

Acuerdo de Cooperación Regional para la Promoción de la Ciencia y la Tecnología Nucleares en América Latina y el Caribe



ARCAL

Fase II
1990/1994

Organismo Internacional de Energía Atómica



XV ANIVERSARIO DEL PROGRAMA ARCAL

Introducción	3
Protección Radiológica	6
Instrumentación Nuclear	9
Técnicas Analíticas Nucleares	12
Producción Pecuaria	15
Radioinmunoanálisis de Hormonas Tiroideas	17
Producción y Control de Radiofármacos	19
Aplicaciones Industriales de la Tecnología Nuclear	21
Aplicación de Técnicas de Trazadores a Fugas en Presas y Embalses	24
Conclusión	25
Orientaciones Futuras	26

Introducción

El Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) es el responsable, dentro del sistema de las Naciones Unidas, de fomentar la utilización de la energía nuclear en el marco de los esfuerzos nacionales y regionales de sus Estados Miembros encaminados a favorecer un desarrollo económico y social sostenible. En la región de América Latina y el Caribe la tecnología nuclear se aplica ya en numerosas esferas, y ha ayudado a mejorar la calidad de vida de los habitantes de la región en diversos ámbitos.

Los proyectos regionales de cooperación técnica promovidos por el Organismo han adquirido considerable importancia en América Latina y el Caribe, especialmente en las esferas de interés común tales como: protección radiológica, seguridad nuclear, sanidad humana, agricultura, hidrología, industria, ciencias físicas y químicas, información nuclear, y el mantenimiento y reparación de instrumentos nucleares.

El Programa ARCAL fue concebido, desde su inicio, como un mecanismo para la promoción de la cooperación regional en el uso pacífico de la energía nuclear, en particular de las aplicaciones nucleares, con el fin de resolver problemas tecnológicos comunes a los países de la región.

En estos momentos, un total de 19 países latinoamericanos y caribeños participan en las actividades de ARCAL. Estos países son los siguientes: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Jamaica, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana, Uruguay y Venezuela.

Objetivos fundamentales del Programa ARCAL

Los objetivos fundamentales de ARCAL son:

- a) Promover el desarrollo de la ciencia y tecnología nucleares con fines pacíficos en los países latinoamericanos y caribeños, y

b) Promover la cooperación técnica entre los países de la región en las distintas esferas relacionadas con el uso pacífico de la energía nuclear, particularmente en sanidad humana, seguridad nuclear y protección radiológica, hidrología, agricultura, energía, industria, ciencias físicas y químicas, información nuclear y el mantenimiento y reparación de instrumentos nucleares.

Otros objetivos del Programa ARCAL

Además de los objetivos fundamentales de ARCAL descritos anteriormente, existen otros objetivos que se desean alcanzar en el marco del Programa. Estos objetivos pueden resumirse de la manera siguiente:

- a) Ampliar las relaciones de cooperación y asistencia mutua entre las instituciones nucleares y otras instituciones de la región, así como entre el personal técnico de dichas instituciones;
- b) Utilizar las instalaciones nucleares y otras instalaciones, así como la infraestructura existente en los países que participan en el Programa, en la ejecución de los proyectos aprobados;
- c) Identificar problemas comunes a los países de la región que pudieran resolverse mediante una cooperación mutuamente beneficiosa entre los países interesados;
- d) Capacitar expertos utilizando la infraestructura existente, ya sea mediante cursos regionales de capacitación organizados como parte del Programa, o mediante cursos nacionales de capacitación organizados a nivel local;
- e) Producir equipo y materiales nucleares conjuntamente con los países que poseen la tecnología e infraestructura necesarias, y promover actividades conjuntas de ese tipo entre los países interesados;
- f) Mantener y reparar equipos e instrumentos nucleares en las instalaciones existentes en la región;
- g) Facilitar el intercambio de experiencias en el desarrollo de la energía nuclear entre los países participantes.

Primera fase de ARCAL

La primera fase del Programa ARCAL se desarrolló durante el período 1985 a 1989,

y tuvo como objetivo principal la definición y ejecución, por parte de los Estados participantes en el Programa con la asistencia del OIEA, de varios proyectos concebidos para atender a sus necesidades más inmediatas. Estos proyectos abarcaron varias esferas de aplicación tales como la protección radiológica, la instrumentación nuclear, las técnicas analíticas, el uso de reactores de investigación, la información nuclear, así como la utilización de las técnicas nucleares en la medicina, la agricultura, la ganadería, la alimentación, la hidrología y en la búsqueda de fuentes de energía renovables. En esta primera fase el objetivo más importante a alcanzar era la transferencia de tecnología en poder de los países más avanzados de la región en el campo nuclear hacia los menos desarrollados, mediante un sistema cooperativo abierto a la participación de todos los países, con arreglo a sus intereses particulares.

Esta fase contribuyó significativamente a mejorar la infraestructura de los Estados participantes en el Programa en las esferas señaladas anteriormente. Los objetivos, metas y principales logros alcanzados durante la primera fase de ARCAL se indican en un folleto (IAEA/PI/A26S 90-03800) publicado por el OIEA en diciembre de 1990.

Segunda fase de ARCAL

La segunda fase del Programa ARCAL se desarrolló durante el período 1990 a 1994 y se centró en la utilización, mediante aplicaciones concretas, de la infraestructura creada o mejorada en cada país de la región en la primera fase. En esta segunda fase se ejecutaron los siguientes proyectos:

ARCAL I, fase II : Protección radiológica

ARCAL II, fase II : Instrumentación nuclear

ARCAL III, fase II: Producción pecuaria

ARCAL IV : Técnicas analíticas nucleares

ARCAL VIII-A : Radioinmunoanálisis de hormonas tiroideas

ARCAL XV : Producción y control de radiofármacos

ARCAL XVI : Aplicaciones industriales de la tecnología nuclear

ARCAL XVIII : Aplicación de técnicas de trazadores a fugas de presas y embalses

En la tabla 1 se indica los recursos asignados al Programa ARCAL y sus principales fuentes de financiamiento durante las fases I y II.

El presente folleto tiene el propósito de presentar información detallada acerca de las actividades realizadas durante la segunda fase de ARCAL en relación con proyectos en las esferas de la agricultura, la sanidad humana, la industria, las aplicaciones nucleares y el medio ambiente.

Tabla N° 1 Recursos del Programa ARCAL durante las fases I y II (En dólares de los EE.UU.)				
Año	OIEA	Países Donantes	Contribución Estados Participantes	Total
Fase I				
1984	--	--	--	--
1985	916.744	42.750	478.080	1.437.574
1986	906.257	199.186	783.053	1.888.496
1987	1.075.396	539.061	1.146.691	2.761.148
1988	1.310.473	432.197	1.427.872	3.170.542
1989	1.221.385	543.053	1.398.956	3.163.394
Subtotal	5.430.255	1.756.247	5.234.652	12.421.154
Fase II				
1990	1.503.643	572.335	1.365.223	3.441.201
1991	1.347.402	809.773	1.254.837	3.412.012
1992	1.547.317	273.513	1.585.620	3.406.450
1993	1.189.989	296.833	1.637.212	3.124.034
1994	1.389.594	146.411	1.382.845	2.918.850
Subtotal	6.977.945	2.098.865	7.226.737	16.302.547
Total	12.408.200	3.855.112	12.461.389	28.723.701

Protección radiológica



Con el fin de fomentar la cooperación multilateral en la esfera de la protección radiológica en los países de la región de América Latina y el Caribe, y de promover la armonización de las prácticas de protección radiológica, desde 1985 se incluyó en el Programa ARCAL un proyecto plurianual. Este proyecto regional se diseñó con el fin de complementar, pero no de reemplazar, la cooperación técnica en el marco de los proyectos nacionales o interregionales del OIEA. La fase I de este proyecto se ejecutó durante el período 1985-1989.

Durante el tiempo de ejecución de la fase II de este proyecto, que abarcó el período 1990-1995, el número de países participantes aumentó de 15 a 17.

Entre los recursos suministrados para la ejecución de las actividades realizadas en el marco de este proyecto figuraron, además de la asistencia prestada por el OIEA en forma de expertos, becas y equipo, el suministro de servicios de expertos por parte de la Argentina, Brasil y México, así como por parte de otros países de la región en los casos en que

fue necesario. En lo que atañe a la seguridad radiológica en la práctica médica, la Organización Panamericana de la Salud (OPS) también prestó asistencia al proyecto en forma de conferenciantes y becas.

En el momento de la iniciación de este proyecto se había establecido un sistema de Coordinadores de Proyecto que, en el marco de talleres celebrados bianualmente, examinaron los temas de interés común, elaboraron los programas de trabajo en relación con las actividades de cooperación, y vigilaron la ejecución del proyecto. Este mecanismo permitió un enfoque sistemático de la evaluación de los temas de interés común, y la formulación de las tareas y planes de trabajo. El OIEA y la OPS contribuyeron a dichos talleres mediante la prestación de asesoramiento técnico.

Las actividades del proyecto abarcaron una amplia gama de tareas, generalmente una docena por año, incluidas la organización de dos congresos regionales, un seminario y varios cursos regionales de capacitación, el apoyo a la capacitación a nivel nacional

mediante servicios de conferencistas provenientes principalmente de países de la región, la realización de estudios coordinados de temas seleccionados relacionados con la protección radiológica y otras tareas.

Entre las actividades más destacadas realizadas en el marco de este proyecto, figuraron dos importantes congresos regionales sobre seguridad nuclear y radiológica, celebrados en Buenos Aires (Argentina) y en Zacatecas (México) en 1991 y 1993, respectivamente, a los que asistieron varios cientos de científicos de la región de América Latina. Estos congresos también contaron con el apoyo de la Asociación Internacional de Protección Radiológica (AIPR) y de las asociaciones nacionales de protección radiológica de los países de la región.

En un seminario regional celebrado en el Ecuador, en 1993, se examinaron las consecuencias prácticas de las últimas recomendaciones sobre protección radiológica, publicadas por la Comisión Internacional de Protección Radiológica (CIPR) en 1990.

En la fase II de este proyecto se organizaron cursos de capacitación sobre los siguientes temas especializados relacionados con la protección radiológica:

- Gestión de emergencias radiológicas;
- Explotación segura de instalaciones industriales de irradiación;
- Dosimetría por termoluminiscencia;
- Dosimetría clínica y seguridad radiológica;
- Establecimiento de programas de vigilancia ocupacional;
- Medición de muestras ambientales.

Para la realización de los estudios coordinados de temas seleccionados relacionados con la protección radiológica, se requirieron escasos recursos financieros. El intercambio de información entre los expertos locales se realizó inicialmente por correspondencia. Ulteriormente, los expertos se reunieron en talleres regionales para examinar sus conclusiones y compilar un informe exhaustivo. Entre los temas abarcados por dichos estudios figuraron:

- Criterios de reglamentación en materia de protección radiológica;
- Dosimetría individual en caso de exposición a la radiación externa;
- Estimación de dosis debidas a la contaminación interna;
- Dosimetría citogenética;
- Seguridad en la disposición final de fuentes de radiación médicas e industriales.

Otras actividades realizadas en el marco de este proyecto fueron:

- Iniciación de misiones de Equipo de Asesoramiento en Protección Radiológica (RAPAT) a dos países (Uruguay y Bolivia);
- Prestación de asistencia especial, en el marco de los proyectos piloto, a dos países (Guatemala y Costa Rica);
- Suministro de equipo de protección radiológica.

Las actividades del proyecto se resumieron, en español, en el boletín sobre protección radiológica denominado "Boletín ARCAL Protección Radiológica", que el Perú prepara y publica periódicamente. En 1994 se publicaron tres ediciones de este boletín, de 3.000 ejemplares cada una.



El proyecto permitió intensificar los contactos entre profesionales, la comunicación entre científicos y el intercambio de experiencias entre los expertos en protección radiológica de la región. También permitió comprender mejor las cuestiones y medidas de seguridad radiológica, y promovió un nivel común de entendimiento de la protección radiológica. Asimismo, contribuyó a la difusión de los conocimientos especializados existentes en la región, así como de los conocimientos técnicos en materia de seguridad radiológica que son un requisito previo e indispensable para la transferencia de tecnología nuclear.

La contribución de este proyecto al fortalecimiento de las infraestructuras nacionales de seguridad y la armonización de los enfoques y procedimientos de protección radiológica en la región, se hizo cada vez más evidente, a medida que fueron progresando las actividades de cooperación. Muchos de los profesionales que ocupan cargos de responsabilidad en la esfera de la seguridad radiológica en los países más pequeños de la región han participado en por lo menos uno de los cursos de capacitación organizados en el marco de este proyecto.

Se considera que la experiencia adquirida en la ejecución de este proyecto ha sido muy positiva. No cabe duda de que el proyecto fomentó la cooperación regional en la esfera de la seguridad radiológica, demostrando que se pueden economizar recursos mediante el aprovechamiento óptimo de los conocimientos especializados en materia de capacitación, investigación y desarrollo existentes a nivel regional.

El proyecto también condujo al establecimiento de un proyecto subregional sobre el fortalecimiento de la protección radiológica en la práctica médica de los países de América Central y el Caribe, que contó con el apoyo de la OPS y los Estados Unidos.

A fines de 1993, se habían realizado considerables progresos en la mejora de las infraestructuras de protección radiológica existentes en la mayoría de los países participantes en el Programa ARCAL. No obstante, las nuevas recomendaciones internacionales requerían la continua actualización de las reglas y normas de protección radiológica. También era necesario seguir realizando esfuerzos por establecer procedimientos de reglamentación uniformes a nivel regional. Además, debía asegurarse que los servicios de protección radiológica se atuvieran a las recomendaciones internaciona-

les, y tuvieran un alto grado de calidad técnica con el fin de que pudieran ser eficaces y eficientes. Por lo tanto, en 1994 se inició un nuevo proyecto sobre protección radiológica titulado "Marco jurídico de protección radiológica" (ARCAL XVII).

Los objetivos generales y particulares de este proyecto eran los siguientes:

- Promover, en los países de la región, la adopción de las normas básicas de protección radiológica sobre la base de las últimas recomendaciones de la CIPR;
- Promover, en los países de la región, el establecimiento de infraestructuras de reglamentación que permitieran a dichos países desempeñar sus funciones esenciales mediante procedimientos armonizados para toda la región;
- Preparar y promover la aplicación de directrices sobre los procedimientos técnicos aplicables a aquellos aspectos de la protección radiológica que se consideraba que eran de "interés común", tales como el movimiento transfronterizo de las fuentes, y la gestión de los desechos y las fuentes gastadas.

Este proyecto fue de gran asistencia para las autoridades nacionales que deseaban mejorar las normas, reglas y procedimientos de control previstos en sus programas nacionales de protección radiológica. Los resultados de estas actividades fueron:

- La disponibilidad de orientaciones para la interpretación (aplicación práctica) de las nuevas recomendaciones;
- La determinación de las necesidades mínimas de revisión de las normas nacionales de protección radiológica;
- La creación de oportunidades para el intercambio de experiencias entre los órganos reguladores, incluida información sobre los instrumentos jurídicos y los procedimientos de reglamentación conexos;
- El establecimiento, a nivel regional, de prácticas y procedimientos de reglamentación armonizados, compatibles con la práctica internacional en la esfera de la vigilancia de la seguridad radiológica.

Los resultados del proyecto ARCAL XVII se presentarán en el folleto sobre la fase III de ARCAL que el OIEA publicará en un futuro cercano.

No obstante los avances alcanzados en la ejecución de este proyecto, la situación relacionada con la protección radiológica en algunos países de la región no era aún satisfactoria.

Instrumentación Nuclear

En las primeras etapas del Programa AR-CAL se inició un proyecto sobre instrumentación nuclear. Su objetivo fue establecer y desarrollar una capacidad nacional y regional ampliada para la manipulación, mantenimiento, reparación, diseño y fabricación de instrumentos nucleares, mediante la creación de centros nacionales de instrumentación y electrónica nucleares.

La segunda fase del proyecto comenzó a principios de 1991, y se caracterizó por el empleo de la infraestructura establecida o mejorada en la primera fase. Además, como resultado de los progresos obtenidos en la esfera de la instrumentación nuclear, se abordaron nuevos aspectos como

el uso de microprocesadores y computadoras personales en mediciones asociadas a la esfera nuclear, y la interfaz y elaboración de programas informáticos apropiados, junto con una capacitación intensiva.

Los principales objetivos del proyecto fueron los siguientes:

- Promover el uso de la instrumentación nuclear en la región mediante la organización de actividades de capacitación y talleres;
- Establecer centros regionales para la capacitación de grupos en esferas determinadas;
- Suministrar componentes electrónicos (servicio de suministro de piezas de repuesto);



- Establecer una base de datos sobre manuales de servicio para instrumentación nuclear;
- Diseñar, desarrollar y producir algunos dispositivos electrónicos nucleares especializados;
- Promover cursos nacionales de capacitación;
- Establecer al menos un laboratorio de electrónica nuclear en cada uno de los países de la región.

La necesidad de contar con ingenieros y técnicos bien adiestrados para fines específicos, hizo que se fortaleciera la capacitación en la esfera de la instrumentación nuclear mediante cursos y talleres regionales de capacitación. En total, se celebraron tres cursos de capacitación, un seminario y ocho talleres regionales. También se celebraron seis cursos nacionales de capacitación sobre temas concretos de importancia para determinados países. De esta forma, recibieron capacitación un total de 117 profesionales y técnicos en diversas esferas, lo que contribuyó considerablemente a elevar el nivel técnico del personal de instrumentación y electrónica de los países miembros del ARCAL. Los costos totales de estas actividades de capacitación superan la cifra de 329 000 dólares. Para estas actividades de capacitación, que llevaron a la preparación de 12 guías, el Organismo envió 15 expertos (seis de la región y nueve de Europa).

En el marco del proyecto, se establecieron tres centros regionales en Brasil, México y Colombia; y

a las instituciones participantes se suministró equipo de laboratorio, piezas de repuesto y componentes electrónicos valorados en más de 270 000 dólares. Estos centros son los siguientes:

- Centro regional de capacitación en reparación y mantenimiento de analizadores multicanal y electrónica digital (IEN, Río de Janeiro, Brasil);
- Centro regional de capacitación en reparación y mantenimiento de cámaras gamma (IAEN, Bogotá, Colombia) /;
- Centro regional de capacitación en reparación y mantenimiento de detectores de radiación nuclear e instrumentación nuclear analógica (ININ, México D.F., (México)).

Como resultado de la ejecución del proyecto, se establecieron más de 10 laboratorios nacionales de electrónica nuclear, con la tarea fundamental de prestar apoyo en la reparación y mantenimiento de instrumentos nucleares. Con estas actividades, se pusieron nuevamente en funcionamiento muchos instrumentos con una gran eficacia en relación con los costos.

Continuó funcionando un servicio de suministro de componentes electrónicos-piezas de repuesto para equipo nuclear establecido en 1987, lo que permitió resolver un gran número de problemas de reparación experimentados con este tipo de equipo en los Estados participantes. Además, se pidió con frecuencia al Organismo el suministro de piezas de repuesto electro-mecánicas, manuales de servicio



y diagramas de circuitos. La falta de recursos financieros hizo necesario establecer un límite superior de 400 dólares para el costo de cada una de las piezas de repuesto, el que se elevó a 1 200 dólares en 1994.

En el cuadro siguiente figuran los componentes-piezas de repuesto que suministró el OIEA para el proyecto con arreglo al servicio de piezas de repuesto:

Año	Pieza de Repuesto	Solicitudes recibidas por el OIEA	Solicitudes aceptadas*
1992	solicitud	67	53
	piezas	332	315
	valor (\$ EE.UU.)	17.730	5.580
1993	solicitud	96	70
	piezas	273	220
	valor (\$ EE.UU.)	29.537	7.482
1994	solicitud	111	105
	piezas	434	416
	valor (\$ EE.UU.)	28.226	15.676

(*) La razón por la que no se aceptaron las partidas fue porque su costo (precio de la pieza de repuesto) excedió de los límites establecidos.

Durante esta fase, también se diseñó, elaboró y comprobó un sistema de adquisición de datos y tarjetas de analizador multicanal para computadoras personales. Los manuales técnicos y de reparación correspondientes se elaboraron y distribuyeron a los países de la región. Se trató de diseñar para la región un monitor de área QUAD sensible a la energía. Este monitor de área se diseñó con arreglo a la norma EURO-CARD del OIEA, para lo cual se utilizaron detectores de Na(I) con cuatro analizadores de canal único.

Se estableció una base de datos sobre manuales de servicio para instrumentos nucleares con contribuciones de los países miembros del ARCAL. Esta base de datos contiene más de 41208 registros de información sobre manuales de servicio y circuitos electrónicos útiles para el mantenimiento y reparación de instrumentos nucleares utilizados en la región.

Técnicas analíticas nucleares

El objetivo general de este proyecto fue mejorar la capacidad de los laboratorios nacionales para realizar análisis químicos precisos, sensibles y fiables mediante la promoción de la aplicación de las técnicas analíticas nucleares utilizadas en toda la región, y fomentar y facilitar el intercambio de experiencias y conocimientos entre los científicos de la región. Otro objetivo fue mejorar la capacidad nacional para determinar elementos insignificantes e indicadores en las matrices como medio de resolver problemas reales de interés nacional y regional.

El proyecto mejoró la calidad de los análisis químicos basados en técnicas nucleares (en particular, los análisis por activación neutrónica y otras técnicas complementarias) en los 16 países participantes.

La mejora de la calidad analítica produjo un impacto directo en los usuarios no relacionados con las organizaciones que se ocupan de la energía nuclear que varió según las características y necesidades de cada país. Algunas de las formas que éste adoptó fueron:

- Mejora en la organización y prestación de servicios analíticos basados en el uso de la fluorescencia X, el análisis por activación neutrónica y otras técnicas para determinar la presencia de metales pesados en muestras ambientales (agua y suelo), en productos agroindustriales y en otros materiales de interés para los países;
- Elevación del nivel de conocimientos científicos entre los profesionales de la esfera;
- Ejecución de proyectos nacionales e internacionales relacionados con la aplicación de las técnicas analíticas nucleares en los estudios asociados al medio ambiente, la salud, la agricultura, etc.;
- Fortalecimiento de los contactos científicos entre los profesionales a escala nacional y regional, dentro de cada país y entre los distintos países, y por consiguiente, un notable aumento en el flujo de información y el intercambio de experiencias sobre temas de interés común.



Los principales resultados del proyecto fueron:

- Elaboración de un documento técnico titulado "Tópicos selectos sobre aplicaciones del método del k-sub-cero y otros métodos paramétricos en análisis por activación neutrónica";
- Finalización de un programa de computadora para la evaluación de datos analíticos (BABXEL);
- Elaboración del documento "General Guide on the Preparation of a Quality Manual for Analytical Laboratories";
- Implantación de la técnica de difracción de rayos X por dispersión de energía;
- Elaboración de criterios para la armonización y aprobación de protocolos y procedimientos analíticos específicos;
- Elaboración del material de referencia "IAEA-361 Soya Flour".

Los cursos, talleres y proyectos coordinados de investigación, organizados en el marco de este proyecto, proporcionaron capacitación y apoyo, que permitieron que el personal de los países de la región participantes alcanzara un nuevo nivel de suficiencia. Estos países ahora cuentan con un número de personas cuyo sólido nivel científico y tecnológico, total familiaridad con las técnicas analíticas utilizadas en sus laboratorios, y nivel de capacitación en importantes aspectos de la garantía de calidad son de tal índole que les permiten trasladar sus conocimientos y experiencia, y producir, por tanto, un efecto multiplicador. Los países que han avanzado más en esta esfera ya han comenzado a organizar grupos de garantía de calidad.

El aumento de la capacidad analítica de muchos laboratorios de la región ha permitido adoptar una serie de iniciativas en lo que respecta a la garantía de calidad, incluidos varios ejercicios de intercomparación apo-



yados por el OIEA (nueve laboratorios participaron en el primer ejercicio, y 38, en el último). Los laboratorios que realizan análisis por activación neutrónica lograron resultados extraordinariamente compatibles en relación con varios elementos no certificados, con los diversos materiales de referencia utilizados en los ejercicios.

En conclusión, este proyecto permitió promover, entre una serie de laboratorios nacionales y regionales, el uso de técnicas analíticas nucleares en aplicaciones destinadas a hacer frente a determinados problemas relacionados con la alimentación, los productos agrícolas, los recursos minerales, el medio ambiente y otras esferas en

que pueden resultar pertinentes. A este respecto, el proyecto ayudó a los países participantes a alcanzar notables progresos, y proporcionó una base excelente, tanto desde el punto de vista de los conocimientos técnicos regionales, como de la organización de los laboratorios, para iniciar un nuevo proyecto complementario sobre garantía de calidad en laboratorios analíticos nucleares (ARCAL XXVI 1997-2000).

Cabe señalar que uno de los países participantes ha logrado establecer una red de laboratorios que ya comparten experiencia y trabajo analítico sobre problemas específicos.

Producción Pecuaria



Durante la primera etapa del proyecto ARCAL "Radioinmunoanálisis en reproducción animal" y en el programa coordinado de investigación titulado "Red regional para aumentar la eficiencia reproductiva y la productividad del ganado productor de carne - y leche - en América Latina", se comprobó que uno de los factores más importantes que afectaban a la productividad pecuaria en la región era la falta de una nutrición adecuada.

Por lo tanto, se inició una segunda etapa del proyecto ARCAL junto con un nuevo programa coordinado de investigación: "Desarrollo de estrategias de alimentación para aumentar la productividad del ganado rumiante de pequeños productores de América Latina, mediante el uso del radioinmunoanálisis". En este proyecto se dedicó especial atención a la búsqueda de medios prácticos y económicos con el fin de aprovechar mejor los recursos nutricionales locales (desechos agroindustriales) para la producción pecuaria.

Los objetivos generales e inmediatos fueron en resumen los siguientes:

- Aumentar la productividad del ganado autóctono, mediante la determinación y rectificación de los problemas de manejo, alimentación y salud que afectan a su productividad y potencial reproductivo;
- Reforzar la capacidad científica y técnica de las instituciones para la realización de investigaciones aplicadas en producción pecuaria, o para la aplicación de medidas de lucha contra las enfermedades. Además, mejorar la infraestructura de los laboratorios participantes;
- Producir tecnología fiable, de bajo costo y fácil uso para los pequeños productores que, al mismo tiempo, haga más rentables sus actividades pecuarias al aumentar los índices de productividad;
- Elaborar estrategias de alimentación basadas en recursos locales que garanticen una dieta adecuada para el ganado durante los períodos de abundancia (estación lluviosa), y ayuden a lograr que los

animales conserven suficientes reservas para mantenerse productivos durante los períodos de escasez (estación seca);

- Determinar la existencia y el alcance de las deficiencias de minerales y del efecto de los herbicidas y otros compuestos tóxicos en los pastos y el pienso animal;
- Determinar el comportamiento reproductivo de los rebaños;
- Aumentar la capacidad operacional de los laboratorios en el uso de las técnicas destinadas a supervisar la actividad ovárica (radioinmunoanálisis).

Los programas de investigación establecidos por el OIEA, que funcionan a manera de redes regionales, se administran conjuntamente con los proyectos de cooperación técnica nacionales coordinados administrativamente por conducto del Programa ARCAL.

El Laboratorio de Seibersdorf ha aportado juegos normalizados y validados para determinar hormonas reproductivas y metabólicas, metabolitos en sangre, etc., y juegos de diagnóstico de enfermedades que detectan los anticuerpos en el suero sanguíneo. Estos juegos se han concebido y adaptado para utilizarlos en las condiciones imperantes en los laboratorios de los países en desarrollo. Los técnicos que los emplean

han venido recibiendo la capacitación necesaria, por medio de cursos y misiones de asesoramiento técnico.

Como resultado de las actividades realizadas en el marco de este proyecto, se han obtenido los logros siguientes:

- Desarrollo y promoción de las investigaciones en el sector de la producción y sanidad pecuarias, lo que ha llevado al establecimiento de laboratorios de radioinmunoanálisis en varios países de América Latina;
- Establecimiento de vínculos regionales muy sólidos entre los participantes en el programa. Este contacto ha propiciado el aumento de los conocimientos en los distintos países acerca de los problemas y la situación general de la región con respecto a la producción y sanidad pecuarias;
- Capacitación de personal latinoamericano, no sólo mediante cursos y talleres de capacitación, sino también mediante misiones de expertos. La mayoría del personal adiestrado sigue trabajando en su esfera de actividad.



Radioinmunoanálisis de hormonas tiroideas

Hasta 1990, durante la primera fase de este proyecto, se organizaron cuatro cursos regionales, dos sobre preparación y uso de reactivos a granel, uno de control externo de la calidad, y otro sobre el uso de radisótopos con especial hincapié en el RIA, así como 26 cursos nacionales de capacitación en la aplicación básica de radisótopos, el RIA y el control de calidad del RIA. Cincuenta y cuatro laboratorios de doce países de la región han venido participando en el programa de importación y distribución de reactivos a granel que ha reducido sobremanera el costo de los reactivos, por un factor de 10 aproximadamente, en comparación con los juegos de venta en la red comercial. Los resultados indican que una parte considerable del programa se ejecutó en la fase I, sobre todo con respecto a la capacitación, la implantación de nuevas metodologías y la organización de procedimientos y mecanismos de control interno y externo de la calidad.

En su primera fase, el proyecto mejoró la calidad de los laboratorios participantes y les suministró reactivos y equipo. Ahora bien, esto sólo se lo-

gró en el grupo de laboratorios de referencia y en unos cuantos otros centros cooperantes. La mayoría de los laboratorios de este último grupo todavía funcionaban en condiciones muy modestas que limitaban sus posibilidades de realizar RIA satisfactorios con un control de calidad apropiado y un sistema moderno de proceso de datos.

Como resultado de la evaluación de los Coordinadores del Proyecto y los expertos del OIEA, se aprobó una prórroga de este proyecto, de 1991 a 1993, a fin de:

- Ampliar y consolidar la producción local de reactivos de RIA, con el objeto de lograr la autosuficiencia a nivel regional, y reducir así el costo al más bajo nivel posible;
- Hacer extensivo el proyecto a un mayor número de laboratorios participantes;
- Organizar un mecanismo regional de distribución de reactivos basados en materiales producidos localmente y considerados aceptables luego de haberse sometido a las pruebas correspondientes;
- Establecer un EQAS (meca-



nismo de evaluación externa de la calidad) a nivel regional;

- Estimular y apoyar los estudios clínicos, sobre todo del problema del hipotiroidismo neonatal.

Al final de este proyecto, en 1993, se obtuvieron los siguientes logros:

- Capacitación de más de 400 profesionales y técnicos latinoamericanos en técnicas de radioinmunoanálisis y técnicas relacionadas con la producción de reactivos primarios para el análisis de T3, T4 y TSH;
- Establecimiento de vínculos regionales entre distintas instituciones dentro de los países participantes y distribución de reactivos de producción local;
- La mayoría de los laboratorios participantes (80 en 14 países de la región) está realizando radioinmunoanálisis y su propio control interno de calidad. El proyecto estableció la capacidad regional para producir los reactivos necesarios para el RIA de T3 y T4, y algunos reactivos críticos para IRMA de HTSH, como el de fase sólida normalizado y acoplado con anticuerpos. La región ha logrado la au-



tosuficiencia con respecto a estos reactivos;

- Esta nueva capacidad ha facilitado la disponibilidad local de reactivos, y a su vez ha contribuido a reducir, por un factor de diez, el costo de la realización de investigaciones analíticas a un solo paciente.

Al mismo tiempo, el programa de control de calidad ha aumentado la fiabilidad de los análisis;

- Mediante la reducción de los costos, el proyecto ha permitido a los laboratorios participantes prestar un servicio que satisface la demanda clínica existente y, por tanto, beneficia a la población;
- La transferencia de la tecnología de RIA a los países de la región de América Latina y el Caribe permitió desarrollar los conocimientos técnicos necesarios y la capacidad para hacer frente a una cuestión de salud pública, a saber, el hipotiroidismo neonatal, que los países han determinado como un problema crítico en la región. Los 14 países participantes en el proyecto han mejorado considerablemente sus programas de detección del hipotiroidismo y en algunos de ellos se ha logrado el examen masivo del 80% al 90% de los recién nacidos a partir de un nivel casi nulo.

Producción y control de radiofármacos

Los beneficios de las técnicas de medicina nuclear en el sector de la salud son obvios y ampliamente reconocidos por la comunidad médica, tanto de los países desarrollados, como de los denominados países en desarrollo. En estos últimos, y en particular en la región de América Latina, a pesar de los problemas generalmente de índole económica, fue posible lograr notables progresos en el uso de radionucleídos y radiofármacos para fines de diagnóstico y tratamiento.

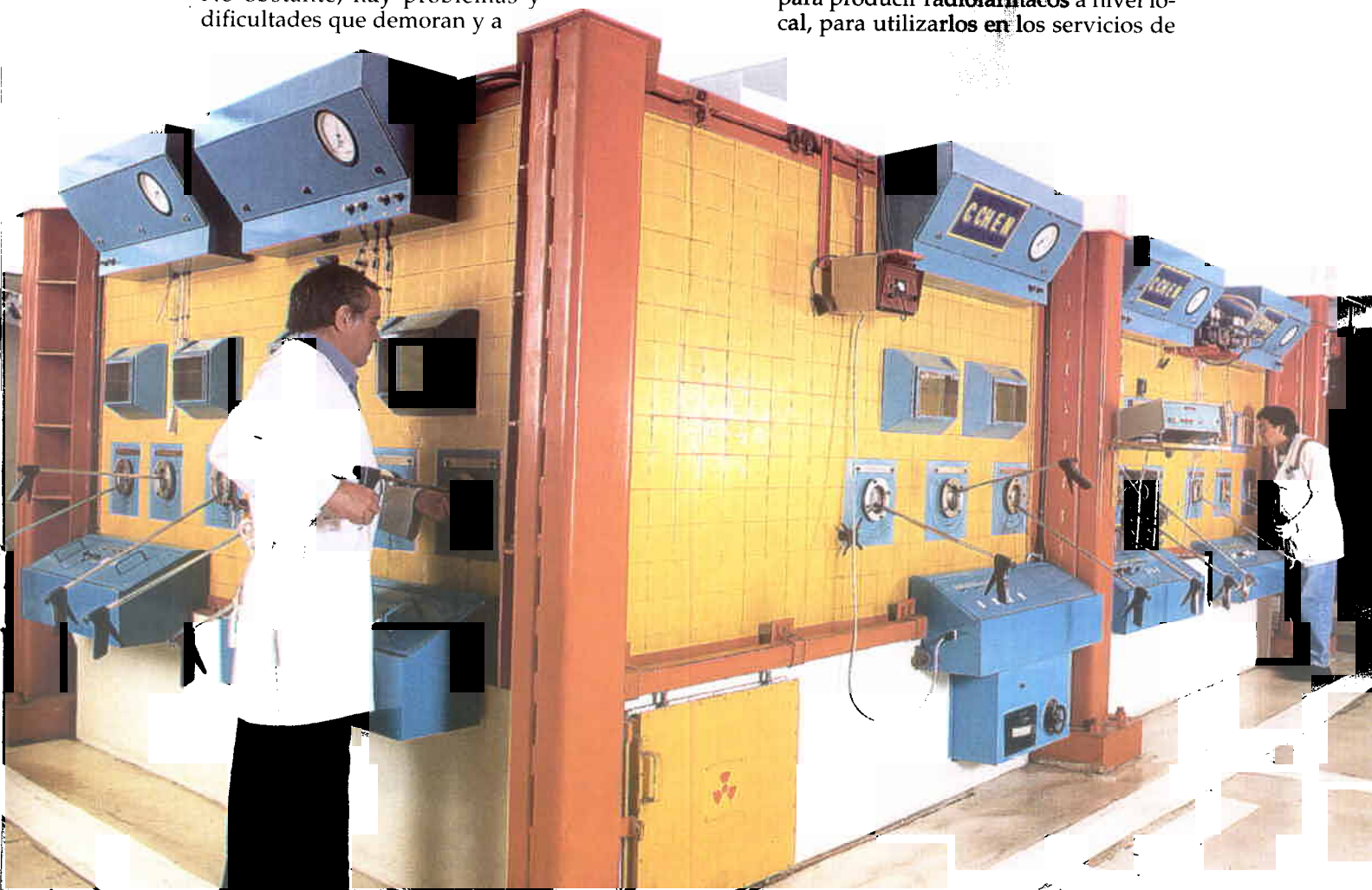
Casi sin excepción, todos los países de esta región tienen uno o más centros de medicina nuclear con varios años de experiencia en la esfera. En general, el personal médico, científico y técnico posee un nivel suficientemente alto de conocimientos para mantener estos progresos, y asimilar los adelantos hechos en otros países más desarrollados, que cuentan con mayores recursos.

No obstante, hay problemas y dificultades que demoran y a

menudo impiden avanzar más en beneficio de la medicina en general. Los problemas más obvios son la escasez de equipo, en particular cámaras gamma, y dificultades asociadas al mantenimiento del equipo, la escasez de radionucleídos y radiofármacos a precios razonables, y en algunos casos, la falta de experiencia local, particularmente en la preparación y control de calidad de radiofármacos nuevos y mejorados.

Para colmar esta laguna, el ARCAL estableció en 1992 un proyecto sobre producción y control de calidad de radiofármacos, a efectos de elevar el nivel científico y técnico de la región, y satisfacer las necesidades de radiofármacos modernos y más eficaces para su uso en los servicios de medicina nuclear. Los principales objetivos de este proyecto fueron:

- Desarrollar y promover la capacidad para producir radiofármacos a nivel local, para utilizarlos en los servicios de



cina nuclear de los centros ya existentes;

- Aumentar la disponibilidad en la región de radiofármacos modernos de utilidad clínica comprobada como los derivados de dinitroditiol, isonitrilo, aminoxima y otros cuya disponibilidad es limitada por motivos económicos o porque todavía se evalúan en centros más avanzados de dentro o fuera de la región. Con este fin, se presta especial atención al perfeccionamiento de los conocimientos técnicos regionales para llevar a cabo la síntesis de los compuestos orgánicos necesarios para la preparación de radiofármacos;
- Contribuir al desarrollo y evaluación en el laboratorio de nuevos radiofármacos de interés particular para la región, con fines de diagnóstico y terapéuticos.

Este proyecto se ejecutó durante la fase II y continúa en la fase III. A continuación

se resumen los resultados logrados durante la fase II:

- Aumento de la capacidad de varios países participantes en el proyecto para la preparación de radiofármacos de alta calidad y mayor disponibilidad en el futuro de estos radiofármacos a precios más económicos, con el consiguiente ahorro de divisas;
- Aumento de la capacidad de los países con un grado de desarrollo relativamente inferior mediante programas de capacitación;
- Mayor profesionalismo en la esfera de la radiofarmacia, y por tanto, mayor eficiencia en las actividades de cooperación técnica y en el intercambio de información técnica a nivel regional;
- Determinación de varios laboratorios de la región como centros de capacitación;
- Producción de Samarium 153 en países con reactores nucleares de investigación en funcionamiento, lo que ha permitido su distribución a países no productores durante la fase III.



Aplicaciones industriales de la tecnología nuclear

El proyecto sobre aplicaciones industriales comenzó en 1991, y tuvo como principal objetivo actuar como vehículo para la transferencia de conocimientos prácticos sobre la forma en que la tecnología nuclear puede utilizarse en provecho de la industria desde el punto de vista del control, calidad y costo de los procesos.

Las actividades realizadas en el marco de este proyecto estuvieron destinadas a promover la implantación de la tecnología radisotópica y radiológica en las principales industrias regionales, incluido el petróleo, los minerales, el papel, el caucho, el acero, el carbón, la fabricación de cables, el revestimiento de superficies y la esterilización de productos médicos, mediante capacitación, demostraciones, talleres e intercambio de información.

Las principales actividades de este proyecto

se desarrollaron en la esfera de la tecnología radiológica, la tecnología de trazadores y el sistema de control nucleónico. Los objetivos inmediatos fueron, a grandes rasgos, los siguientes:

- Fomentar en la industria las aplicaciones radiológicas e isotópicas mediante seminarios, cursos de capacitación y la difusión de la información publicada;
- Promover el establecimiento de centros para la transferencia de tecnología y la capacitación sobre distintas aplicaciones isotópicas y radiológicas, incluidos programas, materiales didácticos y planes de capacitación individual y colectiva mediante el mejoramiento de la infraestructura existente;
- Establecer normas nacionales de control de calidad en la industria, sobre todo en la de la atención sanitaria, sobre la base de las normas internacionales (IAEA,





ISO) para armonizar estas normas en toda la región y con otros países de fuera de la región;

- Perfeccionar la infraestructura a fin de iniciar y promover las aplicaciones isotópicas y radiológicas en la industria, y aplicar programas de investigación y desarrollo asociados a la transferencia de tecnología.

El ARCAL ha obtenido muy buenos resultados en el desarrollo de las aptitudes del personal de las instituciones nucleares nacionales, en las que ha surgido un conglomerado importante y sostenible de personal especializado en algunas técnicas determinadas. Estas unidades pudieron actuar como centros rectores, y proporcionar un recurso regional para la capacitación y la gestión sobre el terreno del proyecto.

En casi todos los Estados Miembros del ARCAL se han establecido unidades de tecnología de irradiación, así como grupos nacionales de trazadores y calibración con capacidad autóctona para apoyar y desarrollar las tecnologías radisotópicas y radiológicas adquiridas en las aplicaciones industriales y ambientales.

En Argentina, Brasil, Chile y México se

creó una infraestructura completa para el desarrollo de las aplicaciones radiológicas y radisotópicas. Las instalaciones de irradiación gamma y con electrones se utilizan en gran medida, y en las actividades comerciales ordinarias se aplican los trazadores y el sistema de control nucleónico en asociación con los usuarios finales del sector industrial.

En Colombia, Cuba, Ecuador, Perú y Venezuela las aplicaciones radiológicas y radisotópicas tienen lugar a escala experimental o semicomercial. En Ecuador y Perú, funcionan a escala semicomercial unidades de irradiadores gamma de fines múltiples. Se han utilizado trazadores en servicios semicomerciales en Cuba, Venezuela y Colombia.

En Costa Rica, Guatemala, Panamá, Paraguay y Uruguay, países considerados con bajo nivel de desarrollo en las aplicaciones industriales de las técnicas nucleares, se está creando la infraestructura necesaria. Los grupos que aplican trazadores, en Guatemala y Uruguay, ya están dotados de las instalaciones adecuadas para realizar experimentos con trazadores sobre el terreno.

Todos estos países ahora están definiendo los problemas y los usuarios finales para comenzar pronto a realizar estudios concretos, según sus sectores industriales de prioridad nacional.

Al final de la fase II, los principales logros del proyecto fueron los siguientes:

- Empleo de las tecnologías radiológicas básicamente en la radioesterilización de productos médicos, alimentos, cosméticos, y en la modificación de propiedades de los polímeros y otros materiales a escala comercial y semicomercial;
- Actividades de investigación y desarrollo en varios países de la región sobre irradiación de productos biológicos, modificación de polímeros y otros materiales, y descontaminación de desechos, gas y lodo;
- Aplicación sistemática de trazadores en las industrias del cobre, el petróleo, el azúcar, los productos químicos y el cemento de algunos países, así como en estudios ambientales;
- Implantación de sistemas de control nucleónico (NCS) en muchos países, sobre todo en las industrias del papel, la ali-

mentación, el petróleo y la minería. También se han establecido NCS con distintos grados de desarrollo en las industrias de la construcción y el azúcar;

- Establecimiento, en cinco países, de centros de capacitación con programas y material didáctico;
- Capacitación de más de 500 profesionales y técnicos en diversas esferas de las aplicaciones de los isótopos y de las radiaciones.

La ejecución de este proyecto ha tenido especial repercusión en los programas nacionales, y ha apoyado el perfeccionamiento de la mano de obra y la transferencia de tecnología a los usuarios finales. La participación del sector privado en las aplicaciones radisotópicas y radiológicas ha ido creciendo a ritmo constante. Muchos grupos surgidos de las instituciones nacionales de investigación nuclear como empresas privadas ofrecen servicios comerciales ordinarios a diversos sectores industriales relacionados con la petroquímica, el tratamiento de minerales, el cemento, el azúcar, el papel y la elaboración de alimentos.

Aplicación de técnicas de trazadores a fugas en presas y embalses



La mayoría de los países latinoamericanos tienen presas o embalses que registran fugas de diversas magnitudes. El estudio de estos problemas requiere la aplicación de una tecnología que no existía en dichos países, al menos no de forma completa. En otros casos, los problemas se presentan inesperadamente durante el primer llenado del embalse y requieren una actuación inmediata. Visto el carácter de este tipo de problema, era aconsejable promover el establecimiento de grupos de trabajo locales que pudieran realizar el estudio con buenas posibilidades de éxito. Por ello, en 1994 se inició un proyecto ARCAL sobre "Aplicación de técnicas de trazadores para el estudio de fugas en presas y embalses".

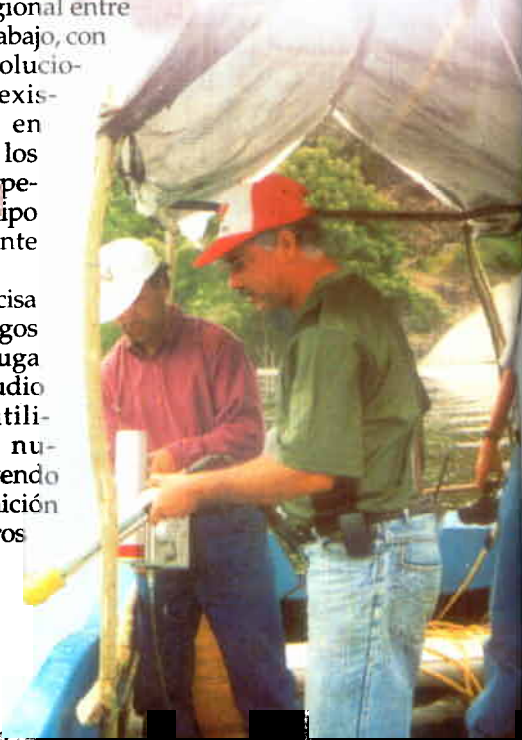
Los objetivos de este proyecto eran los siguientes:

- Organización de talleres y otras actividades de capacitación para el aprendizaje de las técnicas más adecuadas para estudiar las fugas en presas, incluidas las técnicas nucleares;
- Campañas experimentales en presas y embalses seleccionados de la región, en los que se pudieran utilizar técnicas nucleares y convencionales para solucionar los problemas relacionados con fugas en presas.

Las actividades correspondientes a la fase II realizadas durante el primer año del proyecto se centraron básicamente en la

selección de los países y las presas que se abarcarían en el proyecto. Se seleccionaron presas situadas en el Brasil, Chile, Costa Rica, Cuba, México y Venezuela. Los resultados de este proyecto fueron los siguientes:

- El establecimiento de grupos de trabajo en cada país participante con capacidad suficiente para realizar estudios en presas y embalses utilizando tecnología moderna, incluidas técnicas nucleares;
- El fomento de la cooperación técnica a nivel regional entre estos grupos de trabajo, con el propósito de solucionar problemas existentes de fugas en presas utilizando los conocimientos especializados y el equipo obtenidos mediante el proyecto;
- La evaluación precisa y fiable de los riesgos derivados de la fuga de agua en el estudio de cada caso utilizando técnicas nucleares, contribuyendo a una mejor definición de los planes futuros relativos al control, la conservación y el mantenimiento de presas.



Conclusión

Los principales resultados conseguidos por ARCAL en su fase II pueden resumirse de la forma siguiente:

1. Capacitación de más de 2000 profesionales y técnicos de la región en las diversas esferas abarcadas por el Programa;
2. Adopción, por varios países de la región, de criterios y normas eficaces sobre protección radiológica y el establecimiento de estructuras de regulación adecuadas a sus necesidades, lo que permitió elevar el nivel general de protección radiológica en la región;
3. Creación de laboratorios nacionales para el mantenimiento, reparación y desarrollo de la instrumentación nuclear en los países de la región, así como el establecimiento de tres centros regionales de capacitación para la reparación de analizadores multicanales, cámaras gamma e instrumentos analógicos y detectores;
4. Establecimiento de un servicio de piezas de repuesto para la reparación local de instrumentos nucleares, lo que permitió solucionar un problema importante en los países participantes en el Programa;
5. Desarrollo de una infraestructura adecuada para la aplicación de técnicas nucleares y conexas en la producción, nutrición y sanidad pecuarias, estableciéndose laboratorios de RIA en varios países de la región, e introduciéndose la técnica ELISA en el diagnóstico de enfermedades de los animales. Sobre la base de esta infraestructura se han desarrollado varios Programas Coordinados de Investigación que han contribuido a mejorar el manejo de la ganadería en los países de la región;
6. Mejora de la calidad y exactitud en los análisis por activación neutrónica y fluorescencia X que realizan los países participantes que poseen estas técnicas, y la introducción de conceptos de garantía de calidad en los laboratorios analíticos de la región;
7. Creación de una red de laboratorios en la región con instalaciones para la producción de juegos (kits) de bajo costo de RIA para la detección de hormonas tiroideas a partir de reactivos a granel de calidad estándar, y la producción de los reactivos primarios necesarios para los juegos de T-3 y T-4;
8. Transferencia de la tecnología para la detección de hipotiroidismo en recién nacidos, de alta incidencia en la región, a los países que no la poseían;
9. Introducción y desarrollo de las técnicas de hidrología isotópica en varios países de la región;
10. Mejora de las capacidades existentes en la región para la preparación de radiofármacos de calidad elevada, lo que permitió ulteriormente aumentar su disponibilidad a precios más económicos.

Otro logro indiscutible del Programa ARCAL durante esta fase II fue su capacidad para propiciar el conocimiento mutuo y el establecimiento de vínculos entre los especialistas de la región que trabajan en temas conexos, así como la utilización cada vez mayor de expertos de la propia región, para la ejecución de proyectos en el marco del Programa.

Orientaciones futuras

La tercera fase de ARCAL se viene desarrollando desde 1995. En esta fase se ha hecho hincapié en la consolidación de los logros alcanzados por el Programa en sus dos fases anteriores y en la aplicación de una serie de medidas encaminadas a fortalecer el Programa.

Algunas de estas medidas son:

a) Preparación de un Programa cada vez más centrado y realista, en el que se incluyan proyectos que tengan un impacto significativo en los Estados que participen en su ejecución, y que al mismo tiempo se atengan a los criterios de los "Proyectos modelo" del OIEA;

b) Participación más activa de los Estados en la preparación y ejecución de las actividades del Programa;

c) Preparación de un "Plan de Cooperación Regional para la Promoción de la Ciencia y la Tecnología Nucleares en América Latina y el Caribe", con el fin de determinar las esferas de mayor interés para los países de la región que participan en el Programa, de manera que la cooperación nuclear se base en las capacidades e instalaciones realmente existentes en cada uno de ellos;





- d) Elaboración de un sistema para la planificación, diseño, aprobación, ejecución y evaluación de los proyectos ARCAL;
- e) Fortalecimiento de la infraestructura ya instalada en los países de la región;
- f) Actualización de los principios rectores del Programa, teniendo presentes las nuevas condiciones existentes para el desarrollo de la cooperación técnica entre el OIEA y las instituciones participantes en ARCAL;
- g) Elevación del nivel de compromiso de los Estados participantes en el Programa, particularmente en lo que atañe a la ejecución de sus actividades;

- h) Revisión de las Directrices de ARCAL, y la elaboración de la documentación básica que puede utilizarse en la preparación de un Manual de Procedimientos para ARCAL.

Durante la fase III se proseguirán algunos de los proyectos de la fase II por tener éstos objetivos a largo plazo. Al mismo tiempo, en esta tercera fase se han añadido nuevos proyectos, utilizando el nuevo enfoque y los procedimientos aprobados en las reuniones de Coordinación Técnica XIII, XIV y XV celebradas en 1996, 1997 y 1998, respectivamente, con el fin de fortalecer aún más el Programa ARCAL, en beneficio de los Estados que participan en ARCAL.



Esta publicación fue diseñada por GrafArt Design e impresa por Guillermo Olmos,
bajo la supervisión de la Oficina de Difusión y Extensión de la Comisión Chilena de Energía Nuclear.



Acuerdo de Cooperación Regional para la Promoción de la
Ciencia y la Tecnología Nucleares en América Latina y el Caribe

Organismo Internacional de Energía Atómica
1999 - XV Aniversario del Programa ARCAL