

00 72.09
Ej 12

PROCEEDINGS SERIES

PEACEFUL USES
OF ATOMIC ENERGY

PROCEEDINGS OF THE
FOURTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON
THE PEACEFUL USES OF ATOMIC ENERGY
JOINTLY SPONSORED BY
THE UNITED NATIONS
AND
THE INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY
AND HELD IN GENEVA, 6 - 16 SEPTEMBER 1971

In fifteen volumes

VOLUME 12

Comisión Nacional de Energía Atómica
BIBLIOTECA

UNITED NATIONS, NEW YORK
INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, VIENNA
1972

ESTUDIOS DE POSGRADUACION Y CAPACITACION PROFESIONAL EN EL AMBITO DE LA COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA ARGENTINA

Una experiencia de cooperación latinoamericana

Nelly A. DE LIBANATI, G. B. BARO
Gerencias de Tecnología y Energía,
Comisión Nacional de Energía Atómica,
Buenos Aires, Argentina

Abstract-Résumé-Аннотация-Resumen

POSTGRADUATE STUDIES AND PROFESSIONAL TRAINING UNDER THE AUSPICES OF THE ARGENTINE NATIONAL ATOMIC ENERGY COMMISSION: AN EXPERIMENT IN LATIN-AMERICAN CO-OPERATION.

The authors analyse the introduction of new nuclear sciences and techniques in university curricula, at research centres and in industry. An evaluation of the results of the postgraduate training program developed during the last 15 years by the Argentine National Atomic Energy Commission demonstrates the importance of the program in this context. The authors describe the contacts and collaboration which have been established among Latin-American countries by means of the program of pan-American activities in the fields of nuclear medicine, metallurgy, industrial application of radioisotopes and nuclear reactors. With a view to introducing nuclear science and technology rapidly into the productive life of the country the possibilities of optimizing postgraduate teaching in this field are being studied.

ETUDES SUPERIEURES ET FORMATION PROFESSIONNELLE ORGANISEES PAR LA COMMISSION NATIONALE ARGENTINE DE L'ENERGIE ATOMIQUE: UNE EXPERIENCE DE COOPERATION ENTRE LES PAYS D'AMERIQUE LATINE.

Les auteurs analysent la place des nouvelles disciplines nucléaires scientifiques et techniques dans les programmes universitaires, les centres de recherche et l'industrie. L'évaluation des résultats du programme d'études supérieures mis au point par la Commission nationale de l'énergie atomique de la République Argentine au cours des 15 dernières années permet de mettre en évidence l'importance de ces travaux pour l'expansion recherchée. Le mémoire montre les relations et la collaboration qui se sont établies entre les pays d'Amérique latine grâce à la planification des activités panaméricaines dans différents domaines: médecine nucléaire, métallurgie, application industrielle des radioisotopes et réacteurs nucléaires. Il étudie les possibilités d'améliorer l'enseignement supérieur des sciences et de la technologie nucléaires en vue de leur faire jouer rapidement un rôle actif dans la vie du pays.

ИССЛЕДОВАНИЯ, ПРОВОДИМЫЕ АСПИРАНТАМИ, И ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ, ОСУЩЕСТВЛЯЕМЫЕ НАЦИОНАЛЬНОЙ КОМИССИЕЙ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ АРГЕНТИНЫ. ОПЫТ ЛАТИНО-АМЕРИКАНСКОГО СОТРУДНИЧЕСТВА.

Авторы дают анализ введения новых учебных дисциплин и методов обучения в области ядерной энергии в программах Университетов, в исследовательских центрах и в промышленности. Оценка результатов, достигнутых в ходе осуществления в течение последних 15 лет национальной Комиссией по атомной энергии Аргентины программы в области подготовки аспирантов, показывает важное значение этой работы. Авторы описывают связь и сотрудничество стран Латинской Америки на примерах составления Панамериканской программы деятельности в области ядерной медицины, металлургии, применения радиоизотопов в промышленности, а также строительства ядерных реакторов. Исследуются возможности оптимизации подготовки аспирантов в области ядерной науки и техники.

ESTUDIOS DE POSGRADUACION Y CAPACITACION PROFESIONAL EN EL AMBITO DE LA COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA ARGENTINA: UNA EXPERIENCIA DE COOPERACION LATINOAMERICANA.

Los autores analizan la difusión de las nuevas ciencias y técnicas nucleares en programas universitarios, centros de investigación e industria. La evaluación de los resultados del plan de entrenamiento de posgraduación

desarrollado por la Comisión Nacional de Energía Atómica de la República Argentina en los últimos 15 años permite poner de manifiesto la importancia de esta tarea para dicha expansión. Se muestra la comunicación y colaboración establecidas entre países latinoamericanos mediante la programación de actividades panamericanas en las esferas de la medicina nuclear, metalurgia, aplicación de radioisótopos a la industria y reactores nucleares. Se estudia las posibilidades de optimización de la enseñanza de posgraduación de la ciencia y tecnología nucleares para su rápida introducción en la vida productiva del país.

INTRODUCCION

La aparición de nuevas ciencias y técnicas nucleares exige la formación de profesionales especializados. En los comienzos de la era nuclear estos profesionales eran requeridos casi exclusivamente por las Comisiones de Energía Nuclear y esos conocimientos tenían poco interés fuera de las aplicaciones de las mismas. Una de las principales razones que motivó la iniciación de tareas de enseñanza y adiestramiento en todas las Comisiones de Energía Nuclear fue la extraordinaria difusión de las aplicaciones de radioisótopos, junto con la disponibilidad creciente de material radiactivo producido por los reactores nucleares. Este hecho trajo aparejado que un número cada vez mayor de profesionales ya graduados (algunos con años en su profesión) o de profesionales provenientes de carreras como la medicina, biología, etc., necesitaran ampliar sus conocimientos en la metodología y aplicación de los radioisótopos y radiaciones ionizantes. Lo específico del tema hizo que en muchos países esas Comisiones de Energía Nuclear desarrollaran métodos propios para la formación de sus especialistas, llegando hasta crearse institutos educacionales ad-hoc. El aumento continuo de la demanda, superior al ritmo de creación de nuevos cursos en las Universidades, obliga a continuar estas tareas o a abocarse a desarrollar nuevas especialidades a medida que se derivan a las universidades cursos que se tornan clásicos. Pero la ciencia y la tecnología nucleares se han desarrollado tanto y han causado tal impacto en las actividades comunes que es indispensable acelerar su inserción en los planes de estudios superiores y medios y en la industria.

En esta memoria veremos en forma resumida cómo la labor de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), ha facilitado la incorporación de los conocimientos nucleares en los diferentes niveles y la experiencia de colaboración latinoamericana, en base al siguiente temario:

1. Introducción de las ciencias nucleares en estudios superiores.
2. Introducción de las ciencias nucleares en los estudios medios.
3. Entrenamiento y capacitación de universitarios en las técnicas nucleares.
4. Experiencia de cooperación latinoamericana.

1. INTRODUCCION DE LAS CIENCIAS NUCLEARES EN LOS ESTUDIOS SUPERIORES

1.1. Investigaciones y trabajos de doctorado sobre temas nucleares y paranucleares

Los planes de trabajo normales de la CNEA involucran trabajos de investigación en temas nucleares y afines como Electrónica, Metalurgia y Física del Sólido. Dentro de estos planes de trabajo se admiten becarios y estudiantes para reali-

zar tesis doctorales y trabajos afines. Actualmente se están realizando 34 trabajos de tesis y 10 trabajos finales.

El Cuadro No. I resume los datos de tesis doctorales ya finalizadas en la CNEA, bajo la dirección de profesionales de la misma y el padrinazgo o dirección conjunta de un profesor de la universidad correspondiente.

Independientemente o concomitantemente con los trabajos de tesis, la CNEA otorga becas internas de iniciación y de perfeccionamiento en la investigación. El número de becas concedidas durante el período 1968-1970 puede dar una idea de la importancia de esta tarea de adiestramiento. El Cuadro No. II da la estadística de estos becarios y su orientación.

CUADRO I. TESIS DOCTORALES

Especialidad	Universidad	Tesis
Química	Nacional de Buenos Aires (UBA)	27
	Nacional de La Plata (UN La Plata)	5
	Nacional de Tucumán (UN Tucumán)	2
Física	UBA	11
	Nacional de Cuyo (UN Cuyo)	26
	UN La Plata	1
	Nacional de Córdoba-IMAF (UN Córdoba)	2
Total		74

CUADRO II. ESTADÍSTICA DE BECARIOS

Radioisótopos y Radiaciones	Reactores nucleares	Materiales nucleares	Instrumentación nuclear	Investigación básica	Total
37	20	39	20	36	152

CUADRO III. DATOS SOBRE TRABAJOS FINALES

Especialidad	Universidad	Trabajos finales
Química	UBA	32
Física	UBA	40
	UN Cuyo	1
	UN Rosario	4
	UN La Plata	1
	UN Córdoba	3
	Instituto Nacional del Profesorado Bs. As.	4
Ingeniería Metalúrgica	Instituto Tecnológico de Buenos Aires (ITBA)	4
Total		89

Para favorecer la iniciación de los estudiantes en la investigación se los recibe también para realizar seminarios o trabajos finales. El Cuadro No. III resume los datos de los mismos. Puede advertirse que existe colaboración con las universidades de todo el país.

Desde 1955 un cierto porcentaje de profesionales así formados fue transfiriéndose a la actividad universitaria y favoreció la difusión de las técnicas nucleares y el uso de radioisótopos. Es difícil reunir los datos totales de los lugares en los cuales se realizan investigaciones relacionadas con las ciencias nucleares, pero pueden citarse los siguientes: Departamento de Física Biológica y Química Biológica y Centro de Medicina Nuclear de la Facultad de Medicina; Departamento de Física III de la Facultad de Farmacia y Bioquímica; Departamento de Física y Química de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales; Laboratorio de Radioisótopos del Departamento de Física de la Facultad de Ingeniería y Centro de Radiobiología de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la UBA; Departamento de Física del IMAF de la UN Córdoba; Centro de Medicina Nuclear de la UN Rosario; Departamento de Física de las Facultades de Ciencias de las UN La Plata y UN Tucumán; Laboratorio de Radioisótopos de UN Sur, y muchos otros más que no se mencionan por razones de espacio.

Puede señalarse que la formación de los primeros profesores e investigadores de casi todos esos Departamentos fue iniciada en la CNEA, con excepción del IMAF que formó sus investigadores en el extranjero.

1.2. Carreras universitarias o cursos de posgraduación de especialización nuclear propiamente dicha

La CNEA ha formado y forma todo su personal especializado mediante una programación de cursos de posgrado que se realizan en función de la demanda; los dictados habitualmente son: de reactores nucleares, radioisótopos, metalurgia y seguridad. Además, como carrera universitaria deben citarse los cursos de física dictados en el Instituto de Física Balseiro.

1.2.1. Cursos de Física

A principios de 1955 la CNEA destinó las instalaciones de que disponía en San Carlos de Bariloche a la creación de un centro para el estudio de la Física, actualmente el Instituto de Física Balseiro, que depende conjuntamente de la CNEA y de la UN Cuyo.

En este Instituto se puede obtener la Licenciatura en Física (especialidad Nuclear o Física del Estado Sólido), luego de tres años y medio de estudios, y completando además un trabajo de tesis, el doctorado. Para el ingreso se requiere tener aprobado el segundo año de las licenciaturas en Física, Matemáticas, Química, Astronomía, o de las distintas especialidades de Ingeniería, ya que en el Instituto se dicta de tercer año en adelante. También es posible ingresar habiendo aprobado el Profesorado completo en Física o Matemáticas. Los alumnos, salvo contadas excepciones, son becados y viven en el Instituto. Hasta el presente, 134 alumnos obtuvieron el título de Licenciados en Física (de ellos, 7 fueron becarios latinoamericanos) y el total de doctorados es de 52.

CUADRO IV. CURSOS DE REACTORES NUCLEARES

Año	Curso	Duración	Participantes		
			Especialidad	pertenecientes	
				CNEA	otros
1953	I	1 año	ingenieros y licenciados	7	
1955	II	1 año	" "	12	2
1956	III	1 año	" "	12	10
1957	IV	1 año	" "	12	10
1968	V	5 meses	ingenieros	10	
1969	VI	5 meses	ingenieros	10	
1969	VII	5 meses	licenciados en física	8	
Total	7			71	22

1.2.2. Cursos de reactores nucleares

Son dictados por el Departamento de Reactores de la Gerencia de Energía según la frecuencia indicada en el Cuadro No. IV.

La secuencia indica que estos cursos están específicamente destinados a cubrir las necesidades de reactoristas de la CNEA: de 1953 a 1957 formación del plantel básico y de 1968 en adelante formación del plantel especial para el reactor de potencia de Atucha.

La programación de estos cursos comprendió básicamente el dictado de Cálculo numérico, Física nuclear, Electrónica, Teoría de reactores, Seguridad, Metodología y aplicación de radioisótopos y cursos optativos según el destino del alumno.

El único curso de especialización nuclear propiamente dicho incorporado a los planes actuales universitarios, es el que se dicta desde 1961 en la Facultad de Ingeniería de la UBA. Dicho curso, es de intensidad variable según el número y la naturaleza de los inscriptos. Llegó a tener una duración de dos años, actuando como profesores investigadores de la CNEA y con trabajos prácticos realizados en el reactor RA1 del Centro Atómico Constituyentes de la CNEA. En 1970 hubo 12 inscriptos y fué dictado en un cuatrimestre, los profesores son ex-investigadores de CNEA.

1.2.3. Cursos de Radioisótopos

Estos cursos se tratarán en el párrafo 3.1.1. pues si bien son cursos de posgraduación su función principal es el reciclado de profesionales.

1.2.4. Cursos de seguridad y protección

Dictados por la Gerencia de Seguridad y Protección, con una frecuencia promedio de cuatro por año, los Cursos de Protección Radiológica tienen como fin dar una formación de base a los empleados que ingresan a esta Gerencia y

CUADRO V. CURSOS DE METALURGIA DICTADOS EN LA CNEA: ESTADISTICA DE ALUMNOS, SU ORIGEN Y SU OCUPACION DESPUES DEL CURSO

Nombre del curso - año	duración	postu- lantes	participantes		total	egresados			total	docencia	otros
			arg.	extranj.		industria	ocupación actual investigación	total			
Metalurgia, 1955	2 años		14	-	14	2	9	1	13	1	1
Metalurgia, 1959	2 años		4	-	4	-	2	-	2	-	-
Primer total			18	-	18	2	11	1	15	1	1
I CPMN*	9 meses	74	3	10	13	2	5	5	13	5	1
II CPMN	"	33	3	11	14	3	5	4	12	4	-
III CPM**	"	73	10	6	16	3	7	3	14	3	1
IV CPM	"	92	8	10	18	5	6	4	17	4	2
V CPM	"	117	16	10	26	3	14	7	24	4	-
VI CPM	"	94	10	15	25	9	10	5	24	7	-
VII CPM	"	70	10	17	27	en curso			en curso		
Total CPM		553	60	79	139	25	47	28	104	28	4
Total general		553	78	79	157	27	58	29	119	29	5

* CPMN - Curso Panamericano de Metalurgia Nuclear.

** CPM - Curso Panamericano de Metalurgia.

a las personas que deben tener esos conocimientos por la índole de sus trabajos. El número promedio de alumnos es 15, la mitad técnicos y la mitad ingenieros o licenciados en química, bioquímica o física. La intensidad de los cursos varía según la formación de los asistentes, pero consisten fundamentalmente en conceptos básicos, análisis de riesgos debidos a la radiación, radiodosimetría, monitoreo operacional, técnicas de protección radiológica, nociones de seguridad nuclear. Las clases teóricas se alternan con ejercicios y trabajos de laboratorio.

Además, con el auspicio del OIEA y de la CNEA, en 1970 se llevó a cabo un "Curso Regional Superior de Capacitación en la preparación de los Planes y Medidas a adoptar en caso de accidente nuclear". Participaron representantes de Panamá (1), Uruguay (3), Perú (2), México (3), Venezuela (3), Brasil (1) y Chile (2).

1.2.5. Cursos de metalurgia

Dictados por la Gerencia de Tecnología, nacieron de la necesidad de formar y mantener el núcleo de metalurgistas nucleares que está realizando los desarrollos necesarios para la fabricación y optimización de combustibles de potencia y que ha fabricado desde 1957 los elementos combustibles para los cuatro reactores nucleares construidos en la Argentina. Crear y evitar el estancamiento de un grupo de metalurgistas de esas características involucra darle una firme base de Metalurgia moderna, de Física del sólido, de Ciencia de los materiales y seguir actualizando esos conocimientos mediante un reciclado permanente.

El Cuadro No. V resume los datos de la totalidad de los cursos de esta especialidad dictados desde 1955.

Se advierte que los tres primeros cursos estaban destinados a formar el plantel básico de la CNEA, mientras que a partir de 1962 tienen carácter internacional, admitiéndose alumnos de distintos países de América y recibiendo el apoyo del BID, la Ford Foundation, OEA, OIEA y UNESCO [1].

La programación incluye un ciclo básico con el dictado de: Introducción a la Metalurgia, Termodinámica, Instrumental, Cristalografía y Rayos X, Elementos de Física del Sólido y Defectos en Metales, Solidificación y Fundición, Transformaciones de Fase y Tratamientos Térmicos, Comportamiento Mecánico y Trabajo de Metales y un ciclo de especialización con cursos optativos variables: Metalurgia Nuclear, Fractura, Ensayos no Destructivos, Materiales y Diseños, Corrosión, etc. [2].

Como colaboración con las universidades argentinas, la Gerencia de Tecnología ha dictado cursos de Metalurgia Física en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA, en el IMAF de la UN Córdoba, en la Facultad de Ciencias, Ingeniería y Arquitectura de la UN Rosario, en la Facultad de Ingeniería Regional Buenos Aires de la UTN, en la Sociedad Argentina de Metales, y ha organizado y llevado a cabo en sus laboratorios (entre 1964 y 1969) los dos cursos de Ingeniería Metalúrgica del ITBA de Buenos Aires.

1.3. Metodologías nucleares o materias paranucleares dentro de los programas normales de las carreras universitarias

La introducción de los temas nucleares en la enseñanza universitaria fue esporádica, progresiva y muy ligada a la CNEA y a la personalidad de los pioneros de cada especialidad. Por ello, y teniendo en cuenta las dificultades para resumir datos de cursos temporarios y muy variados, consideramos más interesante hacer un recuento historiado que muestra la aparición de la enseñanza nuclear y su consolidación en el país.

Uno de los primeros cursos de radioquímica dictados en el país fue el que se realizó en la Facultad de Química de la UN Tucumán, durante los años 1950/51 bajo la dirección del Dr. W. Seelmann Eggebert, que llegaba al país proveniente de Alemania. Más tarde, en el año 1953, coincidiendo con el traslado del Dr. Seelmann Eggebert a la CNEA, este curso se comenzó a dictar en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA, como Química Nuclear, dentro de la Licenciatura de Química de esa casa de estudios. Se continuó desarrollando anualmente entre 1953 y 1962, con una asistencia variable de 4 a 10 alumnos por curso. Durante todo este lapso la CNEA colaboró prestando sus laboratorios y personal docente, ya que la totalidad de las prácticas correspondientes se realizaban en los laboratorios de la misma. A partir de 1964 esta materia se dicta esporádicamente con intensidad variable, generalmente con profesores que son investigadores en CNEA. Durante 1970 se dictó como Química Nuclear y Radioquímica en un cuatrimestre, con asistencia de 12 alumnos regulares de la licenciatura.

En la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la UBA, se introdujo la enseñanza de la Radioquímica en la Cátedra de Física III, al incorporarse como profesor part-time un investigador de CNEA. Desde 1960 hasta la fecha han cursado esta materia 189 alumnos y desde 1969 ha sido fijada como electiva dentro del plan de estudios de esa Facultad. Dentro de esta cátedra también se dicta un curso de Metodología de Radioisótopos cuyo detalle se dará en el párrafo 3.1.1.2. Desde 1969 el profesor que introdujo este curso ha pasado a ser investigador de dedicación exclusiva en la CNEA, pero sus alumnos, docentes de dedicación exclusiva, continúan el mismo ritmo de la cátedra.

En el Departamento de Física de la Facultad de Ingeniería de la UBA se dicta: Física Nuclear como materia regular de la carrera; cursos especiales de Física Nuclear y de Química Nuclear para grupos de 10 alumnos aventajados con inquietudes de investigación y un curso optativo de Metodología y Aplicaciones de Radioisótopos. Los profesores han pertenecido en alguna época de su carrera a la CNEA, mantienen el diálogo con los investigadores de la misma y utilizan sus instalaciones, realizan irradiaciones, etc.

Creemos que estos ejemplos evidencian que para introducir las ciencias y técnicas nucleares es fundamental el factor humano. El especialista convencido de la importancia de las ciencias nucleares, se esforzará por insertar el germen, pero para el crecimiento de estos gérmenes debe encontrar la manera de formar un grupo, mantener comunicación con otros grupos y disponer del uso del equipamiento necesario. En este sentido la función de la CNEA es primordial pues sirve como núcleo fijo para el intercambio humano y permite mantener el uso continuo de equipamiento.

En cuanto a las materias paranucleares o aquellas nuevas especialidades cuyo conocimiento es indispensable para el desarrollo nuclear, pueden citarse: Electrónica, Computación, Instrumentación, Física del Estado Sólido y Ciencia de los Materiales. Las tres primeras se dictan normalmente en las Universidades argentinas, la cuarta comienza a desarrollarse, pero hay un fuerte déficit en Ciencia de los Materiales.

2. EN LOS ESTUDIOS MEDIOS

2.1. Cursos de técnicos nucleares

A nivel técnico, las diferentes Gerencias de la CNEA dictan según los pedidos o necesidades, los siguientes cursos:

- 1) Curso de operadores de reactores, para egresados de escuelas industriales.
- 2) Curso básico de radioisótopos para técnicos.
- 3) Curso de protección radiológica para personal de la CNEA.
- 4) Curso de técnicos en Metalurgia para personal de la Gerencia de Tecnología o para la industria.

2.2. Conocimientos nucleares a introducir dentro de las materias básicas de la formación secundaria

La reforma de la enseñanza secundaria en nuestro país es acompañada por una actualización de los conocimientos de los profesores secundarios, que se realiza principalmente a través de los cursos organizados por el Instituto Nacional para el Estudio de las Ciencias (INEC). Merecen citarse los cursos de Física dictados en el IMAF de Córdoba y en la Facultad de Ingeniería de la UBA, entre los cuales hubo latinoamericanos, auspiciados por la OEA con becarios de países limítrofes. Estos cursos incluyen tópicos de física nuclear y la influencia de los profesores así formados sobre los jóvenes pudo verificarse en los trabajos presentados en la Feria de Ciencias realizada en Córdoba en 1969. Profesionales de CNEA, distrito Córdoba, colaboraron en esta tarea.

3. ENTRENAMIENTO Y CAPACITACION DE UNIVERSITARIOS EN LAS TECNICAS NUCLEARES

3.1. Sistema de reciclado para profesores, investigadores o ingenieros en ejercicio de la profesión ✓

3.1.1. Cursos de radioisótopos

Estos cursos merecen un párrafo aparte por dos razones principales: 1) por ser la actividad de entrenamiento más continua, variada y solicitada de la CNEA y 2) por haber dado origen al mayor número de cursos equivalentes en las Universidades nacionales.

3.1.1.1. Cursos dictados en la CNEA

Tienen por objeto promover el uso de radioisótopos y radiaciones ionizantes en las ciencias y tecnología argentinas, mediante la formación de profesio-

nales y técnicos capacitados en las diversas aplicaciones. Estos cursos tienen una gran demanda en el país, y sirven además para cumplimentar las normas vigentes sobre el uso de material radiactivo.

Comprenden en general, las siguientes materias: elementos de física nuclear, radiactividad; interacción de las radiaciones con la materia, detección de las radiaciones, dosimetría, radio protección; aspectos legales del uso de radioisótopos; producción, disponibilidad y comercialización de radioisótopos y sus aplicaciones.

El Cuadro No. VI resume los datos de los diferentes cursos de radioisótopos dictados por la CNEA.

El curso de aplicación de radioisótopos en la ingeniería e industria está destinado a la formación y capacitación de ingenieros y técnicos provenientes principalmente de las empresas privadas y se trata de un curso completo de aplicación industrial de radioisótopos. Tiene carácter intensivo, en el breve lapso de un mes, cubre una amplia variedad de temas y permite iniciar a los participantes en el uso de los equipos y técnicas nucleares más importantes. El Cuadro No. VII resume las estadísticas correspondientes.

CUADRO VI. CURSOS DE RADIOISOTOPOS DICTADOS POR LA CNEA

Nombre del curso	cursos dictados	alumnos
Metodología y aplicación de radioisótopos (dictados en Buenos Aires)	34	647
Aplicación de radioisótopos (dictados en el interior del país)	6	115
Aplicación de radioisótopos en ingeniería e industria	4	67
Dosimetría en radioterapia	<u>7</u>	<u>104</u>
Total:	51	933

CUADRO VII. CURSOS DE APLICACION DE RADIOISOTOPOS EN INGENIERIA E INDUSTRIA: ESTADISTICA DE ALUMNOS SEGUN ORIENTACION

Cursos	ingenieros	químicos	técnicos	otros	total
1º 1965	8	1	8	-	17
2º 1966	6	2	9	2	19
3º 1967	9	1	5	1	16
* 1969	4	4	7	-	15
Total	27	8	29	3	67

* Incluye la orientación de aplicación de radioisótopos en ingeniería e industria del curso dictado en Bahía Blanca en el año 1969.

CUADRO VIII. CURSOS DE METODOLOGIA Y APLICACION DE RADIOISOTOPOS DICTADOS EN BUENOS AIRES: ESTADISTICA DE ALUMNOS SEGUN ORIENTACION

Año	canti- dad	total alum.	médicos	biól.	ciencias agrarias	ingen.	quím.	téc.	otros
1958	4	53	44	-	3	1	4	1	-
1959	3	56	38	2	8	-	4	4	-
1960	3	54	39	-	3	1	6	4	1
1961	3	70	37	10	2	3	8	7	3
1962	3	63	31	2	4	-	11	14	1
1963	3	58	48	2	-	2	4	1	1
1964	2	31	17	3	2	1	6	2	-
1965	2	33	24	3	-	-	6	-	-
1966	2	34	15	5	-	1	11	2	-
1967	2	36	23	3	1	-	5	3	1
1968	2	44	29	2	2	2	6	2	1
1969	2	46	30	4	2	1	6	3	-
1970	2	47	30	2	-	2	12	1	-
1971	1	22	13	1	-	3	4	1	-
Total	34	647	418	39	27	17	93	45	8

CUADRO IX. CURSOS DE APLICACION DE RADIOISOTOPOS DICTADOS EN EL INTERIOR DEL PAIS: ESTADISTICA DE ALUMNOS SEGUN ORIENTACION

Lugar y año	total alum.	médicos	biól.	ciencias agrarias	ingen.	quím.	téc.	otros
Córdoba* 1960	14	11	3	-	-	-	-	-
Mendoza* 1960	14	12	-	-	2	-	-	-
Salta* 1960	12	6	-	-	2	2	-	2
Tucumán** 1968	19	4	2	2	2	9	-	-
Bahía Blanca*** 1969	30	7	3	3	4	6	7	-
San Juan**** 1970	26	-	-	1	11	1	1	12
Totales	115	40	8	6	21	18	8	14 geólogo

* Cursos dictados con el laboratorio móvil del OIEA.

** Curso orientado hacia la biología y bioquímica. .

*** Curso que comprendió una parte básica general y luego se dividió en tres orientaciones de aplicación: industrial, biológica y agronómica.

**** Primer curso de Aplicación de Radioisótopos en Hidrología dictado en el país.

El llamado Curso de Metodología y Aplicación de Radioisótopos es un curso básico de carácter general, fundamentalmente orientado hacia la bioquímica y medicina en el cual pueden también participar químicos, ingenieros, agrónomos y veterinarios. Los Cuadros No. VIII y IX muestran que este curso se dicta dos o tres veces por año (con una duración aproximada de dos meses) y las orientaciones con que ha sido pedido en el interior del país.

Se advierte que el curso básico normal sirve para componer cursos especiales que llenen los requerimientos regionales específicos. A partir de 1964 se dictaron, además, 7 cursos de dosimetría en radioterapia (uno por año) a los cuales asistieron 104 alumnos, todos médicos, a excepción de un ingeniero y un físico.

3.1.1.2. Cursos de Metodología de radioisótopos dictados en las Universidades

Estos cursos se originaron en el curso similar dictado por la CNEA, o por iniciativa de profesionales de CNEA que actúan en la Universidad.

- 1) Facultad de Farmacia y Bioquímica de la UBA. El Cuadro No. X indica la distribución de alumnos según orientación. A este curso nos hemos referido ya en el párrafo 1.3.
- 2) Facultad de Ingeniería UBA. Se dictan esporádicamente a partir de 1961 en el Departamento de Física. (Ver párrafo 1.3.)
- 3) Facultad de Ingeniería de la UN Sur. Se dictará a partir de 1971 un curso similar al dictado por la CNEA en 1969. (Cuadro No. IX)
- 4) Facultad de Ingeniería, UN Rosario. Se dicta a partir de 1970.
- 5) Facultad de Ingeniería Química, UN Litoral. Se dictó un curso con orientación industrial en el año 1962.

CUADRO X. CURSOS DE METODOLOGIA DE RADIOISOTOPOS DICTADOS EN LA FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUIMICA DE LA UBA: ESTADISTICA DE ALUMNOS SEGUN ORIENTACION

Año	Bioquím.	Farmacia	Química	Medicina	Auxiliares	Becarios	Total
1962	8	-	1	-	8	-	17
1963	8	3	-	1	6	1	19
1964	10	-	7	1	3	-	21
1965	7	1	2	2	1	-	13
1966	13	-	1	1	-	-	15
1967	11	-	4	1	3	-	19
1968	10	-	2	6	1	2	21
1969	17	3	2	3	1	-	26
1970	14	1	-	4	4	-	20
Total	98	8	19	16	27	3	171

3.1.2. Cursos de Metalurgia

Complementando los Cursos Panamericanos de Metalurgia, la Gerencia de Tecnología organiza dos tipos de cursos de reciclado: 1) de introducción o para profesionales de la industria metalúrgica, destinados a suministrar los conocimientos fundamentales indispensables para racionalizar los conceptos metalúrgicos adquiridos en la práctica industrial y 2) de actualización destinados a tratar en profundidad temas muy específicos reuniendo a los especialistas que trabajan en diferentes laboratorios, institutos o universidades [3]. Los Cuadros XI y XII resumen los datos de estos cursos.

3.2. Creación de centros especializados y promoción de las aplicaciones industriales

La CNEA promueve y desarrolla la aplicación de radioisótopos y radiaciones ionizantes en el país [4]. Así, en Medicina y Biología, contribuye a mantener un Centro de Medicina Nuclear en el Hospital Escuela de la Facultad de Medicina de la UBA. En este Centro no solamente los alumnos médicos completan su entrenamiento en Medicina Nuclear, sino que un grupo de investigadores sostenido por la CNEA desarrolla y pone a punto técnicas radioisotópicas de utilidad en las distintas ramas de la medicina. La CNEA suministra material

CUADRO XI. CURSOS DE INTRODUCCION DICTADOS POR LA GERENCIA DE TECNOLOGIA

Curso	año	profe- sor	alumnos					
			arg.	extr.	total	CNEA	univ.	ind.
Técnicas modernas en metalografía	1960	Arg.	10	2	12	-	4	8
"	1961	"	17	-	17	-	-	17
"	1962	"	18	-	18	-	-	24
Metalografía de no ferrosos	1964	"	24	-	24	-	-	24
Trabajado plástico de metales	"	"	20	-	20	-	-	20
Tratamientos térmicos	** 1966	"	24	-	24	-	-	24
Téc. modernas en metalurgia	"	"	15	-	15	1	3	11
Metalografía	*** 1967	"	19	-	19	-	-	19
Intr. a la metalurgia moderna	"	"	14	2	16	3	4	9
Soldadura	"	UK	12	5	17	14	3	-
Ensayos no destructivos	1968	"	14	4	18	9	3	6
Corrosión	"	USA	11	11	22	12	8	2
Maquinado de metales	"	"	13	-	13	8	1	4
Soldadura	"	UK	6	4	10	6	2	2
Fractura	1970	"	5	9	14	5	3	6
Materiales y diseño	"	"	9	14	23	19	3	1
Teoría y tecnología de la laminación	"	USA	14	14	28	23	2	3
Intr. a los proc. metalúrgicos	"	UK	8	9	17	11	4	2
Intr. a la microscopía electrónica	"	Arg.	19	1	20	13	7	-
Total 19 cursos			272	75	347	124	47	176

* Dictado en la Facultad de Ingeniería Química de la UN Santa Fe.

** Dictado en Dálmine S. A. Campana.

*** Dictado en Altos Hornos Zapla, Jujuy.

CUADRO XII. CURSOS DE ACTUALIZACION DICTADOS POR LA GERENCIA DE TECNOLOGIA

Curso	año	profe sor	alumnos			CNEA	univ.	ind.
			arg.	extr.	total			
Transf. controladas por difusión	1969	USA	10	1	11	6	5	-
Mecánica del continuo I	"	Urug.	19	1	20	6	14	-
Microsonda electrónica	1970	USA	5	-	5	5	-	-
Desarrollos recientes en comporta miento mecánico de materiales	"	"	7	1	8	7	1	-
Análisis de fallas	"	"	14	8	22	10	1	11
Métodos de Fourier en física de me tales	"	"	6	-	6	6	-	-
Microscopía electrónica	"	Franc.	10	1	11	7	4	-
Corrosión	"	USA	10	7	17	9	8	-
Mecánica del continuo II	"	Arg.	17	1	18	4	14	-
Total 9 cursos			98	20	118	60	47	11

radiactivo en forma gratuita o con descuentos que pueden alcanzar hasta el 90% de los precios de catálogos, a alrededor de 25 instituciones de bien público que trabajan sin fines de lucro, en las ciudades de Bahía Blanca, Buenos Aires, Córdoba, Corrientes, Haedo, La Plata, Mendoza, Vicente López, etc. Además existen convenios con el Laboratorio de Radioisótopos de la UN Sur, el Hospital Nacional de Clínicas de la UN Córdoba y el Centro de Radiobiología de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la UBA, por los cuales se apoyan todos aquellos trabajos que implican la aplicación de material radiactivo en las ciencias biológicas.

Además de los cursos de Aplicación de Radioisótopos en la Ingeniería e Industria mencionados en 3.1. la CNEA promueve y lleva a cabo una tarea de formación de profesionales en esta área. Así por ejemplo los primeros servicios de gammagrafía industrial fueron realizados por la CNEA, pero hoy existen más de 90, entre empresas y profesionales, autorizados para realizar este trabajo en forma comercial. Los medidores de espesor para metales laminados, papel y plástico también han sido desarrollados por la CNEA y ahora son producidos por las firmas de plaza. Actualmente existen 50 calibradores nucleares (medidores de espesor, nivel, densidad y humedad) funcionando en unas 27 empresas [5, 6].

En este sentido, la política de la CNEA ha sido la de producir los prototipos de los equipos nucleares, entrenar y capacitar a los futuros usuarios y luego facilitar su transferencia a la industria privada.

La CNEA realiza además adiestramiento en técnicas específicas o en el uso de radioisótopos en determinados campos de la ciencia (Medicina, Biología, Hidrología, Explotación de minerales, etc.). Estos períodos de adiestramiento tienen en general corta duración (4 a 5 semanas) y se programan de acuerdo a la demanda de potenciales interesados o a la necesidad de promover una aplicación o técnica particular. Así se han desarrollado aplicaciones como: determinación de pérdidas o fugas de líquidos o gases, en cañerías; mediciones

CUADRO XIII. BECARIOS EXTRANJEROS RECIBIDOS POR LA CNEA PARA REALIZAR CURSOS O ENTRENAMIENTO EN METALURGIA O RADIOISOTOPOS

País de origen	Nº de becarios*	Actividad
Bolivia	5	alumnos Curso Panamericano de Metalurgia (CPM)
	1	adiestramiento en Metalurgia
	5	adiestramiento en Radioisótopos
Brasil	9	alumnos CPM
	11	adiestramiento en Metalurgia
	2	adiestramiento en Radioisótopos
Colombia	14	alumnos CPM
	3	adiestramiento en Metalurgia
Chile	10	alumnos CPM
	9	adiestramiento en Metalurgia
	6	adiestramiento en Radioisótopos
Ecuador	4	alumnos CPM
	4	adiestramiento en Radioisótopos
El Salvador	1	alumno CPM
	1	adiestramiento en Radioisótopos
España	1	alumno CPM
EE. UU.	3	alumnos CPM
Filipinas	1	adiestramiento en Radioisótopos
Guatemala	1	adiestramiento en Radioisótopos
Haití	1	alumno CPM
Honduras	2	alumnos CPM
México	10	alumnos CPM
	1	adiestramiento en Radioisótopos
Nicaragua	1	alumno CPM
	1	adiestramiento en Radioisótopos
Panamá	2	adiestramiento en Radioisótopos
Paraguay	6	adiestramiento en Radioisótopos
Perú	7	alumnos CPM
	1	adiestramiento en Metalurgia
	1	adiestramiento en Radioisótopos
República Dominicana	1	alumno CPM
Uruguay	2	adiestramiento en Metalurgia
	8	adiestramiento en Radioisótopos
Venezuela	5	alumnos CPM
	1	adiestramiento en Metalurgia
	6	adiestramiento en Radioisótopos
Total	147	

* Organismos que otorgaron becas: OIEA: 14; OEA: 67; CNEA: 35; Otros: 31.

CUADRO XIV. CURSOS DE METALURGIA O RADIOISOTOPOS DICTADOS POR LA CNEA EN PAISES LATINOAMERICANOS

Lugar	Año	Actividad	Organismo patrocinante	Colaboración
Bolivia, La Paz	1963	Entrenamiento en radioisótopos	OIEA	1 profesor, folletos
Santa Cruz	1963	Entrenamiento en radioisótopos	OIEA	1 profesor, folletos
La Paz	1965	Aplicación de radioisótopos en medicina	OIEA-CNEA	3 profesores
Brasil, San Pablo	1965	Trabajo mecánico de metales	ABM-CNEA	1 profesor
"	1967	Adiestramiento en marcación de moléculas	OIEA-CNEA	1 profesor
São Jose dos Campos	1970	Corrosión	PMM-OEA	1 profesor, apuntes
"	1970	Comportamiento mecánico de materiales	PMM-OEA	1 prof. 2 ayud. apuntes.
Ouro Preto	1970	Cristalografía y difracción de rayos X	PMM-OEA	1 profesor, apuntes
São Jose dos Campos	1970	Transformación de fase y tratamientos térmicos	PMM-OEA	1 profesor
"	1971	Deformación plástica	PMM-OEA	1 profesor
Colombia, Bogotá	1965	Radioisótopos	OIEA	2 profesores
México, México	1968	Adiestramiento en marcación de moléculas	OIEA-CNEA	1 profesor
"	1969	Aplicación industrial de radioisótopos	OIEA-CNEA	1 profesor
"	1969	Adiestramiento en manejo y mantenimiento de la microsonda electrónica	PMM-OEA	1 ingeniero
"	1970	Transformación de fase y tratamientos térmicos	PMM-OEA	1 profesor
Paraguay, Asunción	1969	Aplicación y manejo de radioisótopos	OIEA-CNEA	1 profesor
Perú, Lima	1971	Curso latinoamericano de laminación de hierro y acero	PMM-OEA	asesoramiento, 2 ayud. apuntes
Uruguay, Montevideo	1961	Aplicación y manejo de radioisótopos	OIEA-CNEA	10 prof. material radioactivo y didáctico

de caudales en ríos o canales; desgaste de motores; aplicaciones hidrológicas, como el registrador de nieve para medir espesores de nieve en la cordillera de Los Andes; estudios del transporte de sedimentos en costas marítimas y en el Río de La Plata; tiempo de permanencia en secadores rotativos; análisis por activación; inventarios de masas de mercurio en celdas electrolíticas; ubicación de raspadores en grandes cañerías subterráneas; estudios con trazadores radiactivos en la industria metalúrgica, etc.

Las aplicaciones en otras áreas, así como el uso de las radiaciones para preservar alimentos, polimerización de plásticos, estudios de efectos químicos y bioquímicos de las radiaciones, dosimetría de campos de radiación, esterilización industrial y dosimetría para radioterapia, etc., son promovidas también por la CNEA. Es oportuno indicar que se ha creado un Centro Regional de Referencia para patrones secundarios de dosimetría, con asiento en el Centro Atómico de Ezeiza, por convenio entre la Organización Mundial de la Salud y la CNEA. El mismo estará destinado a la calibración de instrumental que se utiliza en radioterapia, desarrollo, investigación y capacitación en temas de la especialidad y asesoramiento para todos los países del área regional latinoamericana.

También se está desarrollando una pequeña industria electrónica nuclear íntegramente argentina, creada por profesionales iniciados originalmente en la CNEA. Unas tres firmas se dedican a la fabricación local de equipos e instrumentos nucleares, tales como escalfímetros, integradores, fuentes de alta tensión, medidores de espesor, humedad, nivel y densidad, centellógrafos, etc.

3. INTERCAMBIO CON LOS PAISES LATINOAMERICANOS

La CNEA ha establecido una activa colaboración con los países latinoamericanos en el área de enseñanza y adiestramiento, principalmente para: 1) la recepción de becarios y 2) el envío de profesores. Para resumir consideramos sólo dos especialidades: Radioisótopos y Metalurgia, dejando constancia que las otras especialidades mantienen una actividad parecida.

En el Cuadro No. XIII se citan los becarios extranjeros recibidos por la CNEA en las dos áreas mencionadas. Se observa que se han perfeccionado en la CNEA 145 profesionales de 17 países latinoamericanos (sin contar España, EE. UU. y Filipinas). Esto significa que se han establecido vínculos profesionales muy importantes, que hay nuevos núcleos en América Latina capaces de comunicarse con sus colegas argentinos a través de un mismo idioma y un mismo nivel de conocimientos y que se conocen además las posibilidades de otros países pudiéndose establecer colaboraciones efectivas.

El Cuadro No. XIV resume los cursos dictados por personal de la CNEA en países latinoamericanos: 18 cursos en 7 países; hay que destacar que estas actividades facilitan también el intercambio bibliográfico.

Favorecen también la comunicación y el intercambio las reuniones internacionales, como la realizada en 1966 por el grupo de estudios de expertos en Radiofísica Sanitaria, con el auspicio del OIEA, la CNEA, la OSP y la CIEN. Reunión en la que participaron expertos de diversos países americanos y ex-

ertos internacionales, y la Reunión Sudamericana de Protección Radiológica, organizada por la CNEA en 1969, en la que participaron invitados americanos que trabajan en la especialidad en los siguientes países: Ecuador(1), Paraguay (1), Brasil(4), Uruguay(1), Venezuela(1), Perú(1), Bolivia(1), EE. UU. de Norteamérica(1 experto invitado), o el Curso Regional de Capacitación en la prospección de Uranio realizado en Buenos Aires en septiembre-octubre de 1969, con auspicio de OIEA/CNEA.

CONCLUSIONES

Del análisis de todo lo anterior surge que el factor fundamental para la rápida introducción de la Ciencia y la Tecnología Nucleares en la vida productiva de un país es contar con un plantel de profesionales numeroso y que cubra un amplio rango de especialidades. Parece imprescindible que este plantel se forme con métodos propios, adaptados a las necesidades y posibilidades de cada país, en las Comisiones de Energía Nuclear, o en las de países similares. Estas Comisiones favorecerían la difusión de los conocimientos nucleares permitiendo la dispersión de los expertos que formen en exceso y facilitando el uso de su valioso equipamiento. Sólo cuando se disponga de profesores en número suficiente para dirigir investigaciones, programar carreras nucleares, dictar cursos especiales dentro de programas comunes, dictar cursos para profesores secundarios, planear el reciclado y adiestramiento de médicos, ingenieros y técnicos, podrá valorarse toda la real importancia de las Ciencias y la Tecnología Nucleares en la vida productiva del país.

AGRADECIMIENTOS

Las tareas de enseñanza y adiestramiento, realizada por hombres y dirigida hacia hombres, presenta variedades y alternativas inesperadas como todo comportamiento humano. Para que la tarea sea exitosa debe tenerse capacidad para solucionar a cada momento la aparición de problemas no previstos. Por eso queremos agradecer muy especialmente a todos los colaboradores anónimos que de cualquier manera ayudan a cumplir compromisos y horarios, a todos los subsidios flexibles que permiten, por ejemplo, imprimir antes de una clase el apunte que el profesor preparó sobre la hora; comprar en 24 horas los reactivos necesarios para una práctica que se acaba de idear, o pagar un viaje de 800 km a un profesor que viene de 10 000 km, pues conversando con él se descubre que interesa al colega que trabaja en ese laboratorio aislado del interior, o de un país vecino.

REFERENCIAS

- [1] LIBANATI, Nelly A. de, II Conf. Interam. Tecn. Mater., Centro Regional de Ayuda Técnica, México (1970) 100.
- [2] LIBANATI, Nelly A. de, SABATO, J. A., I Conf. Interam. Tecn. Mater., ASME, Nueva York (1968) 392.
- [3] LIBANATI, Nelly A. de, I Conf. Interam. Tecn. Mater., ASME, Nueva York (1968) 331.
- [4] BARO, G. B., FLEGENHEIMER, J. C., Survey of Radioisotope Applications in Latin America, *Isotop. Radiat. Technol.* 7 4 (1970) 465.
- [5] *Industrial Radioisotope Economics*, Techn. Rep. Ser. No. 40 OIEA, Viena (1965) 21.
- [6] BARO, G. B., CASTAGNET, A., Estado actual y perspectivas de aplicación de radioisótopos en la industria argentina, CNEA, EN 9/16 (1970).