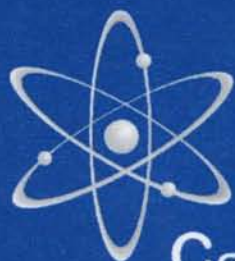


cnea  
memoria  
1997



Comisión Nacional de Energía Atómica



**cnea**  
**memoria**  
1997

Diseño y Compaginación: Cristina A. Delfino - Osvaldo A. Lires

© 1998 Comisión Nacional de Energía Atómica  
Centro Atómico Constituyentes  
Av. Gral. Paz 1499, (1650) San Martín, Buenos Aires, Argentina  
ISBN 1514-1829

La reproducción total o parcial de este libro, su almacenamiento en un sistema informático, su transmisión por cualquier medio electrónico, mecánico, fotocopia, registro u otros medios sólo está autorizada mediante permiso escrito de los titulares del copyright.

CNEA  
Memoria 1997



# ÍNDICE

<b>Introducción</b>	<b>3</b>
<b>Capítulo 1</b>	
<b>Sector Nuclear Argentino y Organización de la CNEA</b>	<b>5</b>
<b>Capítulo 2</b>	
<b>Programas de Investigación y Desarrollo</b>	<b>7</b>
Reactores Nucleares	7
Ciclo del Combustible Nuclear	9
Investigación y Desarrollo	9
Producción y Suministro	10
Radioisótopos y Radiaciones	10
Ciencias	12
Ciencias Biológicas y Médicas	12
Física	13
Bajas Temperaturas	
Interacción de Iones con la Materia, Colisiones Atómicas y Física de Superficies	
Física Teórica del Estado Sólido	
Física de Partículas Elementales	
Física Estadística	
Física Nuclear y Radiación Cósmica	
Física de Neutrones	
Proyectos Interdisciplinarios	
Química	15
Fisicoquímica de Fluidos	
Química de Suspensiones Acuosa de Sólidos Inorgánicos	
Fundamentos de Metodologías Analíticas	
Química de Sólidos	
Materiales	17
Zirconio y sus Aleaciones	
Recubrimientos y Tratamientos Superficiales	
Comportamiento de Materiales en Medios Agresivos	
Asistencia a las Centrales Nucleares	
Elaboración de Códigos	
Desarrollo de Nuevos Materiales	
Estudios Ambientales	18
Control de la Contaminación del Aire	18
Control de la Contaminación de Aguas Naturales y Suelos	19
Desarrollo de Tecnologías para un Ambiente Más Limpio	19
Estudios de la Contaminación en Organismos Vivos	20

## **Índice** (continuación)

<b>Capítulo 3</b>	
<b>Gestión de Residuos Radiactivos</b>	<b>21</b>
<b>Capítulo 4</b>	
<b>Formación de Recursos Humanos</b>	<b>23</b>
Instituto Balseiro - CAB	23
Instituto de Tecnología Profesor Jorge A. Sabato - CAC	23
Instituto de Enseñanza Superior - CAE	24
<b>Capítulo 5</b>	
<b>Transferencia de Tecnología</b>	<b>25</b>
<b>Capítulo 6</b>	
<b>Relaciones Internacionales</b>	<b>27</b>
<b>Capítulo 7</b>	
<b>Actividades de las Empresas Asociadas a la CNEA</b>	<b>29</b>
CONUAR S.A.	29
DIOXITEC S.A.	29
ENSI S.E.	29
FAE S.A.	29
FUESMEN	30
INVAP S.E.	30
N.M.S.E.	31
<b>Apéndice</b>	<b>33</b>
<b>Acrónimos</b>	<b>35</b>

## INTRODUCCIÓN

Dentro de las restricciones presupuestarias impuestas en el ejercicio 1997, la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) pudo avanzar positivamente, tanto en los proyectos de investigación y desarrollo ya en ejecución, como en los nuevos proyectos de inversión previstos.

En particular, se destacaron dos hechos tecnológicos relevantes en la labor de la Comisión, a saber: la finalización de la construcción y el inicio de la operación del Conjunto Crítico RA-8 y la fabricación del primer núcleo del Reactor Multipropósito MPR de 22 MW que Investigaciones Aplicadas Sociedad del Estado (INVAP S.E.), una Empresa asociada a la CNEA, exportó a Egipto.

La vitalidad del sector nuclear argentino en su conjunto fue puesta en evidencia, además, por las ventas de agua pesada que realizó la Empresa Neuquina de Servicios de Ingeniería S.E. (ENSI S.E.) a Alemania y a Corea del Sur y por la operación sin inconvenientes de las dos centrales de potencia, Atucha I y Embalse, realizada por la Empresa Nucleoeléctrica Argentina S.A. (NASA) y a las cuales la CNEA prestó servicios permanentemente. La operación de las Centrales, con un 90,42% de factor de carga cubrió, como en años anteriores, el 11 % del total de la generación eléctrica del país.

Desde el punto de vista institucional, también ocurrieron acontecimientos trascendentes. En primer término, se promulgó la Ley Nacional de la Actividad Nuclear N° 24 804, que fijó el marco de referencia para el ordenamiento del sector nuclear. Dentro de este marco, a la CNEA le corresponde la importante función de ser el órgano asesor del Poder Ejecutivo en política nuclear, teniendo la responsabilidad de la investigación y el desarrollo en tecnología nuclear y en áreas afines, así como de la gestión de los residuos radiactivos y del desmantelamiento de las instalaciones nucleares relevantes.

Por su parte, el Gabinete Científico Tecnológico Nacional aprobó el Plan Plurianual de Ciencia y Tecnología del país, estableciendo las pautas de desenvolvimiento del sector, del cual forma parte la CNEA.

Sobre la base de la Ley Nacional de Actividad Nuclear y del Plan Plurianual, se comenzó a elaborar un Plan Estratégico a fin de establecer las futuras prioridades institucionales.

Dentro de este marco de redefinición de la misión institucional, la CNEA desarrolló exitosamente su quehacer científico, tecnológico y de producciones especializadas. Se consolidó la producción de radioisótopos para uso médico e industrial, produciéndose el radiofármaco Molibdeno-99 ( $^{99}\text{Mo}$ ) para la demanda local. El  $^{99}\text{Mo}$  es el generador del Tecnecio-99, que es el isótopo de uso médico más importante y del cual somos el único productor en América Latina. Se inició la producción de fármacos de ciclotrón con el Talio-201 utilizado en cardiología. Se

completó la instalación necesaria para disponer el haz de neutrones epitérmicos del Reactor RA-6 del Centro Atómico Bariloche, que se usará para el proyecto de terapia de tumores cerebrales.

Debido a la capacidad tecnológica que la CNEA ha estado impulsando constantemente durante más de cuatro décadas, la Institución continuó también siendo un referente nacional en diversos temas más allá de lo estrictamente nuclear. Como ejemplos, cabe citar el descubrimiento de metodologías para determinar los límites de acaricidas en colmenas, que permitirá al país continuar siendo el segundo exportador mundial de miel, la tipificación de ADN para el esclarecimiento de delitos a pedido de la Justicia y una variedad de actividades relativas a la preservación del medio ambiente. En esta última actividad, la CNEA preparó la publicación de la Guía Metodológica de Evaluación de Impacto Ambiental en Centrales Termoeléctricas de la Honorable Cámara de Diputados de la Nación y colaboró con la Comisión Trinacional para el Desarrollo de la Cuenca Pilcomayo-Bermejo.

Con respecto a las relaciones internacionales bilaterales, se destacó el impulso renovado experimentado por la cooperación técnica con el Brasil y los Acuerdos firmados tanto con la Agencia Nuclear de la Unión Europea (EURATOM) como con los Estados Unidos de América.

Con EE.UU., entró en vigor el nuevo Acuerdo entre Gobiernos para la Cooperación en los Usos Pacíficos de la Energía Nuclear, reemplazando al anterior suscrito en 1972. Dentro de este ámbito, se iniciaron algunos trabajos con el Departamento de Energía (DOE) de los EE.UU. sobre la producción de radioisótopos de fisión, las aplicaciones de técnicas nucleares en medicina y el desmantelamiento de instalaciones nucleares.

En el marco del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), la comunidad internacional, con una activa participación de la ARN y de la CNEA, concluyó la redacción de tres documentos vinculantes cuya negociación demandó años. Se trata de la Convención Mixta sobre Seguridad en la Gestión del Combustible Gastado y sobre Seguridad en la Gestión de Desechos Radiactivos, de la reforma de la Convención de Viena sobre Responsabilidad Civil por Daños Nucleares y el establecimiento de la Convención de Financiamiento Suplementario y del Protocolo Adicional a los Acuerdos de Salvaguardias Amplios. Las resoluciones contenidas en estos documentos seguramente tendrán una influencia positiva sobre la actividad nuclear mundial.

Por otra parte, se realizó en Kyoto, Japón, la Tercera Conferencia de las Partes en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, en la cual se ha progresado positivamente en la discusión sobre las medidas para mitigar el efecto invernadero. Estas medidas seguramente modificarán el panorama global de la generación de energía eléctrica, circunstancia que favorecerá la utilización de la energía nucleoelectrónica e implicará la reorientación de los futuros programas de la CNEA, a fin de adecuarlos a las nuevas necesidades.

# 1

## **SECTOR NUCLEAR ARGENTINO Y ORGANIZACIÓN DE LA CNEA**

La CNEA es la Institución de investigación y desarrollo de tecnología del Sector Nuclear Argentino. Este Sector está integrado por varias empresas e instituciones con fines específicos, algunas de ellas con una dependencia estatutaria de la CNEA. Aparte de la Comisión, el Sector Nuclear Argentino está conformado por:

- La Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN), Institución oficial dependiente de la Presidencia de la Nación, cuyo objetivo es regular la actividad nuclear en temas de seguridad radiológica y nuclear, protección física y fiscalización del uso de materiales nucleares.
- Nucleoeléctrica Argentina Sociedad Anónima (NASA), Sociedad que opera las Centrales Nucleares de Generación Eléctrica Atucha I y Embalse y responsable de la Central Nuclear Atucha II.
- Combustibles Nucleares Argentinos Sociedad Anónima (CONUAR S.A.) que produce elementos combustibles para reactores nucleares de potencia.
- DIOXITEK Sociedad Anónima (DIOXITEK S.A.) que produce polvo de Dióxido de Uranio para combustibles de reactores de investigación y de potencia.
- Empresa Neuquina de Servicios de Ingeniería Sociedad del Estado (ENSI S.E.) que opera la Planta Industrial de Agua Pesada (PIAP), ubicada sobre el Río Limay en la Provincia del Neuquén y que vende el producto, tanto en el mercado local como en el internacional.
- Fábrica de Aleaciones Especiales Sociedad Anónima (FAE S.A.) la cual fabrica tubos de Zircaloy y de acero sin costura para las industrias nuclear y no nuclear.
- Fundación Escuela de Medicina Nuclear de Mendoza (FUESMEN), Fundación sin fines de lucro, constituida por la Provincia de Mendoza, la Universidad Nacional de Cuyo (UNC) y la CNEA, para el desarrollo de la medicina nuclear y para la prevención, diagnóstico, tratamiento y seguimiento de pacientes mediante técnicas nucleares.

- Investigación Aplicada Sociedad del Estado (INVAP S.E.), Empresa tecnológica con actividades en reactores de investigación, celdas de manejo de materiales radiactivos, equipos de terapia médica por radiaciones, desarrollo de procesos de enriquecimiento isotópico, entre otras.
- Nuclear Mendoza S.E. (N.M.S.E), Empresa de servicios de ingeniería e industriales abocada a la esterilización mediante irradiación de pupas de moscas de los frutos y que participa en diversas operaciones de lucha contra plagas utilizando tecnología avanzada. Asimismo, realiza proyectos de ingeniería, geología y topografía y brinda apoyo técnico a distintos entes nacionales y provinciales.

Además, la CNEA es responsable de la gestión segura de todos los residuos radiactivos generados en el país, tanto en los sectores médicos como en los industriales, y de la producción de radioisótopos para estos mismos fines.

Las actividades de la CNEA se llevan a cabo en tres Centros de investigación y desarrollo, a saber:

- El Centro Atómico Bariloche (CAB), en San Carlos de Bariloche (Provincia de Río Negro), que se ocupa principalmente de la investigación básica y aplicada en temas de física e ingeniería nuclear, el desarrollo de tecnología nuclear y la formación de recursos humanos. Los trabajos que se llevan a cabo en el Complejo Tecnológico Pilcaniyeu también dependen del CAB.
- El Centro Atómico Constituyentes (CAC), en el Partido General San Martín de la Provincia de Buenos Aires, cuyas áreas de investigación y desarrollo abarcan temas de física nuclear y del estado sólido, química, medio ambiente, materiales, reactores, combustibles nucleares y radiobiología.
- El Centro Atómico Ezeiza (CAE), en el Partido de Esteban Echeverría de la Provincia de Buenos Aires, en el cual se centran la producción de radioisótopos de uso médico e industrial, la gestión segura de residuos radiactivos y las aplicaciones de los radioisótopos en el sector agropecuario y en la medicina nuclear.

Los proyectos de envergadura de la Comisión son coordinados por la Administración Central a través de la Gerencia de Tecnología, mientras que los relacionados con otras instituciones, empresas y organismos nacionales e internacionales están a cargo de la Gerencia de Cooperación y Transferencia de Tecnología.

# 2

## **PROGRAMAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO**

### Reactores Nucleares

El año 1997 será recordado como uno de los más significativos de esta etapa de la CNEA, ya que durante su transcurso se concretaron dos obras relevantes: el Conjunto Crítico RA-8 (CONCRIT RA-8), un Reactor de 'Potencia Cero' instalado en el Complejo Tecnológico Pilcaniyeu en la Provincia de Río Negro, y la puesta en operación del Reactor Multipropósito MPR en Inshas, en las proximidades de la Ciudad de El Cairo, en Egipto.

El CONCRIT RA-8 consiste en una instalación experimental que fue inicialmente concebida para medir los parámetros neutrónicos necesarios para el diseño del reactor CAREM, reactor de potencia de 25 MWe, desarrollado por INVAP S.E. bajo contrato y supervisión de la CNEA. Básicamente, es un conjunto crítico de Uranio enriquecido moderado por agua liviana. Su núcleo consiste en un arreglo regular de barras cilíndricas individuales que poseen en su interior pastillas de Dióxido de Uranio de diferente enriquecimiento. El 16 de junio, el RA-8 alcanzó su primera criticidad. Esta instalación posee una gran versatilidad y características generales de diseño que lo convierten en una herramienta de gran calidad para la realización de experimentos en el campo de la neutrónica, tendientes a la verificación de los métodos de cálculo utilizados en las etapas de diseño de nuevos reactores y sistemas subcríticos. Estos nuevos conceptos se plantean además como una posible alternativa para el quemado de actínidos, que representa un problema central en la gestión de residuos radioactivos. Asimismo, el RA-8 constituye un excelente laboratorio para la investigación y el desarrollo de nuevos métodos de medición en el campo de la física de reactores.

En Egipto, el 27 de noviembre, el Reactor Multipropósito MPR fue puesto a crítico por primera vez. Éste fue el primero de los dos hitos fundamentales que definen el inicio de operación del Reactor. El otro, fue la llegada a la potencia nominal de 22 MW. Este Reactor Experimental altamente evolucionado, construido a más de 15 000 km de nuestro país, es un logro que enorgullece a la ingeniería argentina. El Reactor Multipropósito MPR constituye una fuente intensa de neutrones, que será utilizada para la investigación científica en áreas de la física, la biología, la ciencia de materiales, para la producción de radioisótopos con

aplicaciones médicas e industriales y para la formación de recursos humanos en el área de la física de neutrones y reactores.

En ambos emprendimientos, la Empresa INVAP S.E. actuó como arquitecto constructor, mientras que diversos grupos de la CNEA tuvieron a su cargo diferentes aspectos del diseño, ingeniería de sistemas, entrenamiento de personal, provisión del combustible, puesta en marcha y caracterización del reactor, entre otras tareas.

La participación decisiva de la CNEA en estos proyectos se fundamentó en la capacidad adquirida por su personal a través de los programas de I&D existentes en el área y en los servicios que se prestan a las Centrales Nucleares Atucha I y Embalse.

En el tema de los reactores nucleares existe una fuerte vinculación entre los temas de I&D que se encaran en disciplinas muy diversas como termohidráulica, seguridad, dosimetría, neutrónica, instrumentación y control, combustibles y materiales, etc. En todas ellas existió una importante labor de investigación básica y aplicada, como por ejemplo el desarrollo de métodos de cálculo, la generación de datos nucleares, el estudio de accidentes severos, modelos de flujo bifásico, transporte de aerosoles, etc., y en desarrollos de aplicaciones como el Proyecto CAREM (Central Argentina de Reactor Modular), otros reactores innovativos, la terapia de cáncer por captura neutrónica, la modernización y mejoramiento del RA-3 y el RA-6, el análisis de criticidad, las aplicaciones alternativas de los reactores nucleares y otras. Entre los servicios y desarrollos prestados a las Centrales Nucleares cabe mencionar las interfaces hombre-máquina y los sistemas de ayuda al operador, el análisis de seguridad y de los estados transitorios de la operación de la planta, la utilización de nuevos combustibles, etc.

En el marco de los diferentes programas del sector de reactores, se destacaron:

- La operación y utilización de los Reactores RA-0 (Universidad Nacional de Córdoba), RA-1 (CAC), RA-3 (CAE) y RA-6 (CAB), en sus respectivas líneas de investigación, desarrollo y/o producción. Fueron particularmente importantes las acciones iniciadas para el reemplazo del actual núcleo del RA-1 por barras tipo CAREM, la producción masiva de radioisótopos en el RA-3 y la implementación de un haz de neutrones epitérmicos en el RA-6 para el proyecto de *Terapia por Captura Neutrónica de Boro*.
- Numerosos proyectos y actividades de asistencia tecnológica a las Centrales Nucleares, como la evaluación de los tubos de presión de la Central Nuclear Embalse (CNE) y del Programa de Vigilancia del Recipiente de Presión del Reactor de la Central Nuclear Atucha I (CNA-I). También, se avanzó notablemente en los proyectos de incorporación de elementos combustibles con ULE (Uranio Levemente Enriquecido) en la CNA-I y en el Análisis Probabilístico de Seguridad para esta Central.

En el contexto de las tareas asociadas a nuevos conceptos de reactores nucleares avanzados, se efectuó el análisis conceptual del **Sistema Híbrido Nuclear-Gas** (DUCOM, Dual Combinada), los desarrollos vinculados al diseño y a la evaluación de reactores integrados de mediana y baja potencia y el inicio de un programa experimental sobre **Sistemas Pasivos** desde el punto de vista termohidráulico.

En el mes de julio se realizó un Taller sobre Reactores, cuyo objetivo primordial fue evaluar el estado actual de esta temática y la definición de metas y prioridades a ser consideradas en la elaboración de políticas y estrategias institucionales en el área.

## Ciclo del Combustible Nuclear

Este año comenzó a funcionar la empresa DIOXITEK S.A. que opera las instalaciones de la Planta de Producción de Dióxido de Uranio en el Complejo Fabril Córdoba. Esta Empresa es propiedad de la CNEA (99%) y de Nuclear Mendoza S.E. (1%). Se prevé su privatización en un futuro próximo, completándose así lo establecido en el Decreto 1540/94 y en la Ley Nacional de la Actividad Nuclear N° 24 804 en cuanto a la privatización de la producción del frente del Ciclo de Combustible.

En el área del medioambiente se mantuvieron contactos y lograron acuerdos con las autoridades provinciales correspondientes para la gestión de colas de mineral de Uranio en los Yacimientos Los Gigantes (Córdoba) y Malargüe y San Rafael (Mendoza).

La presentación de la idea de un nuevo combustible para los reactores argentinos -llamado Combustible Avanzado para Reactores Argentinos (CARA)- abre una posibilidad segura de mejorar sensiblemente el costo del suministro de combustibles nucleares a nuestras Centrales Nucleoeléctricas, contribuyendo así positivamente a su futura competitividad.

## Investigación y Desarrollo

Respecto a los elementos combustibles (EC) para reactores de investigación, se concretó el cambio de escala del Laboratorio de Uranio Enriquecido para EC de base Siliciuro. Se diseñaron equipos para la recuperación de Uranio enriquecido al 90% de cilindros de Hexafluoruro de Uranio y se fabricó un régulo de Uranio metálico para la obtención de blancos destinados a la producción de <sup>99</sup>Mo. Un prototipo de EC a base de Siliciuros cumplió un año de irradiación con excelentes resultados, efectuándose la irradiación en el RA-3 del CAE.

También se fabricaron los EC para el primer núcleo del Reactor MPR de Egipto de 22 MWt.

En EC para reactores de potencia, se destacó el desarrollo del combustible para el Reactor CAREM, la provisión de 2 000 barras combustibles para el Conjunto Crítico RA-8, el seguimiento de la irradiación de elementos combustibles con Uranio Levemente Enriquecido en la CNA I y ensayos de denitración y fabricación de pastillas de óxidos mixtos.

## Producción y Suministro

En Ingeniería de Productos se concluyó la compilación de la documentación de 7 prototipos de elementos combustibles (EC) de bajo enriquecimiento y de 37 barras combustibles. Se continuó con el análisis de fallas de EC de las Centrales Nucleares Atucha I y Embalse y de desviaciones de calidad de los productos fabricados en FAE S.A., DIOXITEK S.A. y CONUAR S.A.

Se realizaron tareas de ingeniería relativas al cierre de los Complejos Fabriles Malargüe y Los Gigantes y a la reubicación del Complejo Fabril Córdoba.

Se produjeron 35 t de concentrado de Uranio en el Complejo Minero Fabril San Rafael y 51 t de Dióxido de Uranio en el Complejo Fabril Córdoba hasta el traspaso de esta Planta a DIOXITEK S.A. Esta Empresa se hizo cargo de la producción a partir de abril de 1997.

DIOXITEK S.A., FAE S.A. y CONUAR S.A. fabricaron, respectivamente, el Dióxido de Uranio, los lingotes y los tubos de Zircaloy y de acero inoxidable y los elementos combustibles (EC) para las Centrales Nucleares. La tarea realizada por cada una de estas Empresas se describe en el punto 9.

## Radioisótopos y Radiaciones

Las actividades en este tema han sido tradicionales en la Institución y se vienen desarrollando prácticamente desde la fundación de la CNEA. Actualmente, la mayor parte de ellas se llevan a cabo en el Centro Atómico Ezeiza (CAE), donde se encuentran las instalaciones más importantes.

Durante el presente ejercicio, se continuó con la producción de radioisótopos y radiofármacos, utilizando para las irradiaciones el Reactor RA-3. El  $^{60}\text{Co}$ , producido en la Central Nuclear Embalse (CNE), se fraccionó en los laboratorios del CAE, donde también se fabricaron fuentes de  $^{60}\text{Co}$  para usos médicos e industriales. Del  $^{60}\text{Co}$  producido en la Argentina, se exportaron aproximadamente 1 200 000 Ci, constituyéndose la Argentina en el tercer exportador mundial.

Un paso importante dado en la segunda mitad del año respecto a los radioisótopos fue el inicio de la producción, en el Ciclotrón del Centro Atómico Ezeiza, del  $^{201}\text{Tl}$ , isótopo de uso creciente en cardiología.

En el Apéndice se detallan los materiales radiactivos producidos y despachados por la CNEA este año.

Se dedicó un esfuerzo importante a la obtención de radiofármacos, tanto para diagnóstico como terapéuticos.

Respecto a los radiofármacos empleados para estudios diagnósticos, se obtuvieron métodos de utilización de anticuerpos monoclonales biotinados o compuestos polibiotinados, de alta especificidad, marcados con  $^{99m}\text{Tc}$  para la localización de tumores o de sitios de inflamación. Eventualmente, estos mismos compuestos marcados con radioisótopos "terapéuticos" ( $^{131}\text{I}$ ,  $^{153}\text{Sm}$ ,  $^{186}\text{Re}$ ), podrán ser usados para el tratamiento de tumores. Se sintetizaron benzamidas iodadas para el diagnóstico del melanoma maligno, para el estudio de receptores dopaminérgicos y para la detección de distintas patologías del sistema nervioso central. En un futuro próximo, estos compuestos se sintetizarán con  $^{123}\text{I}$  producido en el Ciclotrón y entrarán en la etapa de los ensayos clínicos. También se descubrieron métodos de marcación de péptidos, tales como análogos de la somatostatina u otros péptidos sintetizados, con diversos radioisótopos ( $^{123}\text{I}$ ,  $^{99m}\text{Tc}$ ,  $^{131}\text{I}$ ) para el diagnóstico de adenocarcinomas gastrointestinales o tumores neuroendócrinos.

En cuanto a los radiofármacos de uso terapéutico, se prepararon diferentes clases de micropartículas marcadas con  $^{153}\text{Sm}$ , tales como hidroxapatita, hidróxido férrico y albúmina, para ser usadas en la terapia de enfermedades de las articulaciones y para la irradiación de tumores únicos. También se descubrieron paliativos del dolor en metástasis óseas. Teniendo en cuenta el éxito obtenido en la fase clínica con el  $^{153}\text{Sm}$ -EDTMP, se comenzó el desarrollo de su análogo  $^{177}\text{Lu}$ -EDTMP con miras a mejores perspectivas terapéuticas.

Para el perfeccionamiento de las aplicaciones de técnicas nucleares en la agricultura, se iniciaron estudios sobre la fertilidad de los suelos y la optimización del uso de nutrientes en algunas zonas de la Provincia de Buenos Aires y se continuaron los estudios sobre la erosión hídrica en una subcuenca del Río Tala de la misma Provincia.

También ha sido muy importante el trabajo realizado por el Laboratorio de Sanidad Animal del CAE para contribuir a la lucha contra la brucelosis, mediante el desarrollo de pruebas diagnósticas más sensibles y específicas. La brucelosis es una enfermedad del ganado regulada sanitariamente por casi todos los países que importan nuestras carnes y su existencia en la Argentina afecta seriamente las exportaciones, imponiendo barreras a los productos nacionales.

También se implementaron y validaron nuevas alternativas diagnósticas, tales como el ensayo de inmunoenlace (ELISA, *-Enzyme-Linked Immunosorbent Assay-*) indirecto para brucelosis ovina. Este trabajo fue realizado en colaboración con el *Animal Diseases Research Institute* de Canadá. Simultáneamente, se estudió la incorporación del ELISA (indirecto y competitivo) para el diagnóstico serológico de la brucelosis bovina.

El aporte de la CNEA en el uso de las radiaciones para la esterilización de tejidos humanos fue significativo para la constitución de los bancos de tejidos en el país. Dichos bancos deben proveer tejidos de calidad clínica para injerto, cuyas etapas de obtención, procesamiento,

esterilización, almacenamiento y distribución deben efectuarse según normas que garanticen permanentemente su calidad. En la República Argentina, el funcionamiento de los bancos de tejidos está regulado y fiscalizado por el INCUCAI (Instituto Nacional Central Único de Ablación e Implante) y por las instituciones provinciales equivalentes.

Está claramente establecido y aceptado que la radiación es el método más confiable y efectivo para la esterilización de piel, hueso, amnión, fascia lata, tendones y otros tejidos para injerto, ya sean liofilizados o crioconservados. Con este método se puede garantizar la calidad clínica del material, asegurando el nivel de seguridad de esterilidad (SAL – *Sterility Assurance Level*) de 1/1000000, sin alterar las propiedades biogénicas del tejido.

Se continuó prestando servicios de irradiación en la Planta Semi-industrial para distintas empresas de nuestro medio por un total de 350m<sup>3</sup>, especialmente para la radioesterilización de materiales de uso médico y farmacéutico y para la desinfección de material apícola.

## Ciencias

### Ciencias Biológicas y Médicas

En el área de la ciencia básica y aplicada, se destacaron proyectos multidisciplinarios que tienden a mejorar la calidad de vida de la población. Así, se consiguieron logros significativos en biología, salud y aplicaciones agropecuarias, tanto en el aspecto académico como en el aplicado.

Dentro de los planes sanitarios apícolas regionales y provinciales, se implementaron y estandarizaron metodologías de campo para determinar los límites mínimos y máximos de acaricidas para lograr un adecuado control de ácaros en las colmenas evitando la deposición de restos tóxicos de pesticida en la miel. Esta metodología permite cumplir con la reglamentación del MERCOSUR en este tema.

Respecto al diagnóstico de patologías humanas se ideó una técnica para el marcado de anticuerpos monoclonales con <sup>99m</sup>Tc, formulándose un juego de reactivos liofilizado que permite acercar técnicas relativamente sofisticadas a laboratorios de diagnóstico de rutina. Se verificó, mediante un estudio multicéntrico, la eficacia de un anticuerpo monoclonal en la detección de cáncer colorrectal. El estudio de marcadores histoquímicos en modelos experimentales y en lesiones espontáneas humanas demostró que las regiones organizadoras del nucleolo constituyen un marcador altamente sensible y reproducible en la temprana detección de lesiones precancerosas.

El estudio de los efectos biológicos de radiaciones y contaminantes demostró que el contaminante metilglioxal en altas dosis induce mutaciones letales en células germinales de *Drosophila* y, en tratamientos combinados con rayos X, aumenta la frecuencia de mutaciones. El estudio de la acción de compuestos de Uranio en animales de experi-

mentación permitió comprobar la efectividad de bifosfonatos en la prevención de la intoxicación.

La investigación de la acción de las radiaciones en bacterias permitió la caracterización de lesiones en membrana por exposición al Ultravioleta-A y se demostró la existencia de estrategias de protección y/o reparación del daño por acción del Ultravioleta A y B.

Un hecho de gran relevancia dentro del estudio de daño por radiación en materiales fue el empleo de la técnica de trazas nucleares ideada en la CNEA, para realizar la dosimetría de la primera irradiación de animales de experimentación con protones de 16 MeV empleando el acelerador de iones pesados TANDAR (TANdem ARgentino, CAC).

En biología y patología endocrina se obtuvieron también importantes logros. Se detectó un nuevo compuesto iodado producido por la tiroides que regula el crecimiento y la función de esta glándula y abre la posibilidad de su uso en terapéutica. Se iniciaron estudios sobre la aplicación de radiosensibilizadores en el tratamiento con radioiodo de enfermedades tiroideas (hipertiroidismo, cáncer). Se detectó un compuesto capaz de inhibir la biosíntesis hormonal que estaría vinculado a la generación de bocios dishormonogénéticos. Se profundizó en el conocimiento de los factores que regulan la función de esta glándula en condiciones normales y patológicas.

Mediante la técnica de tipificación del ADN (*DNA fingerprinting*) se continuó colaborando en el esclarecimiento de delitos para la Justicia Penal de la Capital Federal y de las Provincias de Buenos Aires, Córdoba, Chaco, San Juan y Tierra del Fuego.

La CNEA emprendió el proyecto multidisciplinario *Captura Neutrónica como Terapia para Tumores*, conducente al tratamiento de pacientes con tumores de cerebro y melanoma y, probablemente en el futuro, también de otros tipos tumorales. Esta terapia binaria se encuentra en etapa de ensayo clínico en los EE.UU., en Europa y en el Japón. Hasta el momento, los resultados son alentadores y, desde las distintas disciplinas, la comunidad internacional se encuentra trabajando en la optimización y evaluación de la ganancia terapéutica de este tratamiento.

En Ciencias Biológicas y Médicas se desarrollan modelos biológicos *in vitro* e *in vivo* que permitan validar la técnica en nuestro país y encarar nuevos aspectos que contribuyan a optimizar y evaluar la eficacia de esta modalidad terapéutica. Con este objetivo, y mediante una estrecha interacción con grupos de excelencia argentinos y del exterior, se inició el trabajo experimental correspondiente.

## Física

Las actividades de investigación en física realizadas en las distintas dependencias de la CNEA, abarcaron los siguientes temas:

### └ Bajas Temperaturas

Se continuó con los estudios de las propiedades dinámicas y termodinámicas de la estructura de vórtices y de las propiedades del estado normal de superconductores anisotrópicos.

Los estudios se concentraron en las propiedades de superconductores de alta y baja temperatura crítica, destacándose investigaciones sobre sistemas de vórtices superconductores y su influencia en las propiedades de los mismos.

Se avanzó en la fabricación de cables multifilamentos a partir de estos materiales.

### └ Interacción de Iones con la Materia, Colisiones Atómicas y Física de Superficies

Se estudió la interacción de iones con diferentes tipos de materiales, así como las propiedades de superficies, tales como:

- La construcción y prueba de una ventana delgada que permitió extraer por primera vez un haz de protones del acelerador TANDAR al aire, el cual será empleado para irradiar organismos vivos a fin de encarar en el futuro, proyectos de protonterapia, entre otros.
- Los cálculos de secciones eficaces de emisión de fotones por agregados de Sodio neutro y sobre procesos de excitación electrónica, ionización y frenamiento de iones de Helio en sólido.
- Las investigaciones sobre electrones en colisiones atómicas, poder de frenamiento en láminas delgadas para bajas energías, interacción de iones y átomos con superficies de materiales aisladores, espectrometría de electrones por rayos X y Auger en Perovskitas de Mn y difracción de electrones reflejados.

### └ Física Teórica del Estado Sólido

Se concluyeron investigaciones con resultados originales que dieron lugar a publicaciones en las siguientes líneas de trabajo:

- Estructura electrónica de los superconductores de alta  $T_c$  y diagramas de fase de sistemas fuertemente correlacionados.
- Magnetoresistencia colosal encontrada en compuestos de  $\text{LaSrMnO}$ ,  $\text{CaMnO}$  y  $\text{Ti}_2\text{Mn}_2\text{O}_7$ .

### └ Física de Partículas Elementales

Se avanzó en la comprensión de efectos no perturbativos en teorías de cuerdas en seis y cuatro dimensiones, habiéndose aplicado también las cuerdas cósmicas a varios problemas de la cosmología. Se estudió la relación entre álgebras cuadráticas generalizadas e integrabilidad en el contexto de grupos cuánticos y se confirmaron predicciones de las teorías conformales minimales en el efecto Hall jerárquico.

### └ Física Estadística

Se llevaron a cabo investigaciones relacionadas con fenómenos

estocásticos, redes neuronales y sistemas caóticos. Dichas investigaciones cubren una amplia gama de aplicaciones que van desde la detección de señales débiles en sistemas biológicos y la explicación de procesos de difusión, hasta el estudio de fluidos estratificados de utilidad en la extracción de petróleo en rocas.

#### ☐ Física Nuclear y Radiación Cósmica

Se utilizó la técnica de espectrometría de masa con aceleradores (AMS, *Accelerator Mass Spectroscopy*) para la evaluación de muestras patrón enriquecidas en los radioisótopos  $^{36}\text{Cl}$  y  $^{59}\text{Ni}$  y se concluyó un estudio de isótopos doblemente pares y de fenómenos de inversión de signatura en la zona de las tierras raras. Se completó el estudio experimental de la posible aparición de fenómenos caóticos en reacciones de dispersión tanto elástica como inelástica.

En el marco del Proyecto Auger -un observatorio de radiación cósmica de gran magnitud que se planea construir en cooperación con otros países-, se realizaron mediciones de diafanidad atmosférica en las zonas preseleccionadas para la instalación del observatorio y también numerosos experimentos con un detector prototipo de luz Cerenkov.

#### ☐ Física de Neutrones

Se efectuaron estudios del sistema ZrNb y se optimizó el método neutrónico no destructivo de determinación de Hidrógeno en metales. Se obtuvieron resultados satisfactorios, mediante desarrollos preliminares de métodos neutrón-gamma para solucionar requerimientos analíticos del sector industrial. Prosiguieron los análisis de muestras para el Poder Judicial de la Provincia de Río Negro por el método de activación neutrónica, habiéndose realizado también actividades de apoyo al proyecto PIPAD (Programa Interinstitucional de Plasmas Densos) que vincula a la CNEA con diversas universidades del país en el área de plasmas condensados.

#### ☐ Proyectos Interdisciplinarios

Se empezaron dos proyectos de investigación en colaboración con grupos médicos para el estudio de calcificaciones dispersas en cerebro y mineralizaciones en líquido sinovial.

### Química

La evolución del sector de Química en la CNEA reflejó los cambios que esta disciplina ha ido sufriendo a medida que se fueron planteando nuevos interrogantes y resolviendo otros. Desde sus comienzos, la Comisión fue un referente obligado de la química en la Argentina. Así por ejemplo, el desarrollo de la radioquímica puso a nuestro país en el mapa mundial de la disciplina en las décadas del 50 y del 60. Los requerimientos analíticos de la actividad nuclear condujeron a la creación de un importante grupo de química analítica y, a fines de la década del 70, se desarrolló la química relacionada con los reactores nucleares, como apoyo a las centrales nucleares en operación y en construcción.

Actualmente, el espectro de actividades se proyecta fuertemente sobre la ciencia de los materiales, los estudios del medio ambiente y la síntesis de radiofármacos, temas que se informan en otras secciones de esta Memoria.

En esta sección, se describen las tareas más importantes realizadas en temas de investigación básica en química, tanto en físico-química, como en química inorgánica y analítica. Estas actividades se llevan a cabo en estrecha colaboración con otras instituciones académicas como, la Universidad de Buenos Aires (UBA), la Universidad Nacional de San Martín (UNSAM), la Universidad Nacional del Sur (UNS) y la Universidad Nacional de Tucumán (UNT).

#### ↳ **Fisicoquímica de Fluidos**

Se estudiaron las propiedades termodinámicas y estructurales de fluidos, con especial énfasis en sistemas a altas temperaturas y presiones. Los estudios abarcan desde mediciones experimentales -con el consiguiente diseño y desarrollo de facilidades experimentales- hasta la interpretación molecular y el modelado teórico de los fenómenos fisicoquímicos. Entre otros temas, se estudió la solubilidad de sólidos en las cercanías del punto crítico del solvente y el modelado de la dinámica de solvatación de iones en agua supercrítica.

#### ↳ **Química de Suspensiones Acuosa de Sólidos Inorgánicos**

Se trabajó sobre las propiedades de interfases óxido metálico/solución acuosa, caracterizándose las reacciones químicas que ocurren en dichas interfases. Los resultados principales se refieren a la quimisorción de aniones sobre óxidos, incluyendo la caracterización espectroscópica y cinética de los complejos superficiales formados. Dentro de este marco, se analizó la quimisorción de Ácido Oxálico sobre Óxidos de Cromo(III) y la disolución consiguiente, así como la dilucidación de los mecanismos de adsorción de Ácido Salicílico sobre Dióxido de Titanio y del mecanismo de transferencia de carga que conduce a la foto-oxidación del sustrato.

#### ↳ **Fundamentos de Metodologías Analíticas**

Como soporte a los servicios de asistencia técnica en química analítica, se efectúan estudios referidos a métodos separativos cromatográficos y a determinaciones por espectrometría atómica. Se estudió la influencia de medios micelares sobre la sensibilidad de reactivos post-columna en la determinación de lantánidos por cromatografía iónica.

#### ↳ **Química de Sólidos**

Se analizaron las propiedades y características de las capas de óxidos crecidas o depositadas sobre metales en agua a alta temperatura. Se dilucidaron las leyes que rigen el crecimiento de capas de óxido sobre aleaciones de Zirconio. En colaboración con la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEN) y de la Facultad de Ingeniería (FI) de la UBA, también se investigó sobre la síntesis de materiales inorgánicos oxídicos por métodos suaves (sol-gel, precipitación controlada desde medios

acuosos). Entre los resultados, se puede mencionar la formación de óxidos mixtos por métodos novedosos, como Ferrite de Bario, y Óxidos Mixtos de Cobre y Cinc.

## **Materiales**

Desde hace varias décadas, se realizan en CNEA actividades en el área de materiales tendientes a cubrir las necesidades de los diferentes proyectos de la Institución. Principalmente, se destacan los logros obtenidos en los siguientes proyectos de investigación y desarrollo.

### **↳ Zirconio y sus Aleaciones**

Uno de los trabajos de mayor interés fue el ensayo acelerado por irradiación neutrónica de aleaciones de Zirconio que permite obtener, en pocos meses de irradiación, las dosis recibidas por componentes de un reactor durante toda su vida útil. También se realizaron estudios de microestructura y de fragilización por Hidrógeno y Deuterio.

### **↳ Recubrimientos y Tratamientos Superficiales**

El objetivo principal es lograr el mejoramiento de las propiedades de materiales tradicionales por recubrimiento superficial. Se puso en marcha un Reactor de *Plasma Chemical Vapor Deposition* para la producción de recubrimientos duros, en el marco del Convenio CNEA-JICA (*Japan International Cooperation Agency*).

Se obtuvieron películas de carbono amorfo duro nitrogenadas y se investigó el efecto de la irradiación con iones pesados sobre películas símil diamante.

### **↳ Comportamiento de Materiales en Medios Agresivos**

Se realizó una amplia gama de investigaciones en este tema debido a su gran importancia práctica. Se destacan los trabajos de formación y disolución de partículas de óxidos metálicos en medios acuosos y estudios de la química de las interfases óxido metálico/solución acuosa. Asimismo, se avanzó en el desarrollo del proceso de foto-oxidación catalizada por Dióxido de Titanio para la purificación de aguas.

Se analizó el mecanismo de corrosión de aleaciones de Zirconio (Zr) en cinéticas de oxidación de larga duración simulando las condiciones de refrigerante primario.

### **↳ Asistencia a las Centrales Nucleares**

Una parte significativa de las actividades de asistencia tecnológica vinculadas con materiales estuvo dirigida a las Centrales Nucleares Atucha I (CNA I) y Embalse (CNE). Entre los trabajos más significativos figuran la evaluación de los tubos de presión retirados en octubre de 1995 de la CNE y la evaluación del Programa de Vigilancia del Recipiente de Presión de la CNA I. Se realizaron inspecciones por ultrasonido pre y post reposicionado de anillos separadores de 40 canales de refrigeración y por corrientes inducidas en el generador de vapor y otros intercambiadores de la CNE.

### ┘ Elaboración de Códigos

Se completó la elaboración del Código de Cálculo MACACO (MATERIALES CANAL COMBUSTIBLE) que permite evaluar la evolución de la deformación en servicio de los canales de combustibles en reactores tipo CANDU. Durante la parada programada la CNE, efectuada en Mayo de 1997, se utilizó este Código para el reposicionamiento de los anillos espaciadores correspondientes a 40 canales de combustible.

### ┘ Desarrollo de Nuevos Materiales

Se obtuvieron materiales compuestos de matriz metálica, reforzada con partículas cerámicas, y cerámicos tenaces de óxidos de Zirconio. Se avanzó en la fabricación de materiales compuestos de matriz metálica y cerámica para empleo en pistones de motores.

Se continúan los trabajos sobre cerámicos para empleo en procesos de microfiltración, nanofiltración, catálisis y separación isotópica por difusión gaseosa. Se obtuvieron aleaciones metálicas para almacenamiento de Hidrógeno y materiales vítreos para tratamientos de residuos.

## Estudios Ambientales

Tradicionalmente la CNEA realiza sus actividades dentro de un estricto marco de respeto por la protección ambiental. Por tal motivo, se continuaron perfeccionando criterios de evaluación de impacto ambiental, rígidos sistemas de monitoreo y programas de investigación básica destinados a comprender el movimiento de contaminantes en el ambiente y su impacto sobre los seres vivos. Como resultado natural, y ante la creciente demanda de la sociedad, se inició el *Programa de Actividades Medioambientales No Nucleares*, que coordina las tareas vinculadas con la preservación del ambiente encarada por los tres Centros Atómicos.

Las actividades abarcaron estudios básicos, desarrollos de métodos analíticos innovativos, asesoramientos y servicios de monitoreo ambiental. Se prestó especial atención a la coordinación de tareas con otras instituciones y al enfoque interdisciplinario que aprovecha la conjunción de investigadores en ciencias químicas, físicas, biología y medicina, junto a ingenieros de diversas orientaciones.

Las principales tareas efectuadas se indican a continuación.

### Control de la Contaminación del Aire

Se efectuaron distintas actividades, como el estudio de contaminación del aire por generación termoeléctrica para el Ente Regulador de Electricidad (ENRE), la elaboración de normas para el análisis de algunos contaminantes en aire y validación de los métodos seleccionados para la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente Humano de la Nación y el diagnóstico sobre calidad de aire en las áreas metropolitanas de Buenos Aires y Campana-Zárate, como parte del Proyecto *Pollution Management in Argentina* del Banco Mundial.

Cabe destacar que la Honorable Cámara de Diputados de la Nación declaró de interés parlamentario y publicó la *Guía Metodológica de Evaluación de Impacto Ambiental en Centrales Termoeléctricas*, elaborada por personal de la CNEA. La misma fue empleada para revisar los *Estudios de Impacto Ambiental Atmosférico* presentados al ENRE por tres centrales térmicas para la aprobación de sus proyectos de instalación de nuevas máquinas.

En un estudio que aprovechó las potencialidades de la técnica nuclear *PIXE (Particle Induced X-Ray Emission)*, se pudo comprobar que los niveles de plomo en la atmósfera de la ciudad de Buenos Aires han disminuido notablemente en relación con los niveles históricos (1989) debido al uso de combustibles libres de plomo. Se hizo el análisis correspondiente para redactar el capítulo sobre *Inventario de Gases de Efecto Invernadero de los Sectores Energía y Procesos Industriales* de la Primera Comunicación Nacional sobre el Cambio Climático, que el país realizó en cumplimiento con la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

## Control de la Contaminación de Aguas Naturales y Suelos

Basándose en la amplia experiencia de la CNEA sobre la explotación de Uranio y la protección del medio ambiente, se estudió una serie de trabajos vinculados con la contaminación asociada con la actividad minera, como la elaboración de un anteproyecto para la gestión de los residuos de la minería de Uranio y la restauración ambiental en el distrito Tonco Amblayo de la Provincia de Salta.

Se implementó el proyecto sobre *Estrategias Innovativas para la Preservación de la Calidad del Agua en Áreas Mineras de América Latina*, dentro del Convenio de Colaboración entre la Unión Europea y el MERCOSUR.

Se empezó a colaborar con la *Comisión Trinacional para el Desarrollo de la Cuenca de los Ríos Pilcomayo-Bermejo*, analizando muestras de aguas y sedimentos recogidos en la primera campaña. También se efectuaron tareas vinculadas con la contaminación natural y antropogénica de acuíferos y con la dinámica de contaminantes en esos medios utilizando técnicas nucleares.

## Desarrollo de Tecnologías para un Ambiente más Limpio

Como estrategias del manejo sostenible de sistemas agrícolas, se investigó la dinámica de nutrientes en cultivos de trigo y de erosión hídrica en relación con el manejo agrícola, programa apoyado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). También comenzó a implementarse la técnica del insecto estéril para el control de *Anastrepha fraterculus*, mosca sudamericana de los frutos. Como parte del programa de tecnologías de destrucción de residuos peligrosos, se aprobó la financiación del

Proyecto OXAS (Oxidación de Aguas Supercríticas) para desarrollar una tecnología basada en el uso de agua supercrítica y se continuaron los estudios de la tecnología de foto-oxidación catalítica para la descontaminación de agua y aire. Se avanzó en el perfeccionamiento de materiales cerámicos para catálisis de gases de combustión. Se prepararon, desarrollaron y caracterizaron materiales para almacenamiento de Hidrógeno para su empleo como combustible limpio.

#### Estudios de la Contaminación en Organismos Vivos

Se midieron contenidos de metales pesados en krill antártico y se participó en un programa internacional de certificación de material de referencia para este propósito. Se dilucidaron aspectos del efecto de la radiación ultravioleta A y B en microcrustáceos y bacterias, incluida la existencia de estrategias de protección y/o reparación del daño radioinducido. Se estudió el efecto genético de contaminantes ambientales usuales y la intoxicación química por Uranio; se comprobó la efectividad del etano-1-hidroxi-1, 1-bifosfonato como agente preventivo. Se comenzó un proyecto para el estudio de la bioacumulación de metales pesados en sistemas acuáticos multiespecíficos.

# 3

## **GESTIÓN DE RESIDUOS RADIATIVOS**

Cumpliendo con la responsabilidad que sobre la gestión de residuos radiactivos generados en la República Argentina le asigna la Ley Nacional N° 24 804, la CNEA efectúa la recolección, clasificación, tratamiento, acondicionamiento, almacenamiento, transporte y disposición final de los mismos. Todas las etapas de la gestión se efectúan de acuerdo con los procedimientos establecidos por la Comisión, aprobados por la Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN) y dentro de un Programa de Aseguramiento de Calidad basado en una clara asignación de responsabilidades y en condiciones de aceptación para la transferencia de los residuos radiactivos de los generadores a la CNEA.

Se gestionaron 90.66m<sup>3</sup> de residuos condicionados y 1 625 fuentes selladas de radiación -provenientes de usuarios médicos e industriales de todo el país- fueron desarmadas, acondicionadas y transportadas.

En el marco de una resolución de la ARN que limitó la utilización de placas y agujas de <sup>226</sup>Ra en aplicaciones médicas y la obligatoriedad de los responsables de proveer su gestión segura, se transportaron desde distintos puntos del país, se acondicionaron y almacenaron en forma interina, 209 agujas de <sup>226</sup>Ra con una actividad de 742mCi.

En el Área de Gestión Ezeiza (AGE), área licenciada en el CAE para el tratamiento y disposición final de residuos de baja actividad y almacenamiento interino de residuos de media actividad, se concluyó la obra civil, los servicios y accesos de la *Facilidad para el Almacenamiento Interino de Residuos Radiactivos de Media Actividad*. Se equipó la instalación con un sistema para el manejo seguro de tambores con alta exposición y se incorporó además un equipo *Gamma Scanner* para la caracterización radiológica de bultos con el objeto de verificar el cumplimiento de las condiciones de aceptación establecidas.

Se terminó la ingeniería básica para la reconversión de la *Planta de Tratamiento y Acondicionamiento de Residuos de Baja Actividad* a fin de adecuarla a los requerimientos de seguridad y optimización de la gestión.

En un taller interno, se elaboraron y presentaron para su discusión proyectos tecnológicos y planes de I&D dentro de un programa

integrado para la gestión de los residuos originados en la generación nucleoelectrica y en todas las aplicaciones con materiales radiactivos clasificados en residuos de baja, media y alta actividad y período de semidesintegración corto o largo. Además, se incluyeron las colas de procesamiento del mineral de Uranio que constituyen una clase especial de residuos radiactivos por la concentración extremadamente baja de elementos radiactivos de períodos de semidesintegración largo que contienen.

Se establecieron acuerdos internos entre distintas Unidades de los Centros Atómicos y externos DOE, EE.UU. para el desarrollo de temas específicos del plan y se efectuaron trabajos relacionados con la caracterización de residuos, gestión de residuos provenientes del desmantelamiento de instalaciones radiactivas relevantes, evaluación geológica de emplazamientos e ingeniería de instalaciones.

La CNEA, como antigua operadora de las minas e instalaciones de tratamiento de los minerales nucleares, tiene la responsabilidad de su desmantelamiento, como también de la gestión de las colas de procesamiento del mineral y la restauración ambiental de los emplazamientos perturbados.

Por esta razón, se iniciaron las tareas de descontaminación y desmantelamiento de las instalaciones del ex Complejo Fabril Malargüe, y los trabajos previos para la ejecución de la ingeniería de la gestión del cierre definitivo y recuperación del área en el Complejo Fabril Córdoba y el ex Complejo Fabril Los Gigantes.

# 4

## FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

Desde su creación, la CNEA impulsa constantemente la capacitación de sus recursos humanos en todos los niveles, a fin de asegurar la disponibilidad de profesionales y técnicos con la formación adecuada para el desarrollo de sus proyectos.

Estas actividades se desenvuelven esencialmente en tres Institutos ubicados en cada uno de los Centros Atómicos de la Comisión (Bariloche, Constituyentes y Ezeiza).

### Instituto Balseiro

Situado en el Centro Atómico Bariloche (CAB), es el más antiguo de los institutos de formación de recursos humanos de la CNEA. Dicta los cursos correspondientes a las carreras de grado de *Licenciatura en Física e Ingeniería Nuclear* y materias correspondientes a la *Carrera de Especialización en Aplicaciones Tecnológicas de la Energía Nuclear*, así como los *Doctorados en Física e Ingeniería Nuclear*.

Durante 1997, se rindieron diez tesis doctorales en Física y tres en Ingeniería Nuclear.

Por otra parte, se organizó la *Escuela de Física del Sólido* para estudiantes argentinos y latinoamericanos con 25 participantes.

Se continuó con el programa de *Becas de Verano* para estudiantes avanzados de Física e Ingeniería y se realizaron dos *Talleres para Profesores de Ciencias* con la participación de 80 docentes de todo el país.

### Instituto de Tecnología Profesor Jorge A. Sabato

Ubicado en el Centro Atómico Constituyentes (CAC) es una iniciativa entre la CNEA y la Universidad Nacional de San Martín (UNSAM), y es la continuación de las actividades de formación de recursos humanos que comenzaron en este Centro con el *Curso Panamericano de Metalurgia* en la década del 60 y que prosiguieron en forma ininterrumpida hasta el presente.

Ofrece la Carrera de Grado en Ingeniería de Materiales y la Maestría y el Doctorado en Ciencia y Tecnología de Materiales.

Durante el presente año, se rindieron en el Instituto Sábato diez tesis doctorales, siete tesis de maestría y tres tesis de licenciatura.

Entre las actividades de capacitación del CAC, se continuó con el tradicional dictado del curso "Laboratorio Cero", con la participación de 100 alumnos de la enseñanza secundaria y se realizaron cinco cursos de especialización para personal de la CNEA y de otras instituciones.

Se organizó también una Escuela de Superficies en la cual participaron becarios de toda América Latina.

## Instituto de Enseñanza Superior de Ezeiza

Durante muchos años, en el Centro Atómico Ezeiza (CAE) se dictaron cursos de especialización sobre la utilización de radioisótopos y radiaciones, contribuyendo a la capacitación de cientos de profesionales de todo el país. El Instituto de Enseñanza Superior, de reciente formación, tomó a su cargo la continuación de dichos cursos e inició una serie de otras actividades de capacitación profesional y técnica. Durante 1997, se destacaron las siguientes actividades:

### Cursos

- Dosimetría en Radioterapia
- Metodología y Aplicación de Radionucleídos
- Formación de Mandos Medios
- Introducción a la Gestión de la Calidad
- Introducción al Método de Elementos Finitos
- Desechos Radiactivos
- Controladores Lógicos Programables
- Termodinámica y Caos
- Herramientas Estadísticas para Control de Calidad
- Curso Latinoamericano de Gestión de Calidad

### Jornadas

- II Jornadas de Encuentro con la Energía Nuclear, en las que participaron 80 docentes
- Jornadas para Secretarías

### Posgrado

- Comienzo de la Maestría en Radioquímica
- Comienzo del Plan de Posgrado de Reactores Nucleares

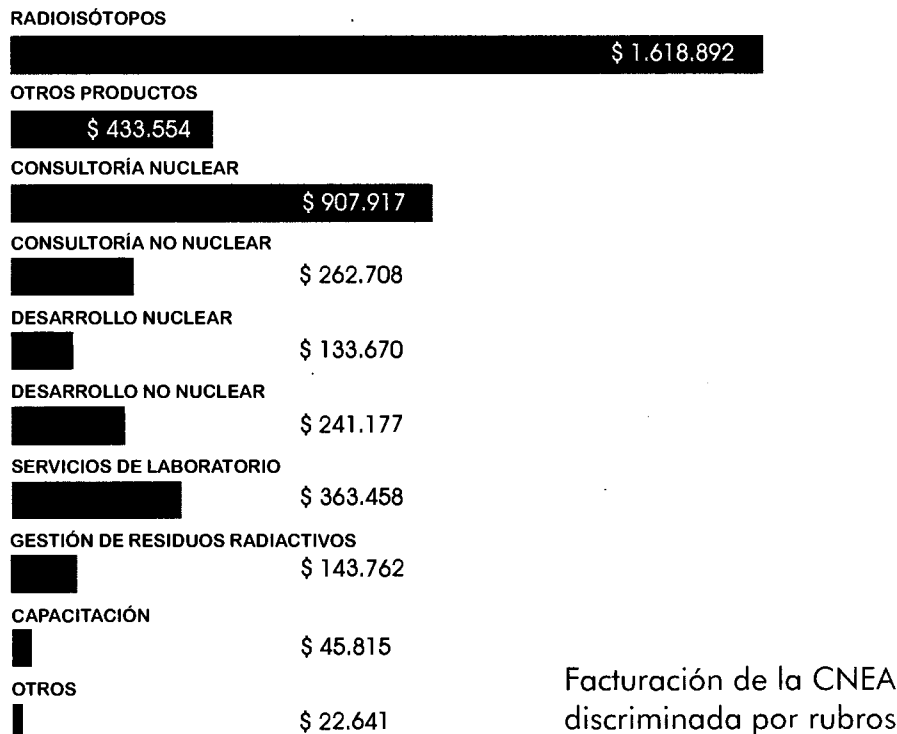
# 5

## TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

La misión principal de la CNEA es la generación de tecnología en el área nuclear para mantener e incrementar la competitividad de las instituciones y empresas del Sector Nuclear en el mercado nacional e internacional. Al mismo tiempo, la capacidad tecnológica desarrollada se aprovecha poniéndola al servicio de los demás sectores productivos del país.

Para lograr esos objetivos, se implementaron acciones de transferencia de tecnología, las que aumentaron notablemente en los últimos dos años. Así, se obtuvo una facturación total en 1997, correspondiente a bienes y servicios tecnológicos, de más de \$ 4 500 000, correspondiendo, aproximadamente, \$ 2 000 000 al CAE, \$ 1 300 000 al CAC, \$ 850 000 al CAB y \$ 350 000 a la exportación al Brasil.

La figura muestra un gráfico de esos datos, clasificados según el contenido de la transferencia.



Puede observarse que el monto mayor corresponde a la *Venta de Radioisótopos y Servicio de Irradiación*, con alrededor de \$ 1 600 000. El segundo rubro, por orden de facturación, corresponde a la *Consultoría Tecnológica Nuclear* con alrededor de \$ 900 000, que abarca principalmente el servicio de asistencia técnica que se le brinda a NASA. Le siguen los ítems *Servicios de Laboratorio y Otros Productos*, ambos con cerca de \$ 350 000. Con algo más de \$ 200 000 cada uno, se ubican los *Trabajos de Desarrollo Tecnológico y de Consultoría No Nuclear*. Por la *Gestión de Residuos Radiactivos* se facturaron \$ 140 000.

### Facturación de la CNEA discriminada por Centro Atómico

	CAB	CAC	CAE
<b>RADIOISOTOPOS</b>	238	77.839	1.540.815
<b>OTROS PRODUCTOS</b>	433.554	0	0
<b>CONSULTORIA NUCLEAR</b>	112.500	795.417	0
<b>CONSULTORIA NO NUCLEAR</b>	7.900	249.017	5.791
<b>DESARROLLO NUCLEAR</b>	110.000	21.190	2.480
<b>DESARROLLO NO NUCLEAR</b>	130.027	111.150	0
<b>SERVICIOS DE LABORATORIO</b>	47.923	16.225	299.277
<b>GESTION DE RESIDUOS RADIATIVOS</b>	0	0	143.762
<b>CAPACITACION</b>	3.500	27.615	14.700
<b>OTROS</b>	1.143	6.140	15.358
<b>TOTAL</b>	<b>846.785</b>	<b>1.304.626</b>	<b>2.022.183</b>

Durante 1997 se otorgó a la CNEA una patente de invención, correspondiente a un proceso para la fabricación de recubrimientos tipo diamante, y 9 patentes más se encuentran en gestión ante el Instituto Nacional de la Propiedad Industrial, de las cuales 4 fueron presentadas este año.

# 6

## RELACIONES INTERNACIONALES

En el marco del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), la comunidad internacional -con una activa participación de la ARN y la CNEA - concluyó tres documentos vinculantes de enorme importancia y cuya negociación demandó varios años. Estos documentos son la *Convención de Seguridad en la Gestión de Combustibles Gastados y de Seguridad en la Gestión de Residuos Radiactivos*, la reforma de la *Convención de Viena sobre Responsabilidad Civil por Daño Nuclear* y el establecimiento de la *Convención de Financiamiento Suplementario* y del *Protocolo Adicional a los Acuerdos de Salvaguardias Amplios* -como el que tiene nuestro país.

La relación bilateral con el Brasil tuvo un gran impulso durante el año, realizándose dos reuniones del Comité Permanente Argentino- Brasileño de Política Nuclear. Esta relación está comenzando a dar frutos, como la concreción del primer contrato significativo de transferencia de tecnología. Este contrato, referente al ciclo del combustible, es el resultado de la tecnología dominada por la CNEA y sus Empresas Asociadas y se continúan las conversaciones para ampliarlo a otros sectores.

Durante la visita a la República Argentina del Presidente de EE.UU., Bill Clinton, entró en vigor el nuevo *Acuerdo de Cooperación para los Usos Pacíficos de la Energía Nuclear* entre el Gobierno de los Estados Unidos y el Gobierno de nuestro país. Adicionalmente, se firmó otro *Acuerdo con el Departamento de Energía (DOE)* de EE.UU., con el cual se está iniciando la colaboración en la producción de blancos de Uranio de bajo enriquecimiento para la producción de  $^{99}\text{Mo}$ , la terapia para el cáncer por captura neutrónica en Boro y el desmantelamiento de instalaciones nucleares.

Con la Agencia Nuclear de la Unión Europea, se concretó otro acuerdo de importancia. Éste es especialmente significativo ya que es el primero de esas características que suscribe la Unión Europea y se estima que las primeras acciones de cooperación ocurrirán durante 1998.

También se continuaron las gestiones con las autoridades del Gobierno del Ecuador para la transferencia de tecnología argentina, con la República Árabe de Egipto para continuar la excelente relación actual más allá de la provisión del Reactor MPR y la reactivación de la cooperación con la Agencia Brasileño-Argentina de Contabilidad y

Control de Materiales Nucleares (ABACC).

En San Carlos de Bariloche se efectuó el *Taller sobre Reactores de Pequeña y Mediana Potencia*, con el auspicio del OIEA y con la participación de representantes de 11 países interesados.

Por su parte, la Organización de Estados Americanos (OEA) otorgó becas a profesionales de países en desarrollo para que asistieran a los siguientes cursos que se dictaron en la Comisión:

- Posgrado en Metalurgia y Tecnología de Materiales
- Posgrado en Aplicaciones Tecnológicas de la Energía Nuclear
- Maestría en Radioquímica
- Aplicaciones de los Radioisótopos en Bioquímica, y
- Curso de Garantía de Calidad

Estos eventos han servido también para perfeccionar la capacitación de profesionales del sector nuclear de otros países latinoamericanos.

Se siguió con las actividades del Programa ARCAL-OIEA, en el cual Argentina participa junto a otros 18 países de la Región de América Latina y el Caribe para ampliar la colaboración existente en materia nuclear.



## **ACTIVIDAD DE LAS EMPRESAS ASOCIADAS**

### **CONUAR Sociedad Anónima**

La Empresa Combustibles Nucleares Argentinos Sociedad Anónima continuó suministrando elementos combustibles a la NASA, operadora de las dos Centrales Nucleares en funcionamiento. Al respecto, produjo 21 elementos combustibles con Uranio Levemente Enriquecido (ULE) y 281 con Uranio natural para la CNA-I y 4 059 con Uranio natural para la CNE. Además, produjo 17 barras de ajuste de Cobalto para la producción de  $^{60}\text{Co}$  en la CNE y 21 elementos combustibles (EC) para el Reactor RA-3 del CAE.

### **DIOXITEK Sociedad Anónima**

Durante los nueve meses de operación de la Planta de Producción, la Empresa creada recientemente, proveyó a CONUAR S.A. 94 000 kg de Dióxido de Uranio natural y 7 200 kg de Dióxido de ULE.

### **ENSI Sociedad del Estado**

En mayo de 1997 la ENSI, Empresa Neuquina de Servicios de Ingeniería Sociedad del Estado, firmó con NASA un contrato para la provisión de 448 t de agua pesada, complementario de uno anterior por 40 t.

La operación continua de la Planta Industrial de Agua Pesada (PIAP), instalada en la Provincia del Neuquén, permitió a ENSI producir 160 t de agua pesada de las 200 t que tiene que entregar en abril de 1998 a NASA. Asimismo, pudo exportar 9 t a Corea del Sur y 600 kg a Alemania.

### **FAE Sociedad Anónima**

La Fábrica Aleaciones Especiales Sociedad Anónima produjo 153 000 m de tubos de Zircaloy para elementos combustibles del tipo Atucha I y Embalse. En el sector de fundición se produjeron 6 000 kg de lingotes de Zircaloy que fueron forjados posteriormente para obtener barras y maquinados en rodajas para la fabricación de separadores de EC de Atucha I.

En cuanto a tubos de acero inoxidable, fabricó 245 km de tubos sin

costura para los mercados de Argentina y del Brasil y 277 km de tubos con costura para el mercado argentino.

## FUESMEN

En la Fundación Escuela de Medicina Nuclear de Mendoza Se realizaron las tareas asistenciales en las tres áreas principales: Diagnóstico por Imágenes, Medicina Nuclear y Oncología Clínica y Radioterápica, así como en las otras que ya existían o se han ido incorporando a la FUESMEN en 1997 como, Centro de Estudios de Trastornos de la Memoria, Videoendoscopia, Laboratorio, etc.

Se concretó la instalación y se realizaron las primeras pruebas del Ciclotrón del Hospital. Se presentaron los proyectos de estandarización (DICOM – *Digital Imaging Communication*) del PACS (*Picture Achieving and Communication System*) y del Registro Médico Computarizado. Se efectuaron las primeras pruebas y se puso en funcionamiento las imágenes de Resonancia Magnética Nuclear con este sistema.

Se presentaron trabajos de física de Radioterapia, Medicina Nuclear, Física de Medicina Nuclear e Informática Médica en distintos congresos nacionales e internacionales.

Se continuó con la capacitación de personal de la FUESMEN en centros de primera línea del exterior. Se recibieron pasantías y expertos del país y del extranjero para su formación y dictado de cursos, respectivamente. Se continuó con las actividades de Posgrado en Oncología con orientación en Radioterapia y se iniciaron los de Posgrado en Neumología. Se dictaron cursos de posgrado para no especialistas y se prosiguió con la actualización continua a través de un convenio FUESMEN-FADESA (Fundación Argentina para el Desarrollo de la Salud).

## INVAP Sociedad del Estado

La finalización de la construcción y la puesta en operación del Reactor multipropósito (MPR) que INVAP, Investigación Aplicada Sociedad del Estado, construyó en Egipto, fue uno de los hechos más relevantes de la actividad nuclear argentina en 1997. El Reactor alcanzó su primera criticidad el 27 de noviembre, unos meses antes de la fecha que había sido prevista originalmente.

También este año, fue puesto a crítico por primera vez el RA-8, un Reactor de Potencia Cero construido por INVAP para la CNEA, en Pilcaniyeu, Provincia de Río Negro, dentro del marco del Proyecto CAREM.

Construyó el satélite SAC-A (Satélite de Aplicaciones Científicas), las dos antenas para la Estación de Rastreo Satelital de la Comisión Nacional de Actividades Espaciales en Falda del Carmen, Pcia. de Córdoba, y fabricó equipos de telecobaltoterapia y de simuladores para radioterapia.

Parte de sus esfuerzos se dedicaron al tratamiento de residuos industriales peligrosos y se construyó un incinerador para su planta especializada en la ciudad de Zárate, Provincia de Buenos Aires.

## **N.M. Sociedad del Estado**

Nuclear Mendoza Sociedad del Estado continuó sus trabajos en el ex Complejo Fabril Malargüe y prestó servicios al Instituto de Sanidad y Calidad Agropecuaria de Mendoza en su proyecto para el control y la erradicación de la mosca del Mediterráneo mediante la técnica del insecto estéril.



## APÉNDICE

### Producción de Radioisótopos en 1997

#### Actividades despachadas

RADIOISÓTOPO	ACTIVIDAD (Ci)	PEDIDOS	APLICACIÓN
Fuentes de $^{60}\text{Co}$ para teleterapia	70.256,0	11	Médica
Fuentes de $^{60}\text{Co}$ , uso industrial	158.809,0	20	Industrial
$^{60}\text{Co}$ a granel	1.081.673,0	3	Industrial
Molibdato de amonio, $^{99}\text{Mo}$ fisión	11.190,0	84	Médica
Ioduro de sodio $^{131}\text{I}$	345,5	4.390	Médica e Industrial
Moléculas marcadas con $^{131}\text{I}$	0,8	258	Médica
Cloruro de talio $^{201}\text{Tl}$	9,6	845	Médica
Generadores de $^{99}\text{Mo}$ / $^{99m}\text{Tc}$	1.154,0	1.293	Médica
$^{24}\text{Na}$ , $^{32}\text{P}$ , $^{42}\text{K}$ , $^{51}\text{Cr}$ , $^{198}\text{Au}$	14,0	330	Médica e Industrial

- Además, se produjeron 230.000 Ci de  $^{60}\text{Co}$  en fuentes industriales para ser usadas en la carga de la Planta Semi-industrial de irradiación del CAE.
- Incluye dos tandas de  $^{201}\text{Tl}$  con una actividad total de 1,6 Ci, producidas al ser completada la puesta en marcha del ciclotrón del CAE.



## ACRÓNIMOS

ABACC	Agencia Brasileño-Argentina de Contabilidad y Control de Materiales Nucleares
ADN - DNA	Ácido Desoxiribonucleico - <i>Desoxyriboucleic Acid</i>
AGE	Área de Gestión Ezeiza
ARCAL	Programa sobre Arreglos Regionales Cooperativos para la Promoción de la Ciencia y Técnicas Nucleares para América Latina y el Caribe
ARN	Autoridad Regulatoria Nuclear
CAB	Centro Atómico Bariloche
CAC	Centro Atómico Constituyentes
CAE	Centro Atómico Ezeiza
CANDU	CANadian Deuterium Uranium
CARA	Combustible Avanzado para Reactores Argentinos
CAREM	Central Argentina de Reactor Modular
CNA-I	Central Nuclear Atucha I - Pcia. Buenos Aires
CNA-II	Central Nuclear Atucha II - Pcia. Buenos Aires
CNE	Central Nuclear Embalse - Córdoba
CNEA	Comisión Nacional de Energía Atómica
CONAE	COMisión Nacional de Actividades Espaciales
CONCRIT RA-8	CONjunto CRITico RA-8 Complejo Tecnológico Pilcaniyeu, Pcia. de Río Negro
CONUAR S.A.	COMbustibles NUCleares Argentinos S.A.
DICOM	<i>Digital Imaging Communication</i> - Comunicación por Imagen Digital
DOE	<i>Department of Energy</i> - EE.UU.
DUCOM	DUal COMbinada, Sistema Híbrido Nuclear-Gas
EC	Elementos Combustibles
EDTMP	Etilen-Diamino-Tetra-Metilenfosfato de Sodio
ELISA	<i>Enzime-Linked Immunoabsorbent Assay</i> - Ensayo Inmuno Absorbente por Conjugados Enzimáticos
ENRE	Ente Regulador de Electricidad
ENSI S.E.	Empresa Neuquina de Servicios de Ingeniería S.E.
EURATOM	<i>European Atomic Energy Community</i> - Comunidad Europea de Energía Atómica
FADESA	Fundación Argentina para el Desarrollo de la Salud
FAE S.A.	Fábrica de Aleaciones Especiales S.A.
FAO	<i>Food and Agriculture Organisation of the United Nations</i>
OAA	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FCEN	Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - UBA
FI	Facultad de Ingeniería - UBA
FUESMEN	FUNDación Escuela de MEDicina Nuclear - Mendoza
I&D	Investigación y Desarrollo
INCUCAI	Instituto Nacional Central Único de Ablación e Implante
INPI	Instituto Nacional de Propiedad Industrial

## Acrónimos

---

INVAP S.E.	INVestigación Aplicada S.E.
JICA	<i>Japan International Cooperation Agency</i> - Agencia Japonesa de Cooperación Internacional
MACACO	MAteriales CAAnal Combustible
MERCOSUR	MERcado COMún del SUR
MPR	<i>MultiPurpose Reactor</i> – Reactor Multipropósito
N.M.S.E.	Nuclear Mendoza Sociedad del Estado
NASA	Nucleoeléctrica Argentina Sociedad Anónima
OEA	Organización de Estados Americanos
OIEA	Organismo Internacional de Energía Atómica
OXAS	OXidación de Aguas Supercríticas
PACS	<i>Picture Achieving and Communication System</i> - Sistema de Comunicación y Almacenamiento de Imágenes
PIAP	Planta industrial de Agua Pesada, Arroyito, Neuquén
PIPAD	Programa Interinstitucional de Plasmas Densos
PIXE	<i>Particle Induced X-Ray Emission</i> - Emisión de Rayos X Inducidos por Partículas
SAC	Satélite de Aplicaciones Científicas - CONAE
SAL	<i>Sterility Assurance Level</i> - Nivel de Seguridad de Esterilidad
TANDAR	TANdem ARgentino, CAC – Acelerador de iones pesados
UBA	Universidad de Buenos Aires
UE	Unión Europea
ULE	Uranio Levemente Enriquecido
UNS	Universidad Nacional del Sur
UNSAM	Universidad Nacional de San Martín
UNT	Universidad Nacional de Tucumán

Esta edición terminó de imprimirse en el  
Centro Atómico Constituyentes  
el 18 de diciembre de 1998  
San Martín, Pcia. Buenos Aires, Argentina

