Foto 5 – En el pastizal es posible de observar además de las típicas gramíneas pampeanas, hermosas flores de la familia de las Iridáceas como *Trifurcia lahue*.

Hasta el alcance de nuestro conocimiento no se han realizado otros estudios de biodiversidad en el CAE por lo que inferiremos los siguientes datos desde otras fuentes (Chebez 2006). Respecto a la avifauna la Reserva Costanera Sur alberga 250 especies de aves y la Reserva de Otamendi cuenta con 270, ambas poseen ambientes similares a los del CAE por lo que es de suponer que muchas de estas especies pueden estar representadas (Foto 6). Entre los mamíferos la Reserva Otamendi cuenta con 30 especies autóctonas de las cuales en el CAE se ha observado repetidamente la presencia de la comadreja overa (*Didelphys albiventris*). Entre los reptiles citados para la Reserva Otamendi, en el CAE pueden observarse el lagarto overo (*Tupinambis merianae*) (Foto 7) y las tortugas de río (*Phrynops hilarii* e *Hydromedusa tectifera*) al igual que varias culebras, y entre los anfibios, la ranita del zarzal (*Hyla pulchella*). Cabe mencionar aquí que el lagarto overo, especie nativa, se encuentra en el Apéndice II de la Convención para el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) y protegido dentro del marco de la Ley N° 22.421, por lo que sería importante su protección en el predio del CAE.



Foto 6 – Las lechuzas de las vizcacheras (*Athene cunicularia*) viven en cuevas bajo la tierra, en este caso son dos juveniles tomando sol junto a la entrada de su cueva detrás del reactor RA-3.

En lo que respecta a la fauna ictícola y a otros indicadores biológicos y químicos, es interesante citar las conclusiones del Informe (PMI 2008) del Programa de Monitoreo Integral de las Aguas Superficiales de la Cuenca Matanza Riachuelo (CMR) (Ley N° 26.168) respecto del Arroyo Aguirre, que atraviesa el CAE, y de una parte del Río Matanza, en el límite del predio considerado. Estos dos cuerpos de agua están siendo actualmente monitoreados por el citado Programa y, según los resultados preliminares publicados en dicho informe, el Arroyo Aguirre tiene los valores más bajos de concentraciones de parámetros químicos y microbiológicos (amonio, compuestos fenólicos, detergentes, fosfatos, E. Coli, entre otros). En general, toda la cuenca del Río Matanza presenta un grado relativamente alto de eutrofización, pero el Arroyo Aguirre es de los más limpios. El informe cita:

“La calidad del agua en toda la CMR presenta signos de fuerte a muy fuerte eutrofización y polución orgánica, así lo demuestran las concentraciones de clorofila “a” y los distintos índices de diatomeas aplicados para evaluar estos aspectos. Sólo las estaciones de monitoreo 1 y 2 del Arroyo Chacón (AC1, AC2) y la 10 del Arroyo Aguirre) presentan condiciones de moderada eutrofización y polución orgánica, reuniendo también la mejor estructuración (diversidad, equitabilidad y riqueza de especies) de la taxocenosis de diatomeas hallada en la Cuenca.”

En relación a los índices con macroinvertebrados destinados a evaluar particularmente la calidad del hábitat y la contaminación por materia orgánica, informa una desaparición de la mayoría de los grupos faunísticos, quedando relegados mayormente a grupos de especies tolerantes o muy tolerantes tales como oligoquetos tubificidos y enquitreidos, dípteros quironómidos, psicódidos (muy vinculados a desechos cloacales), nematodos, hidracaridos, etc.



Foto 7 - Lagarto overo

Actualmente en el CAE se está desarrollando el índice de diatomeas a lo largo del Arroyo Aguirre con la colaboración de la Dra. Nora Maidana de la cátedra de Diatomeas Continentales de la Universidad de Buenos Aires (IDP 2001).

El seguimiento de las diatomeas como indicador

biológico del bentos es una técnica muy delicada que necesita del ojo experto del observador al microscopio óptico y electrónico. Por el momento se está abocado al desarrollo de protocolos de toma de muestras e identificación y clasificación de los taxones recolectados.

La realización de la 1° campaña (octubre/diciembre 2008) incluyó la extracción de muestras de sedimento para el estudio de diatomeas bentónicas. También, como trabajo de campo, se realizó una valoración del hábitat para el Arroyo Aguirre, estableciéndose la escala de calidad del ILPLA según las características del ambiente (ILPLA 2003). Si bien estos datos deben evaluarse a lo largo de todo el año y en conjunto con otros indicadores ambientales físico-químicos que afectan a los indicadores biológicos, los datos preliminares de diatomeas y hábitat, tomados con indicadores biológicos, muestran una calidad ecológica elevada del predio del CAE respecto de sus zonas aledañas, detalladas en el informe del Programa de Monitoreo Integrado de la cuenca Matanza-Riachuelo y del Río de la Plata (PMI 2008).

Indicadores biológicos:

Tradicionalmente para determinar la calidad del agua, el aire y el suelo se utilizan técnicas analíticas, mediante procedimientos normalizados, que indican la concentración de ciertos contaminantes que perjudican el medio ambiente. Paralelamente a estos análisis se han desarrollado en los últimos años otros métodos que incluyen indicadores biológicos.

Un indicador biológico es considerado como aquel cuya presencia y abundancia señala algún proceso o estado del sistema en el cual habita. La importancia de utilizar indicadores biológicos radica en que las poblaciones de animales y plantas acumulan información que los análisis físico-químicos no detectan. Es decir, las especies y las comunidades bióticas responden a efectos, por ejemplo acumuladores intermitentes, que en determinadas circunstancias un muestreo de variables químicas o físicas pasa por alto. Mediante los indicadores se desarrollan los Índices Biológicos (Ej.: Bit, IDG, IDP, etc.), como expresiones matemáticas, y los análisis en conjunto de todos los índices: bióticos (biológicos) y abióticos (físicos, químicos, hidromorfológicos) expresan el estado ecológico de un ecosistema en una región determinada (Directiva 2000).

Percepción del riesgo por la sociedad:

Si bien toda la evidencia prueba que la tecnología nuclear empleada para usos pacíficos es una de las llamadas “tecnologías limpias”, su relación con accidentes nucleares, principalmente en la ex Unión Soviética, y su empleo en armas bélicas genera un conflicto en la sociedad dando como resultado opiniones

contrapuestas.

La Unión Europea ha creado en 1994 el *Institute for Prospective Technological Studies* (IPTS) dedicado a promover una mejor comprensión de la relación entre tecnología, economía y sociedad.

El informe IPTS de la Comisión Europea sobre la percepción pública del riesgo concluye que:

“Los ciudadanos y las agrupaciones de la sociedad civil se inclinan, cada vez más, a efectuar sus propias interpretaciones de la evidencia, en lugar de confiar solamente en los expertos del gobierno ... y que... el ser humano actúa basándose en percepciones, más que en hechos”.

Por otro lado, los estudios realizados sobre percepción del riesgo ponen de manifiesto un hecho: “las personas perciben el riesgo de modo diferente”. Lo que sucede con la radiación es que: no se huele, no se toca y no se ve (al menos no la ionizante), por lo que el público “no la percibe como un elemento cotidiano” aunque esté bien presente y, por otro lado, lo que los expertos del gobierno puedan decir no modificará su parecer.

El conocimiento sobre una materia ayuda a digerir los miedos que ésta pueda suscitar y permite al individuo hacer una mejor evaluación de los riesgos que implica. La comunicación juega un rol esencial en este ámbito. Son ejemplos internacionales a mencionar:

En América, el polémico *Los Álamos National Laboratory* (LANL) con sus 9.000 ha de espacio destinado al estudio y la observancia de la biodiversidad y sus relaciones con el ambiente.

En Francia, el que cada una de sus múltiples centrales nucleares se ocupa de interactuar con sus vecinos inmediatos, favoreciendo el desarrollo de emprendimientos ambientales locales. Ej.: la granja de cocodrilos (GdC), única en Europa dedicada a la educación, protección e investigación de cocodrilos y tortugas del mundo, abierta al turismo internacional, que debe su existencia al aporte de agua caliente derivada de la Central Nuclear de Tricastin y sus cuatro reactores, detalle muy extensamente explicado al comienzo de la visita a dicha instalación.

La propuesta de creación de un Área Protegida en el predio del CAE lleva justamente a que la sociedad pueda percibir este complejo industrial desde otro punto de vista o aspecto: “la salud de su entorno”.

Implementación:

Si bien todo el CAE merece tener el mismo plan de manejo para conservar su unidad estructural y funcional, se podría destinar a Área Protegida el espacio ubicado entre el Arroyo Aguirre y el Río Matanza, que servirá como laboratorio de campo. Este laboratorio tendrá por objeto el estudio de la biodiversidad y la calidad ecológica en colaboración con diferentes sectores del CAE y sectores de la comunidad científica.

Asimismo, estará zonificado para poder realizar diferentes actividades: una zona social que le permita formar parte de las normales visitas guiadas a las instalaciones del CAE, una zona de recuperación de ecosistemas frente al avance de plantas exóticas y zonas de cuidado de los ecosistemas en buen estado.

Conclusiones:

La preocupación por la temática ecológica se ha convertido en una cuestión de permanente actualidad en nuestra sociedad. El predio del CAE es un complejo industrial ubicado en el cono urbano bonaerense, el más poblado del país.

La creación de un área protegida en él preservaría:

- La calidad del medioambiente urbano y la salud de la población al aumentar la superficie de espacios verdes por habitante.
- La calidad de los servicios ambientales brindados al CAE como industria y su comunidad inmediata, protegiendo la biodiversidad, los suelos y el aire y conservando cuencas hídricas.

Además permitiría:

- Producir información sobre procesos ambientales que contribuyan a evaluar la observancia de la ley.
- El establecimiento de protocolos de gestión y el desarrollo de estudios ambientales del estado de línea de base, extrapolables a otros sectores de la casa.

La creación del área protegida en el CAE con su laboratorio de campo, no sólo contribuiría al conocimiento técnico-científico en temas ambientales, sino también al consecuente acercamiento entre industria, ciencia y sociedad, creando un espacio de encuentro con intereses comunes.

Bibliografía:

- o Cabrera, A.L. (1971). Fitogeografía de la República Argentina. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica, XIV (1-2). Pp:1-43.
- o Chebez, J.C. (2006). Guía de las Reservas Naturales de Argentina. Editorial Albatros. Buenos Aires. Argentina.
- o CITES. Dirección Nacional de Fauna y Flora. "Lista de CITES" (1995). Disponible en: <http://www.cites.org/esp/app/appendices.shtml>.
- o Robert C., D'Arge R., De Groot R., Farber S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., O'Neill R.V., Paruelo J., Raskin R.G., Suttonk P. & Van den Belt M. (1997). *The value of the world's ecosystem services and natural capital*. NATURE Vol. 387.
- o Decretos de 1954 y 1960. Decretos Presidenciales de transferencia de tierras N° 18458/54, fracción entre la ruta Presbítero Juan González y Aragón y el Río Matanza (432 ha), y N° 994/60, fracción entre la ruta Presbítero Juan González y Aragón y el Aeropuerto de Ezeiza (400 ha).
- o De Groot, R.S., M.A. Wilson. & R.M.J. Boumans. (2002). *A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services*. *Ecological Economics* 41: 393-408.
- o DIRECTIVA 2000/60/CE. Directiva Marco del Agua del Parlamento Europeo.

- o ENIC 2007. Espacios Naturales de Interés para la Conservación de la biodiversidad (IP 234/07 2007).
- o Faggi, A., Arriaga M., Mallo L., Milesi J.C., Krellenberg K. (2003). Informe sobre el relevamiento de flora y vegetación del Predio de la Comisión de Energía Atómica de Ezeiza. Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia". Buenos Aires.
- o ILPLA 2003. Instituto de Limnología Dr. Raúl A. Ringuelet. Universidad Nacional de La Plata – CONICET. Diatomeas y Faggi, A., Arriaga M., Mallo L., Milesi J.C., Krellenberg K. (2003). Informe sobre el relevamiento de flora y vegetación del Predio de la Comisión de Energía Atómica de Ezeiza. Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia". Buenos Aires.
- o GdC. Granja de cocodrilos - Francia. Disponible en: <http://www.lafermeauxcrocodiles.com/>
- o ILPLA 2003. Instituto de Limnología Dr. Raúl A. Ringuelet. Universidad Nacional de La Plata – CONICET. Diatomeas y macro invertebrados bentónicos en el monitoreo de sistemas lóticos bonaerenses. Biología acuática N° 21.
- o IDP 2001. *The Pampean Diatom Index Argentina*. Nora Gómez and Magdalena Licursi. *Aquatic Ecology* 35: 173-181.
- o INDEC 2001. Censo Nacional de Población, Hogares y Vivienda, Ministerio de Economía.
- o IPTS. *Institute for Prospective Technological Studies*. Disponible en: <http://ipts.jrc.ec.europa.eu>
- o LANL. *Los Alamos National Laboratory*. Disponible en: <http://www.lanl.gov/environment/index.shtml>.
- o Ley Nacional 22.421(1981). Ley de Conservación de la Fauna.
- o Ley Nacional 24.375 (1994). Convenio sobre Diversidad Biológica.
- o Ley Nacional 25.675. (2002). Ley General del Ambiente.
- o Ley Nacional 26.168. (2006). Ley de la Cuenca Matanza Riachuelo.
- o Ley Nacional 26.331. (2007). Ley de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos.
- o Lomas P., Martín B., Louit C., Montoya D., Montes C. (2005). Guía Práctica Para la Valoración Económica de los Bienes y Servicios Ambientales de los Ecosistemas.
- o Publicaciones de la Fundación Interuniversitaria Fernando González Bernáldez. Madrid-España.
- o ONU 2002. Plan de implementación de la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible, Johannesburgo-Sudáfrica, 26/8 al 4/9/02.
- o PMI 2008. Programa de monitoreo integrado de calidad de agua superficial y sedimentos de la Cuenca Matanza-Riachuelo y del Río de la Plata. Disponible en: www.ambiente.gov.ar/archivos/web/ACUsentencias/File/080510/Interpretacin_calidad%20de%20agua%20superficial_07deoctubre.pdf
- o SAYDS 2002. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Objetivos de Biodiversidad
- o 2010. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Disponible en <http://www.ambiente.gov.ar/?idarticulo=1323>
- o SAYDS 2009. Proyecto Bosques Nativos y Áreas Protegidas BIRF 4085 AR. Valoración económica de servicios ambientales. Disponible en <http://www.ambiente.gov.ar/?idseccion=43>



NA•SA NUCLEOELÉCTRICA ARGENTINA S.A.

NUCLEOELÉCTRICA ARGENTINA fue fundada el 7 de septiembre de 1994 con el propósito de constituirse en uno de los actores claves del Mercado de generación eléctrica en la Argentina. Cuenta para ello con las Centrales Nucleares Atucha I y Embalse, las cuales se encuentran en operación desde 1974 y 1984 respectivamente. Además, tiene en construcción la Central Nuclear Atucha II.

NUCLEOELÉCTRICA ARGENTINA es una empresa comprometida con la generación de energía nucleoelectrica en forma segura, eficiente, competitiva y limpia. Estos valores son los que guían su actuación en el Mercado Eléctrico Mayorista Argentino, uno de los más desregulados y competitivos del mundo.

NUCLEOELÉCTRICA ARGENTINA S.A.

Arribeños 3619 Buenos Aires . Argentina - (C1429 BKQ)
Tel. (54 11) 4701-1643/8514/4651 - Fax (54 11) 4701-0401
Info@na-sa.com.ar - www.na-sa.com.ar

Proyecto ARCAL RLA/I/010: Mejora de la gestión regional de la contaminación de cuerpos de agua contaminados con metales: desarrollo del proyecto en la Argentina

DANIEL S. CICERONE ^(1,2), PAULA SÁNCHEZ ^(1,2), JORGE MAGALLANES ⁽¹⁾, GONZALO NADER ⁽¹⁾

¹- Comisión Nacional de Energía Atómica. ²- Universidad Nacional de San Martín

Los países de la Región Latinoamericana enfrentan el desafío de gestionar adecuadamente sus recursos hídricos para satisfacer no solo en cantidad, sino también en calidad sus distintos usos: riego, ganadero, industrial, abastecimiento y recreativo. El proyecto regional del Organismo Internacional de Energía Atómica ARCAL RLA/I/010, en consonancia con recomendaciones internacionales (OPS y OMS), se propone contribuir a la mejora de la gestión de la calidad del agua de cuerpos de aguas superficiales.

The countries of the Latin American region face the challenge of an adequate management of their water resources in order to satisfy not only quantitatively, but also qualitatively its different uses: irrigation, stockbreeding, industrial, rural and municipal supply and recreational. The regional ARCAL project RLA/I/010, according to international recommendations (PAHO and WHO), set out to contribute to the improvement of the management of the water quality of surface water bodies.

INTRODUCCIÓN

El proyecto ARCAL “Mejora de la Gestión Regional de la Contaminación de Cuerpos de Agua Superficiales Contaminados con Metales” se propone armonizar protocolos y capacitar los recursos humanos necesarios para la evaluación de la calidad del agua y el transporte de metales en cuerpos de agua superficiales, en países de la región de Latinoamérica y el Caribe con problemas de contaminación con metales (natural o antropogénica) aplicando técnicas analíticas nucleares y complementarias, incluyendo el empleo de trazadores. Participan en el mismo: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Costa Rica, Cuba, El Salvador, México, República Dominicana, Uruguay y Venezuela; cada uno de estos países ha elegido un ecosistema local relevante donde poder desarrollar este proyecto.

¿Por qué?

La región de América Latina y el Caribe ocupa el 15% de la superficie del planeta y tiene el sistema pluvial más grande del mundo. La Amazonia con 7,5 millones de Km², en conjunto con otros sistemas pluviales como el Paraná – Plata y el Orinoco, acarrean al Océano Atlántico más del 30% del agua del Planeta. Más del 70% de sus cuencas hidrográficas son compartidas por dos o más países, por ejemplo un 60% del territorio sudamericano corresponde a cuencas transfronterizas.

Sin embargo, el 7% de la población urbana y el 39% de la rural no tiene acceso a agua potable y el 60% de los hogares urbanos y rurales carece de suministro regular de agua, dependiendo fuertemente del agua subterránea. El 13% de la población urbana y el 52% de la rural no tiene acceso a servicios sanitarios y solo un 5% de las aguas de alcantarillado de las ciudades recibe algún tipo de tratamiento, por lo que las aguas residuales domésticas constituyen una fuente de contaminación para los recursos

de agua superficial y los suelos. Tan solo el 35% de los residuos sólidos se gestionan en rellenos sanitarios, afectándose la salud, los suelos y las fuentes de agua.

Las actividades antropogénicas sumadas a los asentamientos humanos ubicados en las proximidades de las cuencas contribuyen a la contaminación de las aguas superficiales limitando su uso para riego, actividades de recreación, deportivas y educativas; elevando los costos de los tratamientos de potabilización necesarios para lograr la aptitud para el consumo humano; y poniendo en riesgo la preservación de la vida acuática y la diversidad biológica.

Los países de la región enfrentan una serie de problemas relacionados con contaminantes microbiológicos (virus, bacterias), orgánicos (pesticidas, herbicidas) e inorgánicos (metales y metaloides, nutrientes) presentes en aguas superficiales y subterráneas, los cuales pueden ocasionar problemas de salud a las poblaciones que viven en sus cuencas.

¿Para quién?

Existen instituciones gubernamentales y no gubernamentales ocupadas en la gestión del recurso agua en la región. Los usuarios directos de los productos de este proyecto son aquellas instituciones que velan por la calidad y uso sustentable del recurso hídrico y las dedicadas a la formulación de leyes, normas y criterios regulatorios de la calidad del agua. Estos usuarios se benefician con la disponibilidad de protocolos armonizados y con recursos humanos formados para la evaluación integral de la calidad del agua y el transporte de contaminantes en cuerpos de aguas superficiales. Así mismo coadyuva al desarrollo de normas y criterios en materia de aguas de los países participantes.

¿Cómo?

Como resultado de la ejecución de este proyecto se espera:

1. Mejorar la gestión del recurso agua superficial a nivel regional por el empleo de índices de calidad de aguas consensuados y evaluados.
2. Mejorar la capacidad de predicción de los modelos utilizados en evaluación de la calidad del agua y el transporte de elementos ecotóxicos en cuerpos de aguas superficiales.
3. Mejorar la confiabilidad, reproducibilidad y aplicabilidad de los resultados para su comparación, de manera de poder afrontar problemáticas comunes en la región.
4. Armonizar, entre los países intervinientes, bases de datos del recurso agua para una mejor interpretación y común tratamiento de los parámetros de medición.
5. Mejorar las capacidades de los grupos de la región para asumir nuevos desafíos y sus efectos multiplicadores en la formación de recursos humanos, contribuyendo a la sustentabilidad del proyecto.

ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA

En consonancia con el primer objetivo específico del proyecto, se desarrolló un Taller Regional de Índices de Calidad del Agua en Río de Janeiro, del 27 al 31 de Agosto de 2007. En esta reunión se propusieron armonizar criterios para el desarrollo y aplicación de índices de calidad del agua en países de la región.

Los índices de calidad de agua son herramientas ideales para brindar un diagnóstico general sobre el estado de un cuerpo de agua y facilitan la toma de decisiones para actuar preventiva o correctivamente sobre él. Se definen a través de las medidas de ciertos parámetros físicos, químicos y biológicos, proporcionando un valor general de la calidad de agua.

Se formulan a través de las medidas de determinados parámetros en la situación operacional, referenciados con otra situación que se considera admisible o deseable y que, por ejemplo para la Argentina, viene dada por los presupuestos mínimos para fuentes de agua potable o protección de vida acuática, entre otros.

Trabajando para el logro de un consenso, los participantes en el proyecto acordaron la aplicación del Índice de Calidad del Agua (ICA) desarrollado por Canadá, para establecer comparaciones regionales. La ecuación 1 presenta la formulación de dicho índice propuesto por el *Canadian Council of Ministries*.

$$CCMEWQI = 100 - \frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1,732}$$

Ecuación 1

El índice está referido a un objetivo ambiental y mide el número de parámetros que se encuentran fuera del ámbito del objetivo, estableciendo un porcentaje del total del número de parámetros medidos que se refiere al primer componente (F1) de la ecuación. El segundo componente (F2) se refiere a la frecuencia, y mide qué tan frecuentemente un objetivo de calidad del agua se excede. El último componente (F3) se refiere a la magnitud, y mide en cuanto se exceden los objetivos. Los tres componentes

están comprendidos dentro de una unidad cuya escala va de 0 a 100. Un valor de índice alto refleja una calidad del agua prístina o cercana a la esperada para el objetivo ambiental propuesto, mientras que valores bajos reflejan una pobre calidad de agua alejada del mismo.

La aplicación de éste índice requirió de la definición de 16 parámetros, que están siendo medidos por los grupos de los distintos países que participan en el proyecto en sus respectivos ecosistemas en estudio: Río Reconquista entre ex Ruta 8 y Panamericana (Argentina), Bahía de Cohana y Cuenca del Río Katari (Bolivia), Cuenca del Río Loa (Chile), Micro Cuenca Río Pures (Costa Rica), Río Luyano (Cuba), Subcuenca del Río Sucio (El Salvador), Río Lerma (México), Río Rimac (Perú), Río Haina (República Dominicana), Arroyo Carrasco (Uruguay) y Río Turbio (Venezuela).

La selección de los parámetros contempló dos grandes grupos: uno formado por indicadores básicos de calidad del agua y otro por sustancias tóxicas (metales).

El criterio que se usó en la selección de los parámetros básicos fue contemplar: el nivel de acidez de las aguas (pH), el contenido de materia orgánica (OD, DBO5), el grado potencial de eutrofización (fósforo total, $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$), el contenido de sólidos (conductividad o SDT, SST, turbidez) y el grado de contaminación microbológica (coliformes fecales).

En la selección de las sustancias tóxicas se utilizó el criterio de evaluar el nivel de polución de los recursos hídricos por presencia de metales, ya que esta etapa del proyecto priorizó este tipo de contaminantes. El grupo elegido de metales fue producto de una amplia discusión tomándose en cuenta las realidades de cada país. Esto resultó en una lista de elementos, la cual incluyó los siguientes parámetros: Pb (plomo), Hg (mercurio), Cd (cadmio), Cr (cromo), Cu (cobre) y As (arsénico). Es importante resaltar que el As se incluyó en la lista a pesar de ser un metaloide porque sus características tóxicas se asemejan a las de los metales pesados.

Asimismo, a fin de que todos los países informen los resultados de los parámetros medidos con una misma calidad estadística (precisión), independientemente de la técnica analítica de que dispongan, se fijaron niveles de tolerancia (r%) para que la calidad de los datos sea dependiente solamente del número de medidas. La tolerancia se define en la ecuación 2.

$$r\% = \frac{(x - \bar{x})}{\bar{x}} \times 100$$

Ecuación 2

Donde x es el valor de la medición y $\bar{x}$ es el valor de la media de la misma. Esta ecuación está incluida en la fórmula para expresar el número de muestras a ensayar según la técnica empleada, que se presenta en la ecuación 3.

$$N = \left(t_{n,\alpha} \times \frac{C_v\%}{r\%} \right)^2$$

Ecuación 3

Donde $C_v\% = \frac{s \times 100}{\bar{x}}$ siendo s la desviación estándar

del método empleado y t el coeficiente estadístico de Student para $n=N$, lo que hace que esta ecuación sea de tipo implícito. Esta ecuación puede aplicarse también a un área bajo estudio donde se considere una tolerancia $r\%$ respecto de la media $\bar{X}$, siendo en este caso s la desviación estándar de las muestras tomadas en esa área.

ARMONIZACIÓN PROTOCOLOS DE TOMA DE MUESTRA, PRESERVACIÓN Y ANÁLISIS

Se llevó a cabo un Taller en San Salvador (El Salvador), en mayo de 2008, donde se evaluaron y consensuaron protocolos de técnicas de muestreo y análisis de aguas superficiales y sedimentos, concentrándose en la redacción de un manual de procedimientos armonizados para la región. Se incluyeron los protocolos correspondientes a los parámetros (indicadores) utilizados por el Índice de Calidad de Agua (ICA) consensuado en el Taller de Río.

¿Por qué?

En la estimación de un parámetro de medición intervienen dos errores que son absolutamente independientes: uno es el error del muestreo y el otro el de medición en el laboratorio. Por ello son tan apreciadas las técnicas de evaluación 'in situ', cuando pueden aplicarse.

Debería intentarse que ambos errores sean del mismo orden, sin embargo, generalmente el error de muestreo es considerablemente mayor que el error de medición, de ahí la necesidad de protocolizar los métodos de muestreo a fin de disminuir este error al mínimo, lograr que los datos obtenidos en diferentes lugares sean comparables y que la confiabilidad final de los datos sea la requerida por el diseño de muestreo.

También con el mismo objetivo se deben acordar los métodos de medición. En principio, sería deseable que todos los laboratorios apliquen una misma técnica de medición para un parámetro dado, sin embargo, debido a que no todos poseen la misma tecnología, en algunos casos fue necesario acordar más de un procedimiento químico-analítico para un mismo elemento.

ENSAYOS REGIONALES DE APTITUD DE LABORATORIO

Con el objeto de evaluar las capacidades analíticas de los laboratorios participantes en el proyecto en cuanto al análisis de muestras de aguas y sedimentos utilizando las técnicas disponibles por cada laboratorio, se llevaron a cabo dos ensayos regionales de aptitud de laboratorios. Los mismos permitieron identificar causas que pudieran provocar resultados diferentes para un mismo análisis de una determinada muestra.

Los laboratorios participantes (14 en total) analizaron una muestra de agua con concentraciones incógnitas de los analitos B (boro), Fe (hierro), Zn (zinc), Ni (níquel), Cu (cobre), Cr (cromo), Mn (manganesio), As (arsénico), Cd (cadmio) y Pb (plomo), y una adicional con Hg (mercurio). Así mismo, llevaron a cabo el análisis de una

muestra de sedimento con concentraciones incógnitas de los mismos analitos antes mencionados.

Los resultados de estos ensayos muestran que se debe seguir trabajando en la región para disminuir los errores asociados a la medición de parámetros químicos ambientales en laboratorio. Algunos de estos resultados se presentan en las Figuras 1 y 2.

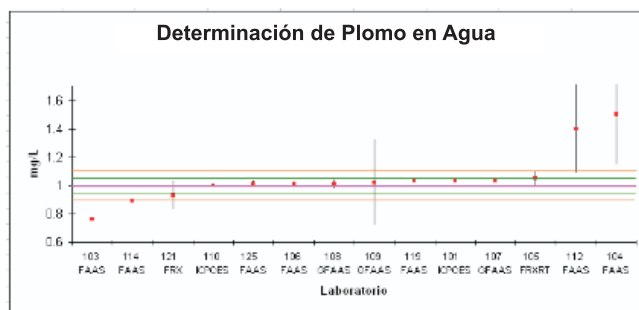


Figura 1. Valores de plomo en agua reportados por los distintos laboratorios participantes en los Ensayos de Aptitud Regional (círculos rojos). A cada laboratorio se le asignó un número de identificación, debajo del cual se ha especificado la técnica disponible y empleada por el mismo. FAAS: Flame Absorption Atomic Spectroscopy, FRX: Fluorescence X ray, ICPOES: Inducted Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy, FRRT: Fluorescence X ray Total Reflection. Las líneas rosa, verde y naranja muestran el valor certificado, su desviación estándar y el doble de su desviación estándar respectivamente.

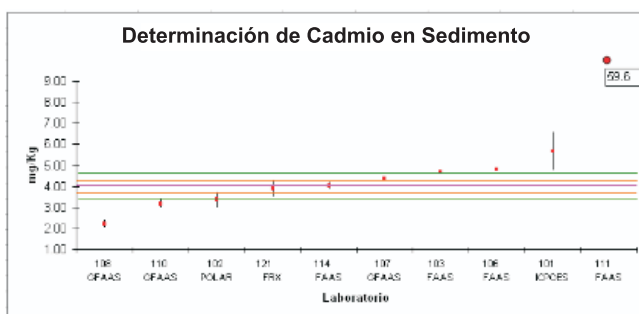


Figura 2. Valores de cadmio en sedimentos reportados por los distintos laboratorios participantes en los Ensayos de Aptitud Regional (círculos rojos). A cada laboratorio se le asignó un número de identificación, debajo del cual se ha especificado la técnica disponible y empleada por el mismo. FAAS: Flame Absorption Atomic Spectroscopy, FRX: Fluorescence X ray, ICPOES: Inducted Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy, POLAR: Polarography. Las líneas rosa, verde y naranja muestran el valor certificado, su desviación estándar y el doble de su desviación estándar respectivamente.

DISEÑO DE BASE DE DATOS

El proyecto pretende crear una base de datos consensuada para la sistematización de la información generada en los estudios de casos de cada uno de los países participantes (Taller desarrollado en Buenos Aires en noviembre de 2007).

El alcance de la base de datos incluye como mínimo los parámetros seleccionados para el cálculo del

índice de calidad de agua, así como los parámetros necesarios para el desarrollo de modelos mecanicistas y estadísticos. La Tabla 1 presenta en detalle la información que incluye la misma.

Los resultados se presentarán en formato de hoja Excel. Además se recomendó que se utilicen metodologías de sistemas de información geográfica (SIG), tanto para presentar la información adquirida directamente como para mapear los resultados de los diferentes procesados.

Parámetros de la plantilla de la hoja de cálculo donde se almacenan los datos
- Nombre de país llevará dos letras y será el mismo que identifica al país en la web. Ejemplo: El Salvador (SV) - Nombre de la cuenca llevará cuatro letras - Punto de muestreo tendrá dos dígitos del 01 al 99 en orden ascendente desde aguas arriba hacia aguas abajo - Se definirá un dígito para numerar la campaña de muestreo - Nombre de la base de datos de cada país: RLA1010 - CÓDIGO DE PAÍS - Parámetros de caracterización del sitio - Identificación de la estación de muestreo - Ubicación geográfica (latitud y longitud en UTM, altura en metros sobre el nivel del mar) - Campaña - Día - Hora - Temperatura del aire - Presión atmosférica - Precipitación pluvial - Hidrología (caudal, velocidad de flujo y batimetría o sección transversal) - Parámetros que se miden "in situ": - Caudal - pH - Oxígeno disuelto - Temperatura - Conductividad eléctrica - Parámetros que se miden en laboratorio - Sólidos disueltos totales - Sólidos suspendidos totales - Fósforo total - Nitratos - Nitrógeno y amoníaco - DB05 - Coliformes fecales - Metales (ordenados por número atómico) - Observaciones

Tabla 1. Información incluida en la base de datos propuesta por el proyecto.

RED DE MONITOREO

Las redes de monitoreo se diseñaron tomando en cuenta los cambios en la calidad del agua a lo largo del cuerpo de agua superficial en función de las descargas naturales y antropogénicas que recibe el cuerpo principal de agua. Los puntos de muestreo se seleccionaron de acuerdo a las singularidades (afluentes, fuentes de contaminación puntuales o difusas, etc.) del sistema en estudio, teniendo en cuenta que los mismos deben tener accesibilidad a lo largo del proyecto.

Se recomendó realizar una precampaña o visita preliminar con el objeto de:

- a. Establecer los puntos de la red de monitoreo. En caso de que existiera, verificar que cumpla con los criterios arriba definidos.
- b. Facilitar el conocimiento "in situ" del sistema en estudio por el grupo de trabajo que modelizará el mismo.
- c. Reconocer las características ambientales del sitio.
- d. Medir parámetros tales como pH, temperatura, conductividad electrolítica, oxígeno disuelto y caudal (según el método disponible en cada país) y todos aquellos que se consideren necesarios, con el objeto de caracterizar el sitio.

Debido a que el índice ICA requiere al menos cuatro campañas anuales para que sea válido, y debido a que los países presentan gran variabilidad climática (por ejemplo en algunos hay prácticamente una sola estación, o las temporadas se diferencian por la estación de lluvias) se decidió que las campañas se realicen durante los períodos de máxima y mínima cota del sistema en estudio.

DESARROLLO DEL PROYECTO EN LA ARGENTINA

El Grupo de trabajo

La CNEA, a partir del grupo de Dispersión de Contaminantes en Sistemas Naturales, es el promotor y líder del proyecto a nivel nacional, coordinando los esfuerzos de los distintos grupos de trabajo en la Región de Latinoamérica y del Caribe. El desafío que supone la concreción de este trabajo ha motivado la conformación de un equipo multidisciplinario e interinstitucional. Se ha convocado a la Universidad Nacional de San Martín a participar en la ejecución del proyecto, colaborando, entre otros temas, en el monitoreo, la capacitación de recursos humanos y el dictado de dos cursos de formación a distancia para la región.

Así mismo, se ha invitado a participar a las siguientes instituciones: la Honorable Cámara de Senadores de la Nación, el Ministerio de Desarrollo Social, la Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable, la Autoridad del Agua, la Defensoría del Pueblo de la Nación, el Servicio Geológico Minero Argentino y la Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado .

El Ecosistema en estudio

El Río Reconquista es el segundo río más contaminado de la República Argentina. Su cuenca aporta el 33% de la contaminación del Río de la Plata, de cuyas aguas se abastece a 14 millones de personas de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y la Provincia de Buenos Aires. A su paso por el partido de General San Martín (donde comienza la cuenca baja del mismo), disminuye su calidad de agua por vuelcos de efluentes no tratados para luego desembocar en el Río de la Plata.

Los radios más urbanizados de los partidos más densamente poblados (Tigre, San Fernando, San Isidro, Tres

de Febrero y Gral. San Martín) se ubican en la ribera del río Reconquista (Figura 3).

En cuanto a las características de la población de la cuenca, hay un alto porcentaje de población con necesidades básicas insatisfechas que corresponde a los radios censales adyacentes a las márgenes del río Reconquista y sus afluentes. Los asentamientos precarios ubicados en las orillas del río Reconquista y sus afluentes crecen constantemente. Se ubican en tierras fiscales que no están controladas por el Estado (situación frecuente en el Área Metropolitana Buenos Aires), y son accesibles económicamente para las familias de bajos recursos (Figura 4).



Figura 3. Cuenca del Río Reconquista y sistema en estudio



Figura 4. Muestra de barrios. Estudio cualitativo (Fuente: Coordinación Nacional Ficha Social Las Familias cuentan. Dirección Nacional de Diseño y Evaluación de Programas del Ministerio de Desarrollo Social)

Las inundaciones que se producen en la cuenca perjudican con mayor intensidad a las familias de estas viviendas precarias, ocasionando accidentes fatales y destrucción de los inmuebles.

El Partido de Gral. San Martín se encuentra en el tercer lugar, (luego de Avellaneda y La Matanza) entre los partidos más industrializados del Conurbano Bonaerense. Es un fuerte enclave de PYMES - alrededor de 1600 establecimientos industriales, muchos de las cuales se ubican sobre la cuenca del Río Reconquista. La Figura 5 presenta la implantación de las mismas y el rubro al que pertenecen.

El proyecto a desarrollarse en este ecosistema propuso:

- ✓ Establecer criterios de diseño para una red de monitoreo de calidad de aguas y sedimentos en el tramo del río Reconquista en su paso por el Partido de Gral. San Martín.
- ✓ Sistematizar la información existente y a obtener, construyendo una base de datos de parámetros vinculados con la gestión ambiental del Río Reconquista.
- ✓ Armonizar y evaluar protocolos; en particular: diseño muestral, toma de muestra, medición, análisis de resultados y reporte para la evaluación de la calidad de los cuerpos de aguas superficiales con elementos ecotóxicos utilizando técnicas analíticas nucleares, complementarias y trazadores.
- ✓ Desarrollar y aplicar Índices de Calidad de Agua.
- ✓ Modelizar el comportamiento físicoquímico del río en el Partido de Gral. San Martín a partir del análisis estadístico de la información primaria y secundaria y la identificación de los mecanismos relevantes (significativos) al transporte de metales en el sistema en estudio.



Figura 5. Implantación de PYMES en el Partido de Gral. San Martín por rubro industrial. Tomado de González 2007.

Entre los logros del proyecto merecen citarse:

1. Red de monitoreo instalada y funcionando.
2. Base de datos histórica analizada y evaluada.
3. Índice de Calidad de Agua aplicado al sistema de estudio (Ver Figura 6).
4. Calibración del algoritmo de cálculo WASP 7.3 para el transporte de los metales zinc (Figura 7), plomo, cromo, cobre y cadmio.
5. Evaluación de la calidad del agua a partir de estudios ecotoxicológicos.

Queda aún mucho por hacer, en particular en lo referido a la sistematización de la información ambiental (base de datos), el empleo de trazadores para la evaluación de parámetros ambientales y la modelización. En mayo de 2009 se celebrará una nueva reunión de coordinación para definir las nuevas actividades a realizar en el futuro.



Figura 6. Aplicación del Índice de Calidad de Agua adoptado por el proyecto RLA/1/010 al sistema en estudio. Los valores muestran una pobre (0 a 44) o marginal (45 a 64) calidad del agua.

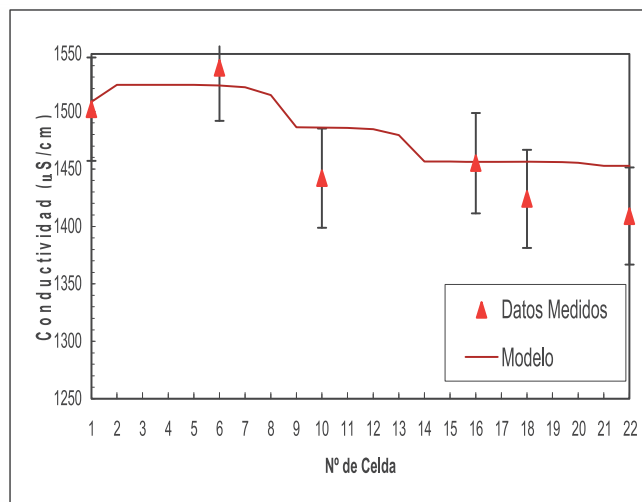


Figura 7. Modelización de la concentración de zinc del Río Reconquista entre Panamericana y ex Ruta 8 a partir de la implementación del algoritmo de cálculo WASP 7.3 (línea marrón). Los puntos verdes muestran las concentraciones medidas. El eje X corresponde a las celdas en las que fue discretizado el sistema.

ASOCIACION ARGENTINA DE
TECNOLOGIA NUCLEAR

35 años apoyando la
actividad nuclear para una mejor
calidad de vida

Av. Callao 384 1º 3 (C1022AAQ) C. A. de Buenos Aires
 Tel: 011-4372-2013 www.aatn.org.ar aatnmail@gmail.com

CNEA AL DÍA

NOTICIAS DE LA
COMISIÓN NACIONAL
DE ENERGÍA ATÓMICA

(1º de julio al 30 de diciembre de 2008)

Crédito del Banco Mundial para la restitución ambiental de la minería del uranio

El Banco Mundial aprobó el 31 de julio un préstamo por U\$S 30 millones para apoyar en la Argentina el Proyecto de Restitución Ambiental de la Minería del Uranio (PRAMU), en los sitios en los que se desarrollaron actividades de minería del uranio. El préstamo está dirigido específicamente a la CNEA para "reacondicionar las minas de uranio e instalaciones de molienda cerradas de acuerdo a estándares internacionales para el deshecho y manipulación de materiales peligrosos".

En las explotaciones de mineral de uranio y en las instalaciones industriales para el tratamiento de este mineral quedan - una vez finalizada su vida útil - restos de material denominados en la jerga técnica comúnmente "colas de mineral" y líquidos efluentes de los procesos industriales. Justamente este aspecto es uno de los más cuestionados por los sectores sociales que denuncian las consecuencias sobre la vida de las comunidades cercanas a los proyectos mineros.

El objeto del PRAMU es lograr que, en todos aquellos sitios en los cuales se han desarrollado actividades intrínsecas a la minería del uranio, se restituya el ambiente. Además, asegurar que la herencia de anteriores actividades y cierres del sector minero sea conducida de acuerdo a las mejores prácticas internacionales y con procedimientos adecuados de consultoría y monitoreo.

Para ello se determinan, en primer lugar, las características del problema en cada sitio mediante los estudios necesarios que identifiquen los impactos producidos y potenciales y las vías posibles de contaminación. El citado préstamo financiará la inversión para reacondicionar el antiguo sitio de procesamiento de mineral de uranio en Malargüe, Mendoza, y proveerá asistencia técnica para el diseño del planeamiento e ingeniería de hasta siete lugares adicionales. El préstamo tiene un vencimiento a 30 años e incluye un periodo de gracia de cinco años.

Foro sobre el desarrollo de la minería del uranio en el país

El 23 de agosto, ante más de 90 geólogos y técnicos mineros de todo el país, el Secretario de Minería de la Nación, Jorge Mayoral, inauguró un foro de trabajo organizado por la CNEA. El Secretario de Minería, acompañado por la Presidenta de la CNEA, Lic. Norma Boero, presentó los lineamientos del gobierno nacional para el desarrollo de la actividad minera y las políticas nacionales para la producción de uranio como alternativa energética. Al evento asistieron geólogos, técnicos en minería y profesionales de las delegaciones de la CNEA en el interior del país. El Secretario destacó el crecimiento de la actividad exploratoria, incluso en materia de uranio, lo que permitirá proyectar nuevos emprendimientos productivos. Finalmente, remarcó la importancia de generar ámbitos de trabajo en conjunto con los profesionales de la actividad para compartir distintas visiones de desarrollo de las actividades productivas y propuso impulsar encuentros similares en las zonas mineras del país.

Firma de convenio minero con La Rioja

La Presidenta de la CNEA, Lic. Norma Luisa Boero, y el Gobernador de la Provincia de La Rioja, Dr. Luis Beder Herrera, firmaron un convenio específico en relación con actividades de minería del uranio en esa provincia, en el ámbito del Convenio Marco firmado en mayo de 2006 y ratificado por la Ley Provincial N° 7984.

Su objetivo es regular la participación conjunta de las partes en esa actividad minera, la cual comprende las tareas de prospección, exploración y evaluación y los estudios de factibilidad económica del aprovechamiento de los minerales nucleares y sus asociados, así como la eventual explotación en las áreas mineras que posea la CNEA o la Provincia en el territorio de La Rioja, en las que ambas partes serán poseedoras de un porcentaje igualitario. La CNEA aportará el *know how* y la dirección científico-técnica para todas las etapas del proceso, con personal especializado, laboratorios, equipamiento específico y medios de movilidad para el relevamiento, control y procesamiento de los datos geológicos-radiométricos obtenidos.

Seguidamente, el día 19 de agosto y en relación con ese convenio, la legislatura riojana aprobó una ley que permite a la CNEA avanzar en la exploración uranífera de los yacimientos riojanos. La ley aprueba la contratación "para la realización de 1.500 metros de perforación vertical, y/o la cantidad de metros que determine la CNEA".

Con posterioridad, el 28 y 29 de ese mes, funcionarios, expertos y técnicos de la CNEA brindaron una serie de exposiciones sobre las actividades de exploración de minerales de uranio en esa provincia, ante autoridades provinciales y municipales, funcionarios, periodistas, docentes y alumnos universitarios, profesionales y entidades intermedias (gremios, partidos políticos, instituciones deportivas y ciudadanos interesados). En el curso de las mismas se habló sobre la aplicación del Proyecto de Restitución Ambiental de la Minería de Uranio (PRAMU), en especial, en el ex yacimiento uranífero riojano "Los Colorados".

Malargüe, sede del "Cuarto Encuentro Internacional de Ciencias de la Tierra"

En el marco del "Año Internacional del Planeta Tierra" (año 2007), entre el 29 y el 31 de octubre se realizó en la localidad mendocina de Malargüe el "Cuarto Encuentro Internacional del Centro Internacional para las Ciencias de la Tierra" (E- ICES 4). El objetivo de ese evento fue reunir a investigadores de distintas disciplinas de la Argentina y el mundo que desarrollen proyectos de investigación vinculados a las ciencias de la tierra, es decir al conjunto de disciplinas que estudian las distintas zonas de la tierra en su totalidad: el interior, la superficie y la atmósfera, en el presente, pasado y futuro. En el encuentro se abordaron temas como el cambio climático, geofísica, sísmica, vulcanología, glaciología, geología, riesgos volcánico e hidrológico, geodesia, ciencias de la atmósfera y antropología. El objetivo del encuentro fue mostrar los trabajos de investigación y el grado de avance de los distintos proyectos, corregir o ampliar los planes y concretar proyectos de interés regional integrando al ICES a otros países de la región.

Las instituciones que apoyaron ese encuentro internacional de especialistas fueron la CNEA, el Consejo Nacional de Investigación Científica y Técnica, la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, la Universidad Nacional de Cuyo, la Municipalidad de Malargüe, la Embajada de Italia en la Argentina, el Observatorio Sismológico de la Universidad de Messina (Italia), el Instituto Nacional de Oceanografía y Geofísica Experimental (Italia), la Asociación Argentina y Sudamericana de Permafrost, el Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales, la Fundación Williams, el "Consiglio Nazionale delle Ricerche" (Italia) y el Centro Internacional para las Ciencias de la Tierra" (Italia).

El Centro Internacional para las Ciencias de la Tierra fue fundado en Italia a partir de la experiencia de un grupo de científicos argentinos e italianos que comenzaron a investigar las actividades del volcán Peteroa (situado a 200 km de Malargüe) en 2001. Posteriormente, se creó la filial local con el apoyo de la CNEA, de la Universidad Nacional de Cuyo y de la Intendencia de Malargüe.

Finaliza la construcción del Observatorio "Pierre Auger"

El 14 de noviembre se celebró la finalización de la construcción del Observatorio de Rayos Cósmicos Pierre Auger y el inicio de la segunda etapa, la de su puesta en funcionamiento. Se trata del proyecto de detección temprana de rayos cósmicos ubicado en Loma Amarilla, a 1.470 metros de altura sobre el nivel del mar y a 90 kilómetros de la ciudad de Malargüe. Estuvieron presentes en la inauguración las máximas autoridades de la CNEA y diversas autoridades nacionales e internacionales del ambiente científico y diplomático.

Este emprendimiento tiene entre sus objetivos contribuir a resolver enigmas vinculados con el origen del universo y estudiar los rayos cósmicos que llegan a la Tierra desde el espacio con las energías más grandes conocidas en la naturaleza, siendo aun hoy una incógnita las fuentes que los emiten. Esta obra constituye un hito en el desarrollo científico y tecnológico del país, constituyendo la superficie experimental más grande hasta el presente y con una de las redes de comunicaciones privadas también más grandes del mundo.

Además del rol protagónico que le cupo a la CNEA, diversas instituciones argentinas colaboraron desde el principio tanto en la ciencia como en la tecnología del proyecto, enriqueciéndose con el intercambio de ideas y con la colaboración internacional de alrededor de 400 científicos y técnicos de 15 países, que se sumaron técnica y económicamente al emprendimiento.

Premio al Dr. Andrés Arazi

El día 5 de diciembre, en el Aula Magna de la Academia Nacional de Medicina, el Dr. Andrés ARAZI, perteneciente al Grupo de Física de Iones Pesados y Espectrometría de Masas de la Gerencia de Área de Investigación y Aplicaciones No Nucleares, recibió el Premio Estimulo Juan José Giambiagi en Física Experimental, de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales-2008.

INSTITUTO BALSEIRO

El Balseiro otorga becas y distinciones

En el marco del concurso "Beca Instituto Balseiro 2008 para alumnos de escuelas de enseñanza media", se otorgaron 15 becas y 30 menciones especiales. Se presentaron 825 trabajos. La evaluación fue realizada por 53 investigadores, docentes y becarios del Instituto Balseiro y del Centro Atómico Bariloche. Esta ha sido la séptima edición de la "Beca Instituto Balseiro para alumnos de enseñanza media", iniciativa que ha logrado continuidad en el tiempo y se seguirá repitiendo anualmente como una manera de acercamiento a la escuela y a la sociedad. Los alumnos seleccionados, junto a dos de los profesores que avalaron sus trabajos, visitaron la ciudad de San Carlos de Bariloche del 13 al 17 de octubre, gozando de una beca integral. Durante la semana de estadía pudieron interiorizarse de las actividades académicas y científicas que se desarrollan en el Centro Atómico Bariloche y en el Instituto Balseiro. Además de las becas se reconoció a los autores de otros 30 trabajos que llegaron a la fase final de la evaluación, siendo premiados con una mención especial. La lista de los participantes becados y aquellos con mención especial puede leerse en la dirección de Internet www.ib.edu.ar/bib2008. Se contó con el apoyo financiero de la Fundación Madanes, la Fundación Balseiro y la empresa INVAP S.E.

Konex de Platino para el Balseiro

El Instituto Balseiro fue distinguido con el Premio Konex de Platino 2008 por la Fundación Konex, que le fue entregado el 10 de noviembre en el Salón de Actos de la Facultad de Derecho de la Universidad de Buenos Aires. Es la segunda vez que el Balseiro recibe un premio Konex, ya que en 1988 mereció una mención especial de dicha Fundación. Este año, como antesala del Platino, la casa de estudios recibió el "diploma al mérito", que fue entregado a la Presidenta de la CNEA, Lic. Norma Boero, y al Director del Instituto Balseiro, Dr. José Lolich. Cada año la Fundación Konex premia a una rama diferente del quehacer nacional, en ciclos que se repiten cada diez años. En 2008, el rubro distinguido fue "Instituciones, Comunidad, Empresa". En el mismo acto, la empresa INVAP S.E., fundada y vinculada a la CNEA, recibió el mismo premio en la categoría "Entidades de Investigación Científica y Tecnológica".

INSTITUTO SABATO

Acto Académico del Instituto Sabato

El 13 de noviembre, en el Auditorio Emma Pérez Ferreira del Centro Atómico Constituyentes, se realizó el 14to. Acto Académico del Instituto Sabato en el que se entregaron los Diplomas a los Egresados 2008 y las distinciones a los ganadores de los Premios "Ingeniero Federico José Bonavita" e "Instituto Sabato 2008" y a los del "Concurso 2008: los Materiales y la Humanidad". La ceremonia contó con la presencia de la Dra. Ana María Monti, Directora – Decana del Instituto Sabato, y del Lic. Guillermo Schweinheim, Secretario Académico de la Universidad Nacional de San Martín. Recibieron sus diplomas: 7 egresados en el Doctorado en Ciencia y Tecnología, mención Física; 4 en el Doctorado en Ciencia y Tecnología, mención Materiales; 5 en la Maestría en Ciencia y Tecnología de Materiales; 7 en la Especialización en Ensayos No Destructivos y 13 en Ingeniería en Materiales. El Premio "Ingeniero Federico José Bonavita", (al mejor promedio de la carrera de grado) fue otorgado al Ing. en Materiales Gustavo Luis Guerreiro, con un promedio de 9,05.

A 25 años de la desaparición del Prof. Jorge Sabato

Con motivo de cumplirse un nuevo aniversario de la muerte de Jorge Sabato, el Instituto de Tecnología que lleva su nombre realizó un homenaje en el Auditorio del Centro Atómico Constituyentes, con la presencia de familiares y amigos de Sabato y de autoridades de la CNEA y de la Universidad Nacional de San Martín.

En torno de la figura de quien se definía a sí mismo como "Idealista entre pragmáticos, humanista entre tecnólogos" se dieron cita diversas personalidades que lo acompañaron en su vida, para recordarlo a través de su obra en la CNEA y para repasar su pensamiento. El Lic. Carlos Ruta, Rector de la citada universidad, tuvo a su cargo las palabras de apertura, en las que destacó la importancia de llevar adelante el legado que dejó para el país y el compromiso de esa universidad en contribuir a darle cumplimiento, consolidando la formación de profesionales con inquietudes innovadoras en diferentes áreas productivas. Como oradores actuaron el Dr. José Galvele; discípulo de Sabato y primer director del Instituto Sabato, el economista Aldo Ferrer (ex Presidente del Directorio de la CNEA), el dibujante Andrés Cascioli y el historiador Diego Hurtado de Mendoza.

El Ing. Mauricio Bisauta, Vicepresidente de la CNEA resaltó en su discurso de cierre que "hombres como Sabato...tuvieron la visión estratégica necesaria para avanzar sobre caminos desconocidos y crear espacios de desarrollo con un nivel de excelencia mundial y a su vez, tuvieron la capacidad de hacer escuela y dejar discípulos que pudieran continuar con su tarea", añadiendo que "la Institución se enorgullece de contar en su historia con personas como Sabato, que la llenan de prestigio".

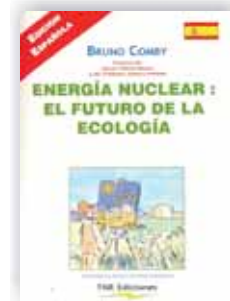
RESEÑAS BIBLIOGRÁFICAS

Energía Nuclear: El futuro de la ecología

Bruno Comby - Traducido al español por Roberto Solanilla – Ex miembro de la CNEA

TNR Ediciones, París , Francia , 2008

ISBN 978-2-9141-9002-75 - Rústica 14 x 20 cm. - 303 pp.



El autor considera que la energía nuclear, como fuente confiable y segura de electricidad, tiene asegurado un rol significativo en el futuro próximo de la humanidad, en particular teniendo en cuenta su carácter no contaminante al ser la única fuente masiva de generación eléctrica, junto con la hidroeléctrica, que no produce gases de efecto invernadero con los consecuentes efectos devastadores del calentamiento global, y afirma que debe ser considerada como una energía limpia absolutamente necesaria para la protección del medio ambiente y que constituye la única fuente de energía que puede hacer posible el desarrollo de los países de menores recursos con pleno respeto del mismo.

Este documentado libro del fundador de Asociación Internacional Ambientalista, que ha sido editado en varios idiomas, presenta un nuevo enfoque de las necesidades energéticas del planeta y muestra hechos simples para responder a inquietudes relacionada con:

- o La existencia de la radiactividad natural, la importancia relativa de la misma y la de las aplicaciones médicas e industriales y sus efectos sobre la salud.
- o La devastación del medio ambiente por la contaminación debida a la combustión creciente de los combustibles fósiles (petróleo, gas y carbón) que, por otro lado, agotará rápidamente las reservas.
- o El beneficio de una energía limpia para el medio ambiente y las limitaciones de las otras formas de energía, así como el peligro de derrochar otras reservas energéticas sin proteger el medio ambiente.
- o El porqué de la equivocación de los grupos opuestos a la energía nuclear y el porqué de los verdaderos grupos ecologistas favorables al uso de la misma.
- o Los diferentes tipos de reactores nucleares y los reactores de la denominada nueva generación IV.
- o El manejo amistoso con el medio ambiente de los desechos nucleares.
- o El futuro de nuestro planeta.

Las Recomendaciones 2007 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica

Publicación ICRP N°103 – Traducida al español por la Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR) con la colaboración de la Asociación de Profesionales de la CNEA y la Actividad Nuclear (APCNEAN).

Senda Editorial S.A. - Buenos Aires, 2008

ISBN 978-84-691-5410-G,

Rústica 16,5 x 24 cm. - 286 pp.



A finales de 2007, la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) publicó una revisión de sus recomendaciones básicas en materia de radioprotección, tras un extenso lapso de elaboración y búsqueda de consenso, en que participaron numerosos profesionales especializados en distintas disciplinas del conocimiento. La revisión fue divulgada en idioma inglés como Publicación ICRP N° 103. Las recomendaciones 2007 sustituyen formalmente a las formuladas por dicho organismo internacional en 1990 (Publicación ICRP N° 60), así como también actualizan, consolidan y desarrollan las guías adicionales promulgadas a partir de ese año sobre el control de las exposiciones procedentes de fuentes de radiación.

Las nuevas recomendaciones evolucionan desde el enfoque de protección radiológica anterior basado en procesos que utilizaban las prácticas y las intervenciones, hasta un enfoque basado en la situación de exposición. Asimismo, reconocen situaciones de exposición planificada, de emergencia y existente, y recomiendan la aplicación de los principios fundamentales de justificación y optimización de la protección en todas estas situaciones. Además, mantienen los límites actuales para dosis efectivas y dosis equivalentes procedentes de todas las fuentes reguladas en situaciones de exposición planificada. Finalmente, refuerzan el principio de optimización de la protección, el cual debe ser aplicado de manera similar en todas las situaciones de exposición, sujeto a restricciones de dosis y riesgos para situaciones de exposición planificada, y a niveles de referencia para situaciones de exposición de emergencia y existente.

Cabe destacar la inclusión en el documento de un capítulo dedicado a la protección del medio ambiente desarrollado por un Comité específico de la ICRP, tema que, sin duda, constituye uno de los retos del futuro.

EMPRESAS Y FUNDACIONES DEL SECTOR NUCLEAR ARGENTINO
ASOCIADAS O VINCULADAS CON LA CNEA

COMBUSTIBLES NUCLEARES ARGENTINOS S.A. (CONUAR)

CONUAR fue creada por Decreto N° 1719/81. Es una sociedad anónima cuyo capital accionario corresponde el 33,33% a la CNEA y el 66,67% restante a la empresa privada SUDACIA S.A., estando su planta de producción en el Centro Atómico Ezeiza, provincia de Buenos Aires. Tiene como objetivo producir, a partir de la utilización de tecnología suministrada por la CNEA, elementos combustibles para el abastecimiento de las centrales nucleoelectricas y de los reactores de investigación argentinos. Su dirección es Prebistero Juan González y Aragón N° 15 Centro Atómico Ezeiza - (B1802AYA) Ezeiza - Buenos Aires - Argentina - Teléfono: (54-11) 6326-1300 Fax: (54-11) 6326-1490 <http://www.conuar.com.ar>

DIOXITEK S. A.

DIOXITEK fue creada en 1996 por Decreto N° 1286/96. Es una sociedad anónima cuyo capital accionario corresponde en un 99% a la CNEA y el 1% restante a la provincia de Mendoza. Su objetivo inicial fue garantizar el suministro del dióxido de uranio que se utiliza en la fabricación de los elementos combustibles para las centrales nucleares de potencia. En 2002 incorporó a su actividad la producción y comercialización de fuentes selladas de cobalto 60 para uso medicinal e industrial. Su planta de producción de dióxido de uranio se encuentra en la ciudad de Córdoba y la planta industrial de elaboración de fuentes selladas de cobalto 60 en el Centro Atómico de Ezeiza, provincia de Buenos Aires. Su dirección es Avenida del Libertador 8.250 (1429) Buenos Aires - Argentina - Teléfono: (54-11) 4704-1035/1236 - Fax: (54-11) 4704-1043 <http://www.dioxitek.com.ar>

EMPRESA NEUQUINA DE SERVICIOS DE INGENIERÍA S. E. (ENSI)

ENSI fue constituida el 21 de diciembre de 1989 entre el Gobierno del Neuquén y la CNEA. Es una sociedad del estado neuquino cuyo capital accionario corresponde en un 51% a dicho estado y un 49% a la CNEA, y su sede se encuentra en la localidad de Arroyito de la citada provincia. Su objetivo principal es operar plantas químicas a escala piloto e industrial y elaborar y comercializar productos químicos. Por contrato con la CNEA se hizo cargo de la operación industrial de la Planta Industrial de Agua Pesada (PIAP) situada en la citada localidad de Arroyito. ENSI, además, presta servicios de ingeniería a empresas dedicadas a la producción de petróleo, gas y energía eléctrica que operan en la región. Su dirección es Ruta Nacional 237 Km. 1278 Arroyito (8313) Neuquén - Argentina - Teléfono: (54-299) 440706/440411/440572 - Fax: (54-299) 440534 - <http://www.ensi.com.ar>

FABRICA DE ALEACIONES ESPECIALES S.A. (FAE)

FAE fue creada por Decreto N° 1088/86. Es una sociedad anónima cuyo capital accionario corresponde un 32% a la CNEA y el 68% restante a la empresa CONUAR S.A., estando su planta de producción situada en el Centro Atómico Ezeiza, provincia de Buenos Aires. Tiene por objetivo la producción, a partir de la utilización de tecnología suministrada por la CNEA, de vainas y semiterminados de zircaloy 4 para la fabricación de elementos combustibles para reactores de potencia y la producción de tubos de acero inoxidable y aceros especiales de alta calidad. Su dirección es Prebistero Juan González y Aragón N° 15 - (B1802AYA) Ezeiza - Buenos Aires - Argentina - Teléfono: (54-11) 6326-1493 Fax: (54-11) 6326-1496 <http://www.fae.com.ar>

FUNDACIÓN CENTRO DE DIAGNÓSTICO NUCLEAR (FCDN)

La FCDN constituye un emprendimiento conjunto de la CNEA y la FUESMEN con el objeto de dotar al conglomerado bonaerense de un centro de última generación de diagnóstico por técnica de emisión de positrones (PET), fue creada el 14 de diciembre de 2004 y su Centro de Diagnóstico Nuclear fue inaugurado el 23 de mayo de 2007. Su dirección es Avenida Nazca 3449 (1429) Buenos Aires - Argentina - Teléfono / fax: (54-11) 4566-7597 E-mail: info@fcdn.org.ar <http://fcdn.org.ar>

FUNDACIÓN ESCUELA DE MEDICINA NUCLEAR(FUESMEN)

La FUESMEN fue creada por convenio suscripto el 21 de diciembre de 1990 entre la CNEA, el Gobierno de Mendoza y la Universidad Nacional de Cuyo, con el objetivo de desarrollar actividades científicas, docentes y asistenciales en un marco de excelencia técnica y humana en el campo de la medicina nuclear y el radiodiagnóstico. Su dirección es: Garibaldi 405 (M5500CJI) Mendoza - Argentina - Teléfono: (54-261) 4201615 - Fax: (54-261) 4203288 - E-mail: info@fuesmen.edu.ar <http://fuesmen.edu.ar>

INVAP S. E.

INVAP fue creada por Decreto del Gobierno de Río Negro N° 661/76. Es una empresa de tecnología cuyo capital accionario corresponde en un 100% al estado rionegrino, estando vinculada a la CNEA mediante un acuerdo con la referida provincia. Su sede se encuentra en la Ciudad de Bariloche. Su objetivo estatutario original es servir al desarrollo nuclear argentino, aunque más tarde ha extendido sus actividades a otros campos tecnológicos como el aerospacial. Se dedica principalmente al desarrollo y construcción de reactores de investigación e instalaciones nucleares de todo tipo, así como también de sistemas de aplicación médica y científica. Además, participa en el desarrollo y la construcción de satélites. Su dirección es Francisco Perito Moreno 1089 San Carlos de Bariloche (8400) Río Negro - Argentina - Teléfono: (54-2944) 422121 - Fax: (54-2944) 423051 <http://www.invap.com.ar>

POLO TECNOLÓGICO CONSTITUYENTES S.A. (PTC)

El PTC fue creado por Decreto N° 894/98 y está constituido por la asociación de instituciones de desarrollo tecnológico con capacidades distintas y complementarias (CNEA, Universidad Nacional de San Martín, Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa y Servicio Geológico Minero Argentino) radicadas en el área geográfica vecina al Centro Atómico Constituyentes, provincia de Buenos Aires. La CNEA es poseedora del 20% del capital accionario, así como cada uno de los restantes integrantes. El PTC tiene por objeto prestar servicios en las áreas de la investigación y el desarrollo tecnológico cuando ellos requieran complementar las respectivas capacidades de sus integrantes. Su dirección es Parque Tecnológico Miguelete - Edificio 1 Avda. General Paz (entre Constituyentes y Albarellos) (1650) San Martín - Pcia. de Buenos Aires - Argentina - Teléfono / fax: (54-11) 754-4070 <http://www.cnea.edu.ar/polo>

**COMISIÓN NACIONAL
DE ENERGÍA ATÓMICA**



AV. DEL LIBERTADOR 8250
C1429BNP - C.A. DE BUENOS AIRES
REPÚBLICA ARGENTINA
TEL: (011) 4704-1215
REVISTA@CNEA.GOV.AR
WWW.CNEA.GOV.AR