



# ARCAL



ACUERDO DE COOPERACION REGIONAL  
PARA LA PROMOCION DE LA CIENCIA  
Y LA TECNOLOGIA NUCLEARES  
EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE

FASE III  
(1995–1999)

OIEA–Septiembre 2001



**ARCAL**

**ACUERDO REGIONAL PARA LA PROMOCION DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGIA  
NUCLEARES EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE**

# **Fase III**

**1995-1999**

Documento preparado por un  
Grupo de Expertos y revisado por los Coordinadores Nacionales de ARCAL

**Editado y publicado con el apoyo del  
Organismo Internacional de Energía Atómica  
Viena 2001**



## INDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>5</b>
El Programa ARCAL.....	5
Fases anteriores del Programa ARCAL - Fases I y II .....	5
ARCAL Fase III.....	6
<b>PROTECCIÓN RADIOLÓGICA</b> .....	<b>11</b>
<b>INSTRUMENTACIÓN NUCLEAR</b> .....	<b>13</b>
<b>TÉCNICAS ANALÍTICAS NUCLEARES</b> .....	<b>17</b>
<b>PRODUCCIÓN Y CONTROL DE RADIOFÁRMACOS</b> .....	<b>20</b>
<b>APLICACIÓN INDUSTRIAL DE TECNOLOGÍA NUCLEAR</b> .....	<b>23</b>
<b>ALIMENTACIÓN Y AGRICULTURA</b> .....	<b>25</b>
<b>IRRADIACIÓN ALIMENTARIA</b> .....	<b>27</b>
<b>SALUD HUMANA</b> .....	<b>29</b>
Utilización de Cámaras Gamma.....	29
Radioterapia.....	30
Radiobiología.....	32
Maestría en Física Médica .....	34
Tratamiento de Accidentes .....	35
<b>TÉCNICAS ISOTÓPICAS EN HIDROLOGÍA</b> .....	<b>36</b>
<b>SEGURIDAD EN REACTORES</b> .....	<b>37</b>
<b>APLICACIONES MEDIOAMBIENTALES</b> .....	<b>38</b>
<b>INFORMACIÓN NUCLEAR</b> .....	<b>39</b>
<b>CONCLUSIÓN</b> .....	<b>41</b>
<b>DIRECCIONES FUTURAS</b> .....	<b>43</b>

## **Introducción**

### **El Programa ARCAL**

Los objetivos principales del Programa ARCAL son: (i) promover el desarrollo de la ciencia y la tecnología nuclear en Latinoamérica y el Caribe y (ii) promover la cooperación técnica entre los países de la región en los diferentes ámbitos del uso pacífico de la energía nuclear, particularmente en salud humana, seguridad nuclear y protección radiológica, hidrología, agricultura, energía, industria, ciencias físicas y químicas, información nuclear y mantenimiento de instrumentos nucleares.

En el momento de la publicación de este informe, septiembre del 2001, 20 países participan en el Programa ARCAL. Estos países son los siguientes: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Haití, Jamaica, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana, Uruguay y Venezuela.

### **Fases anteriores del Programa ARCAL - Fases I y II**

En 1984, diez países acordaron participar en un Programa Regional de Cooperación que se denominó por sus siglas en español ARCAL (Acuerdo Regional de Cooperación para la Promoción de la Ciencia y de la Tecnología Nucleares en América Latina y el Caribe) cuyas directrices básicas se aprobaron en ese momento.

Desde entonces, ARCAL ha estado asistiendo a los países latinoamericanos y caribeños en la organización de varias actividades diseñadas para promover o aplicar los conceptos de TCDC dentro del Programa. Dichas actividades, entre otras, son: reuniones, seminarios, talleres, capacitaciones y actividades de grupo, intercambio de especialización, producción de equipo específico para las necesidades de la región y de radioisótopos, así como mantenimiento y reparación de ciertos tipos de instrumentos nucleares y actualización del equipo de medicina nuclear.

Dado que uno de los objetivos principales de ARCAL es facilitar y promover la transferencia de tecnología en el área nuclear entre todos los países participantes en el Programa, todos los esfuerzos durante las Fases I y II -de 1984 a 1994- se dirigieron al establecimiento de la infraestructura apropiada, que permitiese el pleno uso de técnicas nucleares en sus programas de desarrollo.

Como se muestra en folletos anteriores sobre las Fases I y II, ya publicados, se pueden destacar los siguientes logros:

- Miles de profesionales y técnicos de la región, capacitados en las diferentes áreas del Programa;

- Apoyo en el establecimiento en varios países de la región, de la legislación y las regulaciones adecuadas sobre protección radiológica, y en la creación de órganos reguladores en los países que carecían de tal infraestructura. El apoyo se llevó a cabo a través de la realización de programas coordinados de investigación y de ejercicios de intercomparación, con la ayuda de los países de la región;
- Establecimiento de laboratorios de mantenimiento, reparación y desarrollo de instrumentación nuclear, en los países que participan en ARCAL, y creación de tres centros regionales para el mantenimiento y reparación: uno de analizadores multicanal y electrónica digital, otro de cámaras gamma y el tercero de detectores y equipo análogo. Estos centros regionales proporcionan sus servicios a todos los países que participan en ARCAL.
- Establecimiento de un servicio de piezas de repuesto. Esto ha ayudado a resolver muchos problemas en los lugares donde se requiere mantenimiento de instrumentación nuclear. Algunos países están ayudando a otros en esta área.
- Introducción y desarrollo de técnicas de mutaciones engendradas en cereales, que contribuyeron a obtener mutantes muy útiles de arroz, cebada y trigo.
- Creación de una red de laboratorios cualificados para la producción de equipos de RIA para la medición de la hormona tiroides, usando los volumen-reactivos, con calidad estándar y costes económicos. La producción de reactivos a mayor escala en la región requirió la preparación de equipos de T-3 y T-4.
- Transferencia de la tecnología adecuada para el estudio del hipotiroidismo neonatal (que es un gran problema en la región) a los países que carecían de ella.
- Establecimiento o actualización de una infraestructura de información nuclear en diez países de la región. La creación de una red regional de intercambio de información con varios sistemas de base de datos permitió un aumento considerable del intercambio de conocimientos en los países de la región, y ha facilitado la colaboración bilateral.

Las metas específicas y los logros detallados obtenidos durante las Fases I y II de ARCAL, fueron publicados en dos folletos en septiembre de 1990 y junio de 2000, respectivamente.

### **ARCAL Fase III**

La Fase III de ARCAL abarca el período de 1995 a 1999. Los objetivos principales establecidos para esta Fase fueron los siguientes: (a) reforzar el impacto económico y social de los resultados del proyecto, concentrándose más bien en la solución de problemas fundamentales comunes a los países de la región, que en la investigación o creación de una infraestructura; (b) adoptar nuevas líneas de acción para reforzar la autosuficiencia e independencia del Programa ARCAL; (c) concluir el proceso de reorganización y reforzamiento del Programa ARCAL.

Entre las medidas para reorganizar y fortalecer el Programa, los siguientes documentos, entre otros, fueron preparados y utilizados en la ejecución del Programa desde su adopción:

- El Acuerdo ARCAL;
- El Manual de Procedimientos;
- El Plan de Cooperación Regional para la Promoción de la Ciencia y Tecnología Nuclear en América Latina y el Caribe;
- Las Metas y Objetivos para la IV Fase de ARCAL;
- Las directrices para la Formulación, Planificación, Aplicación, Evaluación y Aprobación de proyectos de ARCAL.

Con el propósito de aumentar el impacto económico y social de los proyectos de ARCAL, se impusieron varios requisitos a los proyectos a desarrollar durante esta fase, tales como: (a) tener objetivos claros y precisos; (b) presentar resultados medibles; (c) ser diseñados para resolver problemas específicos que afecten a los países o a un grupo de países en la región; (d) estar respaldados por un plan detallado de actividades y un presupuesto adecuado; (e) reflejar las necesidades reales, intereses y prioridades de los países de la región; (f) ser preparados en base al Plan de Cooperación Regional y (g) ser sometidos según las directrices para la Formulación, Planificación, Aplicación, Evaluación y Aprobación de los proyectos de ARCAL.

Durante el período 1995-1999 se llevaron a cabo los siguientes proyectos de ARCAL:

Tabla I  
Proyectos ejecutados durante la Fase III

Sector	Título del Proyecto	Código	Período de realización
Protección Radiológica	Marco Legal de la Protección Radiológica	ARCAL XVII RLA/9/016	1993-1998
	Directrices sobre Control de Fuentes de Radiación	ARCAL XX RLA/9/028	1997 cont. después de 1999
	Aseguramiento de la Calidad de Laboratorios que Brinden Servicio de Protección Radiológica	ARCAL XLI RLA/9/032	1999-cont. después de 1999
Técnicas Analíticas	Garantía de Calidad en Laboratorios Analíticos	ARCAL XXVI RLA/4/013	1997-cont. después de 1999
Instrumentación Nuclear	Mantenimiento de Instrumentación Nuclear	ARCAL XIX RLA/4/011	1995-1999
	Reparación y Mantenimiento de Instrumentación Nuclear	ARCAL XXXV RLA/4/015	1999 -cont. después de 1999
	Calibración de Instrumentación Dosimétrica Utilizada en Radioterapia	ARCAL XXXIV RLA/4/014	1999-cont. después de 1999
Producción de Radioisótopos	Producción y Control de Radiofármacos	ARCAL XV RLA/2/007	1991-cont. después de 1999
	Armonización de Normas para el Aseguramiento de Calidad en Radiofarmacia	ARCAL XXXVIII RLA/6/038	1999-cont. después de 1999

<b>Sector</b>	<b>Título del Proyecto</b>	<b>Código</b>	<b>Período de realización</b>
Aplicaciones Industriales	Aplicaciones Industriales de la Tecnología Nuclear	ARCAL XVI RLA/8/016	1991-1998
	Aplicaciones Industriales de la Tecnología de Trazadores y Sistemas de Control Nucleónico	ARCAL XLIII RLA/8/024	1999-cont. después de 1999
Nutrición de las Plantas	Gestión de la Nutrición de las Plantas del Suelo y del Agua	ARCAL XXII RLA/5/036	1995-cont. después de 1999
Irradiación de Alimentos	Desarrollo de Irradiación de Alimentos a Escala Comercial	ARCAL XXIX RLA/5/040	1997-1998
	Reglamento Cuarentenario Armonizado para la Irradiación de Frutas	ARCAL XXXIII RLA/5/043	1999-cont. después de 1999
Salud Humana	Mejoramiento de Prácticas de Medicina Nuclear	ARCAL XXIII RLA/6/027	1995-cont. después de 1999
	Mejoramiento de la Calidad de la Práctica de Radioterapia	ARCAL XXIV RLA/6/029	1995-cont. después de 1999
	Mejoramiento de la Calidad en Radioterapia	ARCAL XXX RLA/6/032	1997-cont. después de 1999
	Control de Calidad y Optimización de Protocolos Clínicos de SPECT	ARCAL XXXII RLA/6/036	1999-cont. después de 1999
	Estandarización de Técnicas de Nefrourología Nuclear	ARCAL XXXVI RLA/6/037	1999-cont. después de 1999
	Diagnóstico y Tamizaje de Hepatitis C	ARCAL XL RLA/6/039	1999-cont. después de 1999
	Aseguramiento de la Calidad en Estudios de Mamografía	ARCAL XLVII RLA/6/040	1999-cont. después de 1999 (cancelado 2000)
	Implementación de las NBS en la Práctica Médica	ARCAL XLIX RLA/9/035	1999-cont. después de 1999
	Maestría en Física Médica	ARCAL L RLA/6/041	1999-cont. después de 1999
	Tratamiento Médico en casos de Accidentes Radiológicos	ARCAL XXXVII RLA/9/031	1999-cont. después de 1999
Hidrología	Caracterización de Acuíferos para la Gestión Sostenible	ARCAL XXXI RLA/8/023	1997-cont. después de 1999
Seguridad en Reactores	Seguridad en Reactores de Investigación	ARCAL XLIV RLA/9/033	1999-cont. después de 1999
	Determinación del Contenido de la Contaminación Atmosférica	ARCAL XXXIX RLA/7/007	1999-cont. después de 1999
Información Nuclear	Red Regional de Información en el Área Nuclear	ARCAL XLII RLA/0/017	1999-cont. después de 1999
	Centros Regionales para Servicios del OIEA sobre Datos Nucleares	ARCAL XLVI RLA/0/019	1999-cont. después de 1999



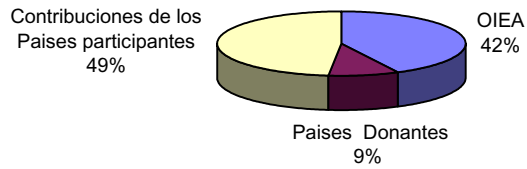
La siguiente Tabla II muestra los recursos aportados al Programa ARCAL durante la Fase I, II y III, indicando los principales aportes en dólares americanos

Tabla No II  
**Recursos del Programa Arcal durante las Fases I,II y III**  
**(en dólares americanos)**

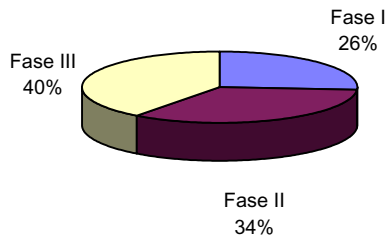
Año	OIEA	Países donantes	Contribución de los Países participantes	Total
		<b>Fase I</b>		
1984	--	--	--	--
1985	916.744	42.750	478.080	1.437.574
1986	906.257	199.186	783.053	1.888.496
1987	1.075.396	539.061	1.146.691	2.761.148
1988	1.310.473	432.197	1.427.872	3.170.542
1989	1.221.385	543.053	1.398.956	3.163.394
<b>Subtotal</b>	<b>5.430.255</b>	<b>1.756.247</b>	<b>5.234.652</b>	<b>12.421.154</b>
		<b>Fase II</b>		
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
<b>Subtotal</b>	<b>6.977.945</b>	<b>2.098.865</b>	<b>7.226.737</b>	<b>16.302.547</b>
		<b>Fase III*</b>		
1995	1.033.685	183.535	727.208	1.944.428
1996	1.285.276	154.211	848.189	2.287.676
1997	1.506.759	80.150	1.753.851	3.340.760
1998	1.575.002	55.590	2.606.448	4.237.040
1999	2.424.443	170.162	4.633.601	7.228.206
<b>Subtotal</b>	<b>7.825.165</b>	<b>643.648</b>	<b>10.569.297</b>	<b>19.038.110</b>
<b>Total</b>	<b>20.233.365</b>	<b>4.498.760</b>	<b>23.030.686</b>	<b>47.761.811</b>

\* Datos según los presentados en las Tablas "Resumen de contribuciones a los proyectos de ARCAL " de los informes preliminares de la Secretaría sobre las actividades llevadas a cabo durante los años respectivos.

**Procedencia de Recursos consumidos en las Fases I, II y III**  
(por Fuentes de Recursos)



**Recursos asignados a cada fase de ARCAL**



Los siguientes son los logros principales obtenidos en la ejecución de los proyectos de ARCAL en la Tercera Fase.

## **Protección Radiológica**

Una de las preocupaciones principales de los países es la seguridad nuclear y la protección radiológica. Debido a los diferentes grados de desarrollo de los Estados Miembros de ARCAL en esta fase, las actividades fueron orientadas hacia la elaboración de una guía reguladora para el control de fuentes de la radiación. El objetivo principal era promover un control eficaz de las fuentes radiactivas usadas en aplicaciones médicas, industriales y de la investigación, armonizando y actualizando los procedimientos ya existentes dentro de la región, para evitar la sobre-exposición innecesaria y limitar la probabilidad de incidencia de accidentes, adoptando las Normas Internacionales de Seguridad de las Radiaciones.

Al mismo tiempo era necesario identificar a los laboratorios especializados en servicios de protección radiológica en la región para llevar a cabo un programa de intercomparación.

Bajo el proyecto ARCAL XX (RLA/9/028) "Directrices sobre el Control de Fuentes de Radiación", se preparó, aprobó y distribuyó a los países participantes un juego de Guías Reguladoras con vistas a, provisionalmente, su puesta en práctica. Cada uno de estos documentos incluye los principales requisitos de seguridad radiológica, así como una guía de solicitud de autorización y un procedimiento de inspección. Estas guías también se enviaron al Organismo para su posible publicación como documento técnico del OIEA (TECDOC). He aquí las Guías Reguladoras preparadas y adoptadas:

- Radioterapia
- Medicina Nuclear
- Radiografía Industrial
- Perfilaje
- Radiodiagnóstico Médico
- Irradiadores Industriales Gamma
- Fuentes radiactivas no selladas usadas en aplicaciones industriales ( Hidrología y Radiotrazadores).

Es importante destacar que las Guías Reguladoras de Seguridad en Radioterapia y Medicina Nuclear se discutieron y armonizaron con expertos de otros acuerdos regionales (AFRA y RCA), con el propósito de obtener una guía reguladora internacional de protección que pudiese ser usada por los Estados Miembros del OIEA

También se elaboraron otros documentos comunes y se distribuyeron entre los países participantes en el proyecto, así como a otros países de la región. Estos documentos fueron los siguientes:

- Manual del Inspector;
- Evaluación del Sistema de Control de Fuentes Radiactivas a través de los Indicadores de Desempeño;

- Guía para la Identificación Práctica de Fuentes de Radiación y otros Equipos Relacionados Usados en América Latina y el Caribe;

Los países siguientes participaron en la realización de este proyecto: Argentina, Brasil, Colombia, Cuba, Ecuador, México, Perú, Uruguay y Venezuela.

Bajo el proyecto ARCAL XLI (RLA/9/032) “Aseguramiento de la Calidad de Laboratorios que Brinden Servicio de Protección de Radiológica”, se preparó una guía para la Aplicación de los Requisitos Generales para la Calificación de Laboratorios de Calibración y Ensayos , y una para la Aplicación de un Programa de la Garantía de Calidad en Laboratorios que proporcionan los Servicios de Protección Radiológica. Esta última permitirá la evaluación homogénea de los requisitos generales para la aplicación de un Sistema de Calidad basado en la aplicación de ISO/IEC Guía 25 (“Requisitos Generales para la Calificación de Laboratorios de Calibración y Ensayos”).

Desde el 2000, los laboratorios seleccionados de la región han comenzado la ejecución del Programa de Calidad y un programa de intercomparación.

Considerando que la diseminación de información relacionada con la protección radiológica en la región era tan importante, el Boletín ARCAL XX se publicó periódicamente y se creó una “Home page” para mostrar los logros principales, noticias e información general asociadas con el tema. La “Home page” originalmente titulada [www.arcalxx.org.pe](http://www.arcalxx.org.pe) ha adoptado recientemente el título [www.radioproteccion.org.pe](http://www.radioproteccion.org.pe) para permitir la diseminación de todos los tipos de información de interés sobre protección radiológica en la región y no sólo información sobre ARCAL XX.

## Instrumentación Nuclear

Durante la Tercera Fase del Programa ARCAL, ARCAL XIX (RLA/4/011) “Mantenimiento de Instrumentación Nuclear”, continuación del ARCAL II, se realizó desde enero de 1995 a diciembre de 1997.

Un total de 17 países participaron en este proyecto: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, El Salvador, Guatemala, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, Uruguay y Venezuela.

Los objetivos principales del proyecto pueden resumirse como:

- Mejoramiento del servicio de piezas de repuesto;
- Fortalecimiento de las actividades de los 3 Centros de Capacitación Regionales;
- Establecimiento/reforzamiento de un laboratorio en cada uno de los países participantes para la reparación y mantenimiento de los instrumentos nucleares;
- Énfasis en la reparación y mantenimiento de instrumentos nucleares industriales y médicos;
- Favorecer la capacitación especializada en la reparación y mantenimiento de instrumentos nucleares específicos;
- Aumentar la base de datos de los manuales de servicio para la instrumentación nuclear;
- Diseñar y fabricar cantidades pequeñas de equipo nuclear por los países participantes.

El proyecto realizó varias actividades como muestra la tabla inferior:

Tabla III  
**ACTIVIDADES EJECUTADAS BAJO ARCAL XIX (RLA/4/011)**

<b>ACTIVIDADES</b>	<b>CANTIDAD</b>
Cursos en los Centros Regionales	14
Talleres Regionales	7
Seminarios Regionales	1
Establecimiento de Laboratorios Nacionales	3 *
Cursos Nacionales de Capacitación	6
Reuniones de Coordinación	2
Servicio de Piezas de Repuesto	318
Actualización de la Base de Datos	3**

\* - Se establecieron 3 laboratorios nacionales en 3 países diferentes

\*\* - Considerando una por año

Además de estas actividades programadas, se llevaron a cabo otras 27 actividades, principalmente cursos nacionales de capacitación, que no habían sido programadas inicialmente.

El proyecto logró los siguientes resultados:

- Se proporcionaron un total de 318 piezas de repuesto a varios países con un costo total de \$ 51.550. Esta provisión hizo posible la reparación por parte de los laboratorios nacionales y de los Centros Regionales de 240 piezas de equipo diverso, y ocho cámaras gamma, con un valor total de \$ 1.753.350. Para la reparación de equipo e instrumentación se invirtió un total de \$ 296.041, lo que representa una ganancia de \$5.90 por cada dólar invertido.
- Los Centros de Capacitación Regionales de Brasil (analizadores multicanales y electrónica digital) y México (detectores nucleares y electrónica analógica) fueron instalados para desarrollar actividades de capacitación y también reparación de equipos. La tabla inferior muestra las actividades realizadas por cada Centro Regional:

Tabla IV

**ACTIVIDADES EJECUTADAS EN CADA CENTRO REGIONAL QUE PARTICIPO EN ARCAL XIX (RLA/4/011)**

	<b>BRASIL</b>	<b>MEXICO</b>	<b>COLOMBIA(1)</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Cursos de capacitacion</b>	5	6	3	14
<b>Personas capacitadas</b>	10	12	7	29
<b>Equipo reparado</b>	9	43	-	52
<b>Valor de la reparación (US\$)</b>	2,700	15,200	-	17,900
<b>Valor del equipo reparado (US\$)</b>	36,000	440,500	-	476,500

(1) Este Centro Regional fue traspasado a Venezuela.

Hasta el año 1996, cuatro países de la región no habían establecido un laboratorio nacional para la reparación y mantenimiento de instrumentación nuclear. Estos países eran: Costa Rica, Nicaragua, Panamá y República Dominicana. Al final del proyecto, en 1997, Costa Rica, Panamá y Nicaragua tenían sus laboratorios nacionales establecidos y en funcionamiento.

Se publicó un documento técnico sobre el mantenimiento y reparación de equipo nuclear industrial, así como otro documento con el programa para los cursos nacionales de capacitación de reparación y mantenimiento de instrumentación nuclear.

Se capacitó a un total de 259 personas de la región en la reparación y mantenimiento de instrumentación nuclear (médico, industrial, protección radiológica, reactores de investigación, investigación, etc.) a través de los talleres regionales, cursos nacionales y Centros Regionales. Merece la pena destacar que la mayoría de estas actividades de capacitación se llevaron a cabo con la infraestructura y los expertos de la región.

Estos resultados fortalecieron substancialmente las condiciones generales de los países para reparar y mantener la instrumentación nuclear y como consecuencia, su capacidad para

proporcionar buenas condiciones de operatividad en los varios laboratorios de actividades nucleares de la región.

No obstante, el Manual del servicio de la base de datos necesita ser modificado, teniendo en cuenta principalmente Internet. Esta modernización debe ser uno de los objetivos del proyecto que se llevará a cabo durante la Cuarta Fase de ARCAL.

Referente al diseño y producción de equipo específico para la región, se celebró un taller regional para evaluar el equipo de Radioinmunoanálisis producido en Brasil, Cuba, y México. Se publicó un informe técnico sobre la actuación de cada prototipo.

El costo total del proyecto fue de \$ 903.396. De este total, el 38% (\$ 345,016) fue la contribución del OIEA, mientras que el otro 62% (\$ 558,380) fueron contribuciones de los países participantes.

Es importante destacar que a través del refuerzo logrado por los Centros Regionales de Brasil y México, el establecimiento y consolidación de los Laboratorios Nacionales en todos los países y la pericia creada debería conducir con mucha probabilidad, en un futuro cercano, a una independencia sustancial en el área de la reparación y mantenimiento de instrumentación nuclear en América Latina y el Caribe.

Dos nuevos proyectos relacionados con la instrumentación nuclear comenzaron en 1999, ARCAL XXXIV (RLA/4/014) “Calibración de Instrumentación Dosimétrica Utilizada en Radioterapia” y ARCAL XXXV (RLA/4/015) “Reparación y Mantenimiento de Instrumentación Nuclear.”

Bajo el proyecto ARCAL XXXV (RLA/4/015) “Reparación y Mantenimiento de Instrumentación Nuclear”, se llevaron a cabo las siguientes actividades/objetivos en 1999:

- Seis eventos de capacitación regionales que cualificaron a un total de 18 profesionales en el mantenimiento y reparación de analizadores multicanal, MCA y electrónica digital, detectores y cámaras gamma;
- Capacitación de un total de 143 profesionales en cursos de capacitación nacionales sobre mantenimiento y reparación de instrumentos nucleares y médicos generales;
- Establecimiento de 3 nuevos Centros Regionales: de RIA, radiografía y medicina nuclear en Perú, desarrollo de “software” en Cuba y de cámaras gamma en Venezuela;
- Crecimiento de las posibilidades de mantenimiento y reparación de laboratorios nacionales en cuatro países (Ecuador, El Salvador, Nicaragua y Panamá) y de dos centros regionales (México y Brasil),
- Establecimiento de un laboratorio nacional en la República Dominicana. La instalación de este laboratorio proporcionó las condiciones mínimas para reparar y mantener cierto tipo de equipo, principalmente en el área médica, a la mayoría de los países de la región.

La tabla inferior muestra las piezas de repuesto proporcionados por el OIEA, en el marco de los proyectos anteriormente mencionados durante 1999:

Tabla V  
**PIEZAS DE REPUESTO PROPORCIONADAS POR EL OIEA BAJO ARCAL XXXV  
 (RLA/4/015)**

Trabajo realizado	Número/costo
Piezas de repuesto solicitadas	63
Pedidos aceptados por el OIEA	52
Piezas distribuidas	224
Costo Total (US\$)	19,752.00

Bajo el proyecto ARCAL XXXIV (RLA/4/014) “Reparación y Mantenimiento de Instrumentación Nuclear” se tuvieron las actividades/objetivos siguientes:

- Dos eventos de capacitación regionales que permitieron calificar a 17 personas en la calibración eléctrica de electrómetros y cámaras de ionización;
- Diseño y construcción de prototipos de una fuente actual (ARCAL 01) y una fuente de la referencia para verificar la calibración de electrómetros (ARCAL 02). La construcción de las fuentes restantes - una para cada país participante - fue aplazada para su realización durante la Cuarta Fase de ARCAL;
- Establecimiento de una base de datos de equipo fallido y de soluciones recomendadas;
- Establecimiento de tres Centros Regionales - en Brasil, Cuba y México - para la reparación de equipo dosimétrico usado en Radioterapia;
- Elaboración de un manual con los procedimientos para la verificación de la calibración electrónica de electrómetros;
- Establecimiento de la base para un programa de intercomparación;
- Publicación del documento “Calibración Dosimétrica de Instrumentación utilizada en Radioterapia”, describiendo los procedimientos para las fuentes de calibración ARCAL 01 y 02.



## **Técnicas Analíticas Nucleares**

La mayoría de los laboratorios de la región no tiene reconocimiento o acreditación que permita satisfacer las exigencias de calidad de los mercados consumidores en el ámbito nacional e internacional. Para lograr satisfacer a estos mercados se hace necesario que los laboratorios que brindan servicios de análisis puedan demostrar la confiabilidad de los resultados que comunican a los usuarios internos y externos.

Durante la ejecución del proyecto ARCAL IV (RLA/2/003) “Técnicas Analíticas Nucleares”, se desarrollaron acciones tendientes a dar los pasos iniciales para establecer en los laboratorios de la región un Sistema de Gestión de Calidad que asegure su capacidad y competencia técnica.

Uno de los aspectos prioritarios en la ejecución del Plan de Actividades del proyecto ARCAL IV fue el asegurar la calidad del resultado analítico de los laboratorios participantes en el mencionado proyecto, creándose la necesidad de desarrollar un programa para la implantación de Sistemas de Aseguramiento de Calidad en un grupo de laboratorios analíticos de la región.

En consonancia con estas pautas, se llevó a cabo un conjunto de actividades de capacitación que proporcionó los conocimientos y las herramientas básicas para comenzar a introducir conceptos de calidad en los laboratorios analíticos de la región.

Teniendo en cuenta la necesidad de apoyar esta actividad en un grupo de países de la región con laboratorios analíticos en condiciones o con posibilidades de recibir acreditación nacional o internacional, se decidió la ejecución de un proyecto para concretar dicho apoyo, en el que pudiesen participar aquellos países latinoamericanos y caribeños que tuvieran interés en el tema.

El proyecto ARCAL XXVI (RLA/4/013) “Garantía de Calidad en Laboratorios Analíticos”, fue diseñado durante la Fase III para aplicar un Sistema de Calidad sobre la base de la Guía ISO-25:1990 y obtener la acreditación de laboratorios que emplean técnicas nucleares y complementarias por parte de los organismos nacionales o internacionales.

Atendiendo a las necesidades nacionales, el proyecto planteó los siguientes objetivos:

- Diseñar un programa de Aseguramiento de Calidad en los laboratorios analíticos de los países participantes en el proyecto;
- Implantar un Sistema de Aseguramiento de Calidad en dichos laboratorios;
- Lograr un reconocimiento o la acreditación, en el ámbito nacional o internacional, de al menos un laboratorio en cada país participante;
- Disponer de una adecuada infraestructura de informática para la elaboración y procesamiento de la información necesaria para la ejecución del proyecto, y para la creación de una red de comunicación entre los países.

Al final del proyecto se esperan los siguientes resultados:

- Reconocimiento o acreditación de al menos un laboratorio analítico en cada uno de los países participantes en el proyecto;
- Elaboración de un Manual de Aseguramiento de Calidad por cada uno de los laboratorios participantes, así como toda la documentación del Sistema de Calidad.

Los países participantes desde 1997 son: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Cuba, Ecuador, México, Perú, República Dominicana, Uruguay y Venezuela. Al inicio del proyecto, se realizó un diagnóstico mediante encuestas sobre un total de 78 laboratorios que prestaban servicios analíticos para conocer su interés y su situación con respecto a la implantación de un Sistema de Aseguramiento de Calidad (Grado de Avance).

Con los datos reunidos se elaboraron criterios para la selección final de los laboratorios, priorizando aquellos vinculados a instituciones nucleares, las técnicas analíticas nucleares y complementarias como Análisis por Activación Neutrónica - Fluorescencia de Rayos X - Espectroscopía Nuclear - Absorción Atómica, y los laboratorios con mayor grado de avance. En primera instancia se seleccionaron 50 laboratorios para participar en la ejecución del proyecto.

Los laboratorios elaboraron sus respectivos Manuales de Calidad, los cuales fueron presentados por los Coordinadores de Proyecto en su segunda reunión realizada en Santo Domingo, República Dominicana, en noviembre de 1998. Durante el año de 1999 se realizó la evaluación de los 50 laboratorios involucrados en el proyecto.

En el marco de este proyecto se ejecutaron las actividades fundamentales siguientes:

- Dos eventos de capacitación de carácter regional sobre:
  - ◇ Formación de Auditores de Calidad en los laboratorios analíticos. Participaron en este evento un total de 16 personas y un experto del OIEA.
  - ◇ Metrología y calibración en técnicas analíticas. Participaron en este evento un total de 24 personas y dos expertos del OIEA.
- Cinco eventos de capacitación de carácter nacional sobre formación de Auditores Internos, en los cuales participaron más de 50 personas de acuerdo a la información recibida de sólo dos de estos países.
  - ◇ Elaboración de los procedimientos técnicos para la acreditación y/o para obtener un reconocimiento nacional o regional por parte de los laboratorios participantes.
  - ◇ Dos reuniones de expertos para la compatibilización de “software” para el control de calidad de la información analítica y para la revisión del Plan de Ensayo de Aptitud preparado por Chile en el marco del proyecto. En estas reuniones se compatibilizó el programa WINAMIDAS con el programa BAXCER.

- ◇ Trece misiones de expertos del OIEA para asistir a los laboratorios participantes en el proyecto, a realizar los eventos de carácter nacional de formación de Auditores Internos y para la preparación de la documentación técnica correspondiente.
- ◇ Elaboración del Manual de Calidad para los laboratorios participantes, lo cual ha repercutido en un aumento de la calidad de los servicios y trabajos realizados por estos laboratorios.

Como resultado de la ejecución del proyecto en Chile, el laboratorio de Análisis por Activación Neutrónica ha sido ya acreditado por las autoridades nacionales competentes, lo que representa un éxito de la ejecución del proyecto para dicho país y da cumplimiento a uno de los objetivos fundamentales asociados al mismo.

Se realizaron Auditorías Internas en los laboratorios que participan en la ejecución del proyecto, con el fin de detectar el grado de preparación y de avance de cada uno de ellos en el marco del proyecto.

## **Producción y Control de Radiofármacos**

Durante la Fase III se continuaron las acciones iniciadas en la Fase II para el cumplimiento de los objetivos inicialmente establecidos, con énfasis en:

- Capacitar, difundir y elaborar protocolos de radiofármacos terapéuticos basados en Samario153 y otros radionucleidos que presentan características físicas convenientes para su utilización en terapia paliativa del dolor como es el caso de metástasis óseas;
- Desarrollar radiofármacos basados en Tc-99m: proteínas, péptidos, anticuerpos monoclonales;
- Elaborar un Manual sobre Recomendaciones para la Aplicación de Buenas Prácticas de Manufactura en Radiofarmacia;
- Establecer un programa regional compatibilizado en el cual se sientan las bases para la enseñanza universitaria del profesional radiofarmacéutico.

Los resultados alcanzados durante esta Fase III fueron los siguientes:

- Mejoramiento del nivel científico existente en la región, tanto a nivel básico como avanzado. Ello, entre otros, ha permitido a los países de la región el perfeccionamiento de procesos de obtención y control de ligandos para radiofármacos modernos, juegos de reactivos, radiofármacos, células sanguíneas y biomoléculas marcadas;
- Fortalecimiento de la capacidad local para producción y control de radiofármacos de primera y segunda generación, de agentes terapéuticos paliativos del dolor ( $^{153}\text{Sm-EDTMP}$ ) y de biomoléculas tales como IgG como agente diagnóstico en inflamaciones/infecciones, gracias a la capacitación y apoyo en el suministro de reactivos producidos en la región;
- Potenciación de logros en cuanto a generación y/o complementación de la disponibilidad de equipos, infraestructura y recursos humanos para tareas de capacitación, investigación y desarrollo en función de la coordinación de esfuerzos de las actividades del proyecto y otros programas de apoyo, tanto nacionales como internacionales;
- Elaboración de un documento regional sobre compatibilización de Programas de Enseñanza en Radiofarmacia. Ello ha promovido y/o incentivado los contactos con autoridades universitarias locales para la enseñanza a nivel de grado y postgrado de acuerdo a las pautas del documento;
- Redacción de una propuesta armonizada para el Registro y Control Sanitario de los Radiofármacos en Latinoamérica, la cual ha sido puesta a consideración de las autoridades sanitarias de cada país;

- Elaboración, edición y difusión del Manual de Buenas Prácticas Radiofarmacéuticas, cuyo objetivo fundamental es brindar una guía para todos los laboratorios de Radiofarmacia que produzcan, controlen, fraccionen y/o dispensen productos radiofarmacéuticos, con énfasis en los laboratorios de Radiofarmacia Hospitalaria. A la vez, constituye un material de referencia específico para la elaboración de las normas que la autoridad sanitaria competente pueda adoptar para cualquier actividad relacionada con Radiofarmacia.

De lo anterior puede concluirse que la Fase III del proyecto ARCAL XV ha consolidado los logros alcanzados en la Fase II y ha permitido un beneficio directo en la práctica de la Radiofarmacia en cuanto a una mayor profesionalización, mayor cobertura y menores costos, contribuyendo a una mayor independencia nacional y regional, lo que demuestra el impacto socio-económico que ha tenido el desarrollo de este proyecto. Los principales beneficios obtenidos con el desarrollo del proyecto fueron los siguientes:

- Un avance muy importante en la respuesta de los profesionales de Radiofarmacia ante los requerimientos de la Medicina Nuclear, verificándose una mayor disponibilidad de radionucleidos y radiofármacos modernos con recursos propios de la región. Ello resulta en un beneficio directo en la salud, ya que posibilita la utilización de los avances en este campo como, por ejemplo, la utilización de productos terapéuticos en pacientes oncológicos;
- La generación continua de recursos humanos calificados a través de la implantación progresiva de planes de estudio que contemplan la formación del profesional radiofarmacéutico a nivel universitario, de acuerdo a las pautas generales brindadas en el documento regional sobre “Compatibilización de Programas de Enseñanza en Radiofarmacia”;
- El acercamiento y apoyo científico de los especialistas en Radiofarmacia a las autoridades competentes. A través de la propuesta armonizada para el Registro Sanitario de los Radiofármacos, se inicia una etapa de normativa, generalmente ausente en los países de la región;
- Implementación de las Buenas Prácticas Radiofarmacéuticas a través de la difusión del Manual a nivel de todas las etapas que involucran la utilización de un insumo radiofarmacéutico, con especial énfasis en Radiofarmacia Hospitalaria, lo cual constituye un elemento fundamental para garantizar el uso correcto y seguro de los radiofármacos para el diagnóstico en el área de Medicina Nuclear;
- Apoyo a las autoridades gubernamentales, instituciones públicas y privadas relacionadas con el ejercicio de la Radiofarmacia, lo que a la vez promueve un mayor conocimiento de las capacidades y carencias que existen en este campo y, por tanto, facilita las acciones correctivas que puedan llevarse a cabo para su solución.

Como continuación a este proceso de mejora de la calidad de la Radiofarmacia en la región, en 1999 se inició el proyecto ARCAL XXXVIII (RLA/6/038) “Armonización de Normas para el Aseguramiento de Calidad en Radiofarmacia”. El objetivo principal de dicho proyecto es

elaborar un documento técnico sobre un Programa Armonizado de Aseguramiento de la Calidad en Radiofarmacia, considerando los tres tipos de Radiofarmacia existentes: Hospitalaria, Centralizada e Industrial, así como implantar en los países de la región el Programa Armonizado de Aseguramiento de la Calidad en Radiofarmacia.

En el año de 1999 se realizaron dos reuniones de expertos para la elaboración del Documento Técnico sobre el Programa Armonizado de Aseguramiento de la Calidad en Radiofarmacia, el cual fue revisado y enviado a todos los países de la región.

Cuando el Programa esté implantado en todos los países, se dispondrá de los insumos radiofarmacéuticos producidos en la región para diagnóstico y terapia con calidad asegurada. Asimismo, se espera que los procedimientos utilizados en las Radiofarmacias Hospitalarias y Centralizadas respondan a los lineamientos del Programa Armonizado de Aseguramiento de la Calidad elaborado en el marco del proyecto. Ambos resultados se traducirán en un beneficio directo para los pacientes.

## **Aplicación Industrial de Tecnología Nuclear**

El proyecto ARCAL XVI (RLA/8/016) “Aplicaciones Industriales de Tecnología Nuclear”, iniciado en la Fase II continuó durante los primeros años de la Fase III hasta que concluyó en 1998. Así, se llevaron a cabo actividades de asistencia técnica a través del servicio de expertos, demostraciones, entrenamiento, talleres e intercambio de información en las áreas de: trazadores, sistemas de control nucleónico y tecnología de las radiaciones.

Como resultado de lo anterior, se consolidó la utilización de la tecnología de esterilización de productos médicos, a través de la introducción de normativas internacionales como la Norma ISO 11.137 (traducida la versión inglesa al español por Cuba y Chile), se impulsó la construcción de nuevas plantas comerciales de irradiación en Brasil, y se promovió la comprobación del correcto funcionamiento de las instalaciones de irradiación por medio de intercomparaciones dosimétricas entre varios países.

Por otra parte, la realización de talleres y otras actividades de difusión en el área de las radiaciones ionizantes, permitieron iniciar nuevas líneas de investigación y desarrollo, como es el caso del uso de aceleradores de electrones en la descontaminación de gases de chimeneas industriales en Chile y Brasil, desarrollo de nuevos biomateriales en Argentina y Cuba, establecimiento de las bases para Bancos de Tejidos en México, Brasil y Chile. Además, se obtuvo un avance importante en la utilización de la radiación en la curación de pinturas y barnices producidos por UV, como en nuevas formulaciones en el reticulado de plásticos utilizados en el aislamiento de cables en Brasil.

En el área de sistemas de control nucleónico, se obtuvo un avance menor, dado en parte por factores de economía y comercio internacional. A pesar de lo anterior, se diseñaron y construyeron nuevos equipos como los desarrollados en Cuba para la medición de humedad, basados en la reflexión de neutrones para la industria de materiales de construcción, por solo citar un ejemplo.

En cuanto al uso de trazadores, se obtuvieron importantes logros como el de introducir esta tecnología en estudios de impacto ambiental y de recursos hídricos. Cabe señalar que en este sentido, la donación de equipos portátiles de última generación por parte del Gobierno de Francia, ha sido un elemento clave para conseguir los objetivos planteados inicialmente en esta área. En Chile, estos instrumentos han permitido ampliar y optimizar el uso de trazadores en la industria minero-metalúrgica.

Entre los logros obtenidos se pueden mencionar los siguientes:

- Establecimiento de centros regionales y nacionales de capacitación y transferencia tecnológica en distintas áreas seleccionadas;
- Posibilidad de integrar, a través del trabajo realizado, distintas instituciones nacionales con el consiguiente ahorro de recursos humanos y financieros;
- Definición de nuevas líneas de investigación y desarrollo en las áreas de radiaciones ionizantes, trazadores y sistemas de control nucleónico;

- Establecimiento de un foro de gran importancia para conocer y difundir los resultados de investigaciones y desarrollo en las distintas áreas, especialmente a través de los seminarios regionales realizados.

En el año de 1999 se inició el proyecto ARCAL XLIII (RLA/8/024) “Aplicaciones Industriales de la Tecnología de Trazadores y Sistemas de Control Nucleónico”. Los objetivos asignados al proyecto fueron los siguientes:

- Sistematizar, mediante la elaboración de manuales, normas y procedimientos, las metodologías de Tecnología de Trazadores (TT) y Sistemas de Control Nucleónico (SCN). En especial validar “software” y elaborar guías con normas y procedimientos en técnicas y aplicaciones en: (a) Trazadores en producción y recuperación de petróleo; (b) Perfilaje gamma y neutrónico en la industria petrolera y petroquímica; (c) Determinación de tiempos de residencia para diagnóstico en la industria petrolera y petroquímica; (d) Trazadores en plantas de tratamiento de aguas y aguas residuales y (e) Diseño, construcción de prototipos, calibración y operación segura de SCN
- Adaptar y adoptar dichas tecnologías entre los países participantes y dentro de los mismos, y transferirlas desde los Laboratorios Nacionales de Radioisótopos o Universidades a los usuarios finales.
- Establecer y consolidar los Centros de Transferencia de Tecnología para entrenamiento de los países participantes, en coordinación con los usuarios finales de las tecnologías involucradas.
- Elaborar una Guía de Procedimientos para la Implantación de Programas de Gestión de Calidad en productos y servicios vinculados con la utilización de TT y SCN.

En el marco de este proyecto se ejecutaron las actividades fundamentales siguientes:

- Un evento de capacitación de carácter regional para el entrenamiento práctico en aplicaciones del perfilaje gamma y neutrónico en la industria petrolera y petroquímica. Participaron un total de 5 personas de 4 países.
- Tres eventos de capacitación de carácter nacional sobre:
  - ◊ Aplicación de la tecnología de perfilaje gamma en columnas de destilación en refinerías, sistemas de tuberías y similares;
  - ◊ Aplicación de la Tecnología de Trazadores en la industria;
  - ◊ Aplicación de la Tecnología de Trazadores en Plantas de Tratamiento de Aguas y Aguas Residuales.
- Establecimiento de dos Centros Regionales de Transferencia de Tecnología. Uno de los centros quedó establecido en Venezuela y el otro en Brasil.
- Elaboración de los siguientes documentos:
  - ◊ Guía de Procedimientos para el Diseño, Construcción de Prototipos, Calibración y Operación Segura de Sistemas de Control Nucleónico;
  - ◊ Programa de Gestión de Calidad para TT y SCN;
  - ◊ Normas y Procedimientos sobre Tecnología de Trazadores



## Alimentación y Agricultura

La gran diversidad y complejidad del sistema de la producción agrícola en América Latina no sólo está determinado por las diferencias en el ambiente físico tales como suelo, clima, topografía, latitud y altitud, sino también por las condiciones culturales y socio-económicas de los países de la región. Esto supone un gran desafío en la formulación de recomendaciones para la utilización adecuada de los recursos naturales (suelo y agua) y datos externos para reforzar la productividad agrícola.

La ejecución de este proyecto comenzó hacia finales de 1996, duró un total de 5 años y sus objetivos inmediatos fueron:

- Desarrollar estrategias para un uso integrado y eficaz de fertilizantes químicos y fuentes alternativas de nutrientes en los diferentes sistemas de recolección, y
- Establecer mejoras en el uso del agua y del suelo para sostener la productividad del campo y el control de la degradación del suelo, en particular su erosión.

Aunque varios países de la región mostraron interés en el proyecto, sólo ocho reunieron las condiciones para participar: Argentina, Brasil, Chile, Cuba, Guatemala, México, Uruguay y Venezuela.

Durante la primera reunión de Coordinadores de Proyecto celebrada en octubre de 1996 en Irapuato, México, se formuló el Plan de Actividades de la primera parte del proyecto (1997-1998). Además, los principales problemas de fertilidad del suelo y del agua que afectan a la productividad agrícola de los países participantes fueron analizados críticamente así como el papel que las técnicas nucleares podrían jugar en el apoyo a la investigación aplicada como solución.

Como resultado de esta primera reunión, se orientaron las actividades a la recopilación y disseminación de información sobre las tecnologías generadas de antiguos proyectos nacionales de cooperación técnica del OIEA sobre nutrición de las plantas, tierra y uso del agua. En los países participantes, se formaron grupos de científicos y personal técnico con pericia y experiencia en el uso de técnicas nucleares para la realización y coordinación de varias actividades del proyecto. Se estableció una red regional de ensayos de campo, preferentemente localizada en campos agrícolas, para ensayar las tecnologías más prometedoras con respecto al aumento de la productividad agrícola. Se recomendó una estrecha relación con asociaciones de granjeros y servicios derivados. Se han proporcionado técnicas nucleares y afines tales como los medidores de humedad de neutrón y se han utilizado para supervisar la humedad de la tierra y el equilibrio de agua. De igual manera, se proporcionaron materiales etiquetados N-15 y P-32 para reforzar la eficacia de absorción N y P de los fertilizantes químicos y otras fuentes de aumento de la eficacia agronómica, mientras se protege el medioambiente.

Durante la segunda reunión de Coordinadores de Proyecto celebrada en marzo de 1998, en Santiago, Chile, se evaluó el progreso hecho en la ejecución desde la primera reunión y se formuló el Plan de Actividades para la Segunda Fase del proyecto (1999-2000). Se prestó

particular atención a la adecuada ejecución de la red regional de ensayos de campo no sólo para alcanzar los objetivos del proyecto sino también para obtener el impacto deseado transmitiendo los resultados a los usuarios finales. Se publica y distribuye una Hoja informativa sobre el proyecto para mantener a los participantes al tanto de últimos desarrollos.

A finales de 1999, los principales resultados/logros del proyecto fueron los siguientes:

- Mejora de las capacidades científicas existentes en la región a través de capacitaciones como talleres regionales/nacionales, cursos de capacitación nacionales y capacitaciones individuales en los centros especializados de la región y, en caso necesario, en cualquier otra parte. Se entrenó a unos 300 científicos de la región y en algunos países esto llevó a la adopción progresiva de un enfoque conjunto del uso del suelo, agua y sistemas de cosecha.
- Fortalecimiento de las capacidades analíticas isotópicas de los laboratorios de la región a través de los talleres regionales y acoplamiento con los programas internacionales de garantía de calidad implantados por el OIEA en este campo. Se estableció y consolidó una red de laboratorios regionales. La introducción de la garantía de calidad en el análisis de N-15 llevada a cabo en los laboratorios de la región dió resultados excelentes. Cuatro de ellos se calificaron como centros regionales reconocidos del OIEA. Estos mismos laboratorios ya habían solicitado el reconocimiento como Centros Designados de ARCAL. Debe destacarse que todo el análisis de N-15 y la capacitación tuvieron lugar en la región.
- El aumento del conocimiento del potencial de las técnicas nucleares para fomentar la investigación en el aumento de la fertilidad de la tierra y la productividad de la cosecha es evidencia de los resultados obtenidos en la red regional de ensayos de campo en los países participantes. La implantación de esta red regional de ensayos de campo permitió la unión y la integración adecuada entre los investigadores y el trabajo cooperativo con la participación de personal de extensión y los granjeros. También permitió la identificación de nuevas áreas de estudio bajo proyectos nacionales o regionales.
- Diseminación regional del papel de las técnicas nucleares en los estudios del plan de fertilización, del uso del suelo y del agua y del establecimiento regional de una cadena cooperativa a través de la elaboración de Manuales Técnicos en los temas arriba mencionados y la participación en los eventos científicos regionales y nacionales. Se publicaron dos manuales técnicos (uno sobre el uso de fertilizantes P y otro de fertilizantes N) y un libro (traducido del inglés) sobre la fijación biológica de nitrógeno del frijol común en América Latina. Otros manuales técnicos estaban en preparación.

Los informes de los ensayos de campo indicaron que se habían conseguido logros significativos en el desarrollo de paquetes tecnológicos sobre nutrientes y manejo del agua con vistas al incremento de la productividad agrícola. Se planearon las actividades para el año 2000, centradas en la implantación de mecanismos apropiados para la diseminación y transferencia de los resultados a los usuarios finales y beneficiarios con la ayuda de un experto en extensión agrícola.

## **Irradiación Alimentaria**

Los países de la región son productores importantes de alimentos para el consumo interno y para la exportación. Aunque los países tienen una legislación que permite la irradiación de algunos alimentos, la disparidad de las legislaciones y autorizaciones para la irradiación de productos específicos constituye una barrera para el futuro desarrollo de un mercado de alimentos irradiados y para el comercio entre los países. Este obstáculo ha sido determinante en el aplazamiento de la aplicación de la Tecnología de Irradiación de Alimentos (TIA) en la región, especialmente en vista de la importancia de los productos de origen tanto animal como vegetal.

Teniendo en cuenta estas dificultades, en el ámbito del Programa ARCAL XXIX (RLA/5/040) “Desarrollo de Irradiación de Alimentos en Escala Comercial” se preparó un proyecto con los objetivos específicos siguientes:

- Generar y establecer un marco legal y regional que defina la regulación de alimentos irradiados basada en las legislaciones en vigencia y/o nuevas como también en el “Codex Alimentarius General Standard”;
- Asistir a los países de la región en el desarrollo y difusión de información clara y pertinente sobre tecnología de irradiación de alimentos entre grupos objetivos;
- Asistir a los países de la región a transferir la TIA a la industria mediante el desarrollo de productos específicos ya listos para un determinado mercado;
- Asistir a los países con pruebas piloto para conducir pruebas de mercado interregionales.

Con la realización de este proyecto se alcanzaron los siguientes resultados:

- Realización de nueve seminarios nacionales para diseminar la tecnología de irradiación de alimentos: tres en el sector de la salud, con la participación de 210 personas y seis para el sector comercial con un total de 335 participantes;
- Utilización del Reglamento Modelo para Irradiación de Alimentos en América Latina y el Caribe, adoptado en el seminario realizado en Lima, Perú, en 1997, y apoyado por el Grupo Consultivo de Irradiación de Alimentos, para la revisión o elaboración de los reglamentos nacionales de Argentina, Brasil, Chile, Paraguay, Perú y Uruguay;
- Participación de diversas empresas de Brasil, Argentina, Chile y Perú en pruebas recíprocas de transporte de productos irradiados (peras y manzanas entre Argentina y Brasil, pimiento entre Chile y Argentina, café y pimiento entre Argentina y Chile, y cacao entre Perú y Chile).
- Establecimiento de grupos de trabajo en los países para elaborar y adaptar las regulaciones nacionales sobre irradiación de alimentos en base a la experiencia y los resultados obtenidos con la realización del proyecto;

- Elaboración de diversos materiales de divulgación sobre la tecnología de irradiación de alimentos para diseminación en los sectores de la salud y comercial en los países participantes.

Por otro lado, con el objetivo de facilitar la comercialización de frutas que tengan restricciones cuarentenarias en los países de la región se estableció, en el ámbito del Programa ARCAL, el proyecto ARCAL XXXIII (RLA/5/043) “Reglamento Cuarentenario Armonizado para la Irradiación de Frutas”. Los principales objetivos establecidos del proyecto fueron:

- Elaborar un modelo de Protocolo Armonizado para la Investigación de la Eficacia del Tratamiento Cuarentenario por Irradiación que pudiera ser aplicado a cada plaga específica de interés para el comercio regional y internacional.
- Elaborar un modelo de Protocolo de Control para la Certificación del Tratamiento Cuarentenario por Irradiación.

Como resultado de su establecimiento, hasta 1999, se desarrollaron las actividades fundamentales siguientes:

- Revisión de los efectos de la radiación en la biología de las plagas de importancia económica para cada país, así como los efectos de la radiación en frutas frescas con restricciones cuarentenarias.
- Envío de un experto a los países participantes en la ejecución del proyecto, con el fin de evaluar el potencial tratamiento por irradiación de las frutas frescas que tengan restricciones cuarentenarias y en base a los análisis que se realicen, confirmar las propuestas de frutas frescas que en cada país pudieran ser tratadas por irradiación con propósitos de cuarentena y que tengan interés comercial, identificando los elementos fundamentales que deberían ser recogidos en el Protocolo bajo consideración en el marco del proyecto.
- Recopilación de la legislación nacional vigente, con el fin de identificar aquellos aspectos que deberían quedar recogidos en el Protocolo a elaborar en el marco del proyecto.
- Elaboración de una propuesta de Protocolo para el Desarrollo de las Investigaciones sobre el Empleo de la Irradiación como Tratamiento Cuarentenario, para que fuera revisado por las autoridades competentes de cada uno de los países participantes en la ejecución del proyecto.
- Se consideró que durante el año 2000, se elaboraría una propuesta de Protocolo común aceptable para todos los países involucrados en el proyecto.
- Elaboración de una propuesta de Protocolo para la Certificación del Tratamiento Cuarentenario por Irradiación, con el fin de que el mismo sea aceptado por todos los países participantes.

## Salud Humana

### Utilización de Cámaras Gamma

Un proyecto diseñado para “Mejoramiento de Prácticas de Medicina Nuclear” ARCAL XXIII, (RLA/6/027) se llevó a cabo en la región durante el período 1995-1998. El objetivo principal de este proyecto era actualizar las cámaras gamma que existían en la región usando las computadoras personales acopladas con tarjetas de interfase con la ayuda de los programas de “software apropiados”. Con esto, las cámaras gamma viejas podrían ser puestas al día y podrían ser muy útiles para los profesionales de la Medicina Nuclear en el examen clínico moderno.

Bajo este proyecto se llevaron a cabo las siguientes actividades fundamentales:

- Un evento de capacitación regional sobre sistemas para actualización de cámaras gamma . Participó un total de 22 personas;
- Una reunión de expertos para seleccionar la tarjeta de interfase y el software más apropiado para el resultado exitoso del proyecto. Se analizaron tres prototipos de tarjeta de interfase de Cuba, India y Eslovenia. La tarjeta de interfase eslovena fue seleccionada para actualizar las cámaras gamma de este proyecto, junto con el “software” producido por Cuba;
- Suministro de 38 tarjetas de interfase para la actualización del mismo número de cámaras gamma así como 38 paquetes de “software” clínico para el mejor uso de estas cámaras en el tratamiento de pacientes;
- Reunión de un grupo de trabajo de usuarios regionales del sistema PIP, con la participación de 12 personas del mismo número de países;
- Suministro de 21 sistemas de “software” de PIP a países que participan en el proyecto;
- Servicio de Especialistas para la instalación de las tarjetas de interfase proporcionada por el proyecto.

El proyecto concluyó en 1999 con la actualización de más de 50 cámaras gamma viejas que podría representar un ahorro para los países de entre 7 y 11 millones de dólares americanos, dependiendo del costo de adquisición de una nueva cámara gamma en el mercado internacional;

Se determinó la necesidad de armonizar y perfeccionar los protocolos clínicos relacionados con el SPECT utilizado en la región. Por consiguiente, en 1999, el proyecto ARCAL XXXII, (RLA/6/036) “Control de Calidad y Optimización de Protocolos Clínicos de SPECT” se inició con los siguientes objetivos fundamentales:

- Diseño, construcción y uso de un fantoma estándar para los sistemas del control de calidad externos para SPECT;

- Elaborar e implantar un programa de garantía de calidad para las clínicas en la región que tienen los sistemas de SPECT;
- Perfeccionar los protocolos clínicos de SPECT usados en estudios médicos.

Por consiguiente, se llevaron a cabo y se obtuvieron las siguientes actividades y resultados:

- Capacitación de 22 profesionales de 11 países en un evento de capacitación regional sobre Garantía de Calidad en los sistemas de SPECT.
- Diseño de un fantoma ajustado a las necesidades del proyecto. Se determinó que durante el año 2000 se distribuiría un fantoma a cada uno de los países participantes.
- Dos misiones de expertos para elaborar los protocolos siguientes:
  - ◊ Cardíaco;
  - ◊ Cerebral
  - ◊ Otros órganos

Los protocolos cardíacos y cerebral se evaluaron por los países participantes en hospitales seleccionados.

## **Radioterapia**

La radioterapia ha tenido un interés permanente en la región debido principalmente a su impacto social y económico. Por esta razón, ARCAL se ha concentrado en muchos proyectos, cada uno de ellos relacionado con a una práctica específica de este área. Los objetivos principales de estos proyectos han sido:

- Establecer las principales dificultades y necesidades de los países de la región, identificando prioridades y soluciones;
- Fomentar la cooperación regional entre las instituciones dedicadas a los estudios de cáncer;
- Establecimiento de Programas de Garantía de Calidad;
- Crear Centros de Referencia para la capacitación en la región;

Relacionado con la mejora de la calidad de las aplicaciones en Radioterapia, se alcanzaron los siguientes logros:

- Tres eventos de capacitación regionales sobre garantía de calidad clínica para Tecnólogos de Radioterapia. Un total de 73 tecnólogos de Radioterapia participaron en los tres eventos;
- Se prepararon seis protocolos clínicos para el tratamiento de las formas más comunes de cáncer en la región que contribuyen significativamente a la mortalidad por esta enfermedad. Estos protocolos son:

- ◊ Hiperfraccionación acelerada para tumores de cabeza y cuello;
  - ◊ El tratamiento de carcinoma del endometrio por radioterapia;
  - ◊ Radioterapia de cáncer de próstata no avanzado;
  - ◊ Tratamiento de carcinoma cervical según las normas de control de calidad establecidas;
  - ◊ Tratamiento de mantenimiento del cáncer del pecho con radioterapia;
  - ◊ Irradiación segmentaria de cuerpo en las enfermedades de metastasis;
- Se proporcionaron equipos de Braquiterapia con fuentes de cesio para reemplazar las agujas de radio en el tratamiento del cáncer en los países donde tales agujas todavía estaban siendo empleadas. En el caso de Perú, el uso de agujas de radio se redujo al 50%. En los otros países que participan en el proyecto, ya no se usan las agujas de radio para el tratamiento del cáncer;
  - Un total de 24 unidades de cobalto, que ya no reunían los requisitos, se reemplazó en los países participantes.
  - Se realizó un evento de capacitación regional para poner en práctica el Programa de Garantía de Calidad en Radioterapia (los aspectos físicos). Catorce personas participaron en este evento;
  - El segundo grupo de físicos médicos comenzó la capacitación contemplada bajo el proyecto (ocho personas);
  - Un grupo de expertos de la región preparó un documento titulado “Aspectos Físicos de Garantía de Calidad en Radioterapia” que está usándose actualmente en los hospitales seleccionados de diferentes países participantes en el proyecto. El OIEA preparó un TECDOC con este tema, basado en el trabajo de ARCAL.

Especialmente en la región caribeña, la aplicación del proyecto ARCAL XXX (RLA/6/032) “Mejoramiento de la Calidad en Radioterapia” consiguió los siguientes logros:

- Seis auditorías realizadas en igual número de países en Centros de Radioterapia. Se encontró que todos los países habían adquirido la experiencia suficiente para promover su propia auditoría y la mayoría de los hospitales asociados al proyecto ARCAL XXX (RLA/6/032) “Mejoramiento de la Calidad en Radioterapia”, había llevado a cabo los procedimientos de control de calidad para la evaluación. Las conclusiones más importantes sacadas de estas auditorías fueron:
  - ◊ Todos los Centros de Radioterapia participantes fueron incluidos en el programa regular de visitas auditadas promovido por el proyecto;
  - ◊ Todos los países participantes adquirieron la experiencia necesaria para la aplicación de su propia auditoría;
  - ◊ Todas las unidades de Radioterapia participantes fueron revisadas y calibradas para la seguridad de los pacientes;
  - ◊ La mayoría de Centros de Radioterapia participantes en el proyecto había asignado el personal cualificado necesario y los recursos requeridos para llevar a cabo sistemáticamente los controles establecidos por el Programa de Garantía de calidad aprobado. Sólo dos casos mostraron limitaciones de personal importantes;

- ◊ La mayoría de hospitales relacionados con el proyecto pusieron en práctica los controles de la garantía de calidad elaborados bajo el proyecto, aunque en algunos pocos casos los procedimientos tuvieron que ser mejorados;
  - ◊ Ocho hospitales asociados al proyecto experimentaron algunas dificultades durante la ejecución del proyecto; en algunos casos debido al retraso en la llegada de equipo y en otros se asoció al trabajo excesivo en dichos centros.
- Capacitación de diecisiete físicos médicos del Caribe desde 1997. También se capacitó a un especialista en Dosimetría y a un ingeniero.
  - Se asignaron veinte seis nuevos físicos médicos a los hospitales asociados al proyecto, cumpliendo los requisitos mínimos para mejorar el tratamiento de los pacientes en los Centros de Radioterapia de la región.
  - Se constató que todos los Centros de Radioterapia asociados al proyecto tenían un sistema computerizado para el cálculo de las dosis de radioterapia aplicadas a los pacientes.
  - Se sustituyeron, siete Unidades de Radioterapia (Co-60), siguiendo las recomendaciones de los coordinadores del proyecto. Se programó sustituir otras cinco unidades en un plazo de pocos meses. Esto mejoró considerablemente las condiciones de equipamiento de un gran número de hospitales asociados al proyecto.

Se espera extender la experiencia adquirida con el proyecto en Centroamérica y el Caribe a otras sub-regiones.

## **Radiobiología**

En el área de Radiobiología el Programa ARCAL inició en 1999 dos importantes proyectos: uno de ellos sobre Nefrourología y el otro sobre Hepatitis C.

En el caso del proyecto ARCAL XXXVI (RLA/6/037) “Estandarización de Técnicas de Nefrourología Nuclear”, el objetivo principal era lograr un acuerdo entre los grupos de trabajo a nivel latinoamericano que permitiera establecer normas y estandarizar protocolos para las técnicas de diagnósticos en el área de Nefrourología Nuclear. De esta manera se esperaba:

- Elaborar, si la normalización lo permitiera, trabajos cooperativos con casuísticas significativas que validen las técnicas en la región;
- Elaborar y posteriormente actualizar periódicamente un Manual de Normas y Procedimientos para especialistas en Medicina Nuclear y para el Médico Clínico;
- Generar las referencias necesarias para mediar con las casas comerciales proveedoras de equipamiento, con el fin de solicitarles la dotación de programas de “software” considerando las necesidades diagnósticas, en el marco de la unificación de criterio propuesta;
- Promover una mayor difusión y confianza en los métodos de la Nefrourología Nuclear como punto de partida de la racionalización y normalización de los resultados.
- Recopilar datos epidemiológicos, de recursos humanos, instrumentación y suministros que reflejasen la realidad de la región.



En el marco de este proyecto se ejecutaron las actividades fundamentales siguientes:

- Recopilación de todos los procedimientos en vigor en los países de la región en el campo de la Nefrourología Nuclear, con el fin de preparar un documento (Manual) que incluyera todos los procedimientos que resultaron aceptables a los países participantes.
- Elaboración del Manual de Normas y Procedimientos en Nefrourología Nuclear que incluya no sólo los procedimientos Nefrourológicos en Medicina Nuclear, sino también los Protocolos correspondientes.

El Organismo circuló ya la primera versión elaborada del referido Manual a todos los países participantes en la ejecución del proyecto, con el fin de recoger las observaciones y comentarios que se consideren convenientes. Posteriormente, se preparará la versión definitiva de dicho Manual para su aprobación.

En el marco del proyecto ARCAL XL (RLA/6/039) “Diagnóstico y Tamizaje de la Hepatitis C”, se esperaba desarrollar metodologías serológicas de radioinmunoensayo para el diagnóstico de la Hepatitis viral C y su aplicación para tamizaje rutinario en poblaciones donantes de sangre, diagnóstico clínico y estudios epidemiológicos. En particular, se asignaron los siguientes objetivos al proyecto:

- Diseñar modelos de tamizaje y confirmación por HCV en donantes de sangre y pacientes en los países participantes.
- Evaluar los reactivos de RIA desarrollados en la región, para uso de tamizaje por anti-HCV.
- Poner en práctica los métodos evaluados de tamizaje y confirmación para determinar infección por HCV en los países participantes.
- Promover la aplicación del tamizaje por HCV a todas las donaciones de sangre para prevención de la hepatitis C postransfusional en los países participantes.
- Proporcionar métodos diagnósticos de HCV para su uso en la clasificación del tipo de hepatitis viral en casos agudos y crónicos, como herramientas de pronóstico y para estudios epidemiológicos.
- Lograr en los países participantes la producción total o parcial de reactivos de RIA, para su uso en tamizaje y confirmación por HCV.
- Utilizar los datos obtenidos sobre prevalencia de HCV para elaborar recomendaciones a las políticas de prevención y seguimiento, de acuerdo con las posibilidades de cada uno de los países participantes.

En el marco de este proyecto se realizaron las actividades fundamentales siguientes:

- Un evento de capacitación de carácter regional sobre la evaluación y entrenamiento de la aplicación de los isótopos como metodología en el tamizaje y diagnóstico de la Hepatitis C. Participaron en este evento un total de 12 personas de 9 países.
- Distribución de reactivos de HCV por parte de Costa Rica para la realización de las pruebas establecidas por el proyecto.

## **Maestría en Física Médica**

Se estableció un Programa de Maestría en Física Médica, el cual sería aplicado en los próximos años en la región, con el objetivo de mejorar la cantidad y calidad de los físicos médicos que trabajan en la misma región. En ese sentido, se ejecutaron las actividades fundamentales siguientes:

- Elaboración, por parte de un grupo de expertos de la región, de un Programa para la realización del curso de Maestría en Física-Médica a nivel de América Latina y el Caribe.
- Elaboración del examen de aceptación a la Maestría por parte de un grupo de expertos de la región.
- Selección de 19 candidatos para el curso de Maestría que se inició en Caracas, Venezuela, en marzo del año 2000.

Por otro lado, buscando mejorar la práctica radiológica a través de la aplicación de las Normas Básicas de Seguridad Internacional en las Prácticas Médicas en cada país seleccionado, se preparó el proyecto ARCAL mediante el cual se ejecutaron una serie de actividades, entre las cuales destacan las siguientes:

- Un evento de capacitación de carácter regional sobre protección radiológica en diagnóstico por rayos X. Participaron un total de 15 personas de 7 países.
- Elaboración de la primera versión de los siguientes Protocolos:
  - ◊ Protocolo de Garantía de Calidad para las Unidades de Radiografía General.
  - ◊ Protocolo de Garantía de Calidad en Rayos X Odontología Intraoral.
  - ◊ Protocolo de Control de Calidad en Mamografía.
- Evaluación de cinco hospitales participantes en el proyecto, con el fin de conocer las medidas y acciones a tomar para la adecuada aplicación de las Normas Básicas de Seguridad en dichos hospitales. Los hospitales evaluados fueron: Hermanos Ameijeiras, Cuba; San Vicente de Paul, Colombia; José Joaquín Aguirre, Chile; Hospital General, México, y Dos de Mayo, Perú.
- Elaboración de Guías para la Implantación de un Programa de Garantía de Calidad en Protección Radiológica y Seguridad en los hospitales.

## **Tratamiento de Accidentes**

En el marco del Programa ARCAL se han venido ejecutando actividades para el desarrollo de un programa de cooperación regional en Radiopatología y puesta a punto de dosímetros e indicadores biológicos que faciliten la estimación de las dosis absorbidas, así como la toma de decisiones terapéuticas en el marco de una sobreexposición accidental. Al mismo tiempo, ha habido preocupación por consolidar centros de referencia para la asistencia de personas sobreexpuestas, así como laboratorios de referencia para la estimación de dosis.

El principal resultado esperado del proyecto ARCAL XXXVII (RLA/9/031) “Tratamiento Médico en Casos de Accidentes Radiológicos” era la creación de un Sistema Regional de Interacción Permanente en Radiopatología que adoptará la forma de Cuatro Centros de Referencia ubicados en Argentina, Brasil, Chile y Cuba. Estos centros fueron concebidos para brindar en forma coordinada asesoramiento y colaboración eventual en casos de accidentes radiológicos en la región.

Hasta fines de 1999, se ejecutaron las actividades fundamentales siguientes:

- Un evento de carácter regional sobre el desarrollo de un Programa de Capacitación para la Respuesta Médica en Casos de Accidentes Radiológicos en la región. Participaron un total de 4 personas.
- Un evento de capacitación de carácter nacional sobre aspectos médicos relacionados con emergencias radiológicas. Participaron más de 140 personas en dicho evento.
- Elaboración de un Manual de Asistencia a Radioaccidentados y Planificación de la Respuesta en Casos de Accidentes Radiológicos.
- Elaboración de un documento conteniendo Indicadores Biológicos a los Sistemas de Intervención Médica.

## Técnicas Isotópicas en Hidrología

En muchas cuencas hidrogeológicas de Latinoamérica, los acuíferos han experimentado un deterioro permanente por fuentes de contaminación biológica, industrial y agrícola; estas últimas existentes con frecuencia en zonas vecinas a los polos urbanos. Otro fenómeno que interviene en el deterioro de los acuíferos es la explotación intensiva o sobre-explotación de las aguas subterráneas, que en la mayoría de los casos es causada por el deficiente uso de los mismos, lo cual a su vez se refleja en el descenso permanente de los niveles, la formación de grandes conos de depresión y la extracción de aguas más profundas y mineralizadas.

La salinización de acuíferos en ciudades costeras, la subsidencia por disminución de presión hidráulica debido al bombeo, o el anegamiento por emanación en la superficie de agua freática, generalmente contaminada, constituyen otros problemas muy frecuentes en los países latinoamericanos, que afectan al agua subterránea y que en definitiva atentan contra el bienestar del ser humano.

Las condiciones actuales de los acuíferos antes descritas, que son comunes para la mayoría de los países latinoamericanos, exigen la necesidad de realizar estudios con técnicas isotópicas y métodos hidrogeológicos e hidroquímicos tradicionales, que permitan tener un mejor conocimiento sobre el funcionamiento del sistema hidrogeológico de los acuíferos (características hidráulicas, direcciones de flujo, áreas, y volúmenes de recarga y descarga naturales y artificiales, fuentes y tipos de contaminación), que tengan una utilidad práctica en la protección y en el manejo y aprovechamiento racional de las aguas subterráneas.

Con el propósito de solucionar algunos de estos problemas, se ejecutó en el seno de ARCAL XXXI (RLA/8/023) “Gestión Sustentable de los Recursos Hídricos Subterráneos para Áreas Urbanas” un proyecto con los siguientes objetivos fundamentales:

- Determinar el funcionamiento hidrogeológico de los acuíferos seleccionados en la región ;
- Caracterización de la calidad de las aguas con fines de consumo humano;
- Mejorar el conocimiento de la disponibilidad de los recursos de agua subterránea en cantidad y calidad;
- Evaluar la contaminación y vulnerabilidad de las fuentes de agua existentes
- Detectar las fuentes actuales o potenciales de contaminación;
- Identificar los mecanismos de transporte de contaminantes en el subsuelo;
- Elaborar planes de explotación sostenible de las aguas subterráneas;
- Capacitación de profesionales de la región.

Como resultado de la ejecución del proyecto, se realizaron las siguientes actividades:

- Capacitación de 17 profesionales en una actividad regional sobre flujo y transporte de contaminantes en aguas subterráneas;
- Realización de cuatro eventos nacionales en cuatro diferentes países sobre aplicación de técnicas isotópicas en hidrología
- Realización de campañas de mediciones y observaciones en los acuíferos seleccionados, así como envío de las muestras para análisis en los laboratorios designados;
- Procesamiento y evaluación de los resultados de la primera ronda de pruebas.

## Seguridad en Reactores

Algunos de los reactores de la región tienen más de 30 años desde su construcción con grados distintos de utilización. En los reactores de investigación la degradación producida por el envejecimiento depende fuertemente, además de las condiciones de servicio, del grado de utilización de la instalación. A los efectos de reducir la pérdida de capacidad de los sistemas para satisfacer sus funciones de seguridad, se comenzó en la región el programa de Gestión de Envejecimiento, siguiendo las guías proporcionadas por el IAEA-TECDOC-792.

Complementando esta tarea, se incrementó la capacidad en la región con el uso de programas de cálculos basados en técnicas Monte Carlo. Estos programas permiten realizar, con un alto grado de exactitud, cálculos de núcleo, y determinar las fluencias de radiación a que son sometidos los materiales y consecuentemente determinar su degradación por irradiación. Como producto accesorio importante, estas técnicas permiten la evaluación de sistemas experimentales de uso común actualmente en los reactores (haces de neutrones, BNCT), diseño de blindajes y deposiciones de energía.

El Programa ARCAL diseñó un proyecto sobre la Seguridad en los Reactores de Investigación en la región, cuya ejecución se inició en 1999. ARCAL XLIV (RLA/9/033) “Seguridad de Reactores de Investigación”.

Los objetivos del proyecto establecidos fueron los siguientes:

- Hacer frente a los problemas de envejecimiento de los reactores de investigación a través de adecuados programas de gestión de envejecimiento.
- Aplicar los requerimientos y recomendaciones del OIEA en aspectos de diseño, operación, modificación de reactores en lo referente a la gestión del núcleo y la manipulación de combustibles.

En el marco de este proyecto, durante el año de 1999 se ejecutaron las actividades fundamentales siguientes:

- Un evento de capacitación de carácter regional sobre entrenamiento en el manejo del Programa MCNP-4B. Participaron un total de 10 personas de 5 países.
- Evaluación conjunta de los programas de gestión de envejecimiento y de los resultados obtenidos en su aplicación, con el fin de adecuar los programas actuales de gestión de envejecimiento vigentes en los países participantes en la ejecución del proyecto.
- Monitoreo de los sistemas seleccionados para la aplicación del Programa de Gestión de Envejecimiento, con el fin de vigilar el envejecimiento de los componentes, equipos y sistemas, evaluar el impacto que dicho envejecimiento tiene en la seguridad de los reactores de investigación y adoptar las medidas necesarias para la corrección y mitigación de los efectos del envejecimiento.

La aplicación de sistemas de monitoreo en la región permitió actualizar la aplicación de técnicas matemáticas de vibraciones y ruido que permiten la predicción de fallas en sistemas. Este programa ha servido además de complemento a la gestión de envejecimiento, ya que permite establecer bases técnicas de programas de mantenimiento en sistemas de alta complejidad y pocos datos estadísticos, como son los empleados en reactores de investigación.

## Aplicaciones Medioambientales

Las grandes metrópolis de algunos países de la región, tales como Sao Paulo, Ciudad de México, Buenos Aires y Santiago, tienen hoy un problema muy crítico con relación a la calidad del aire. La mejora de la calidad de vida de las poblaciones en esas ciudades depende mucho del monitoreo permanente, de la identificación y caracterización de los elementos químicos contaminantes presentes en la atmósfera, en consonancia con los principios de la Agenda 21.

En la búsqueda de soluciones a estos problemas, el Programa ARCAL inició en 1999 un proyecto (ARCAL XXXIX) (RLA/7/007) “Determinación del Contenido de la Contaminación Atmosférica”, para la determinación del contenido de la contaminación atmosférica en las ciudades arriba mencionadas. Los objetivos principales del proyecto establecidos fueron:

- Realizar la caracterización elemental de la materia particulada presente en la atmósfera en las principales ciudades de Latinoamérica seleccionadas utilizando técnicas nucleares analíticas.
- Caracterizar la partícula de materia por Microscopía Electrónica de Barrido (MEB) y por Microscopía Electrónica de Transmisión (MET).
- Fortalecer los recursos humanos de alto nivel en el manejo de las técnicas en contaminación atmosférica mediante talleres de capacitación;
- Proporcionar a las instituciones interesadas en contaminación atmosférica con información apropiada sobre contaminantes tóxicos.
- Establecer centros regionales para la caracterización elemental de la materia particulada presente en la atmósfera.

En el marco del proyecto ARCAL XXXIX (RLA/7/007) “Determinación del Contenido de la Contaminación Atmosférica”, en 1999 se ejecutaron las actividades fundamentales siguientes:

- Un evento de capacitación de carácter regional sobre la realización de muestras y preparación de muestras. Participaron un total de 7 personas de cuatro países.
- Elaboración de un diseño de estrategias de muestras con el fin de realizar el muestreo de la contaminación atmosférica del aire en las ciudades seleccionadas.
- Realización de las campañas de muestras establecidas en el Plan de Actividades aprobado. Campañas en los países participantes, Argentina, Brasil, Chile y México, así como actividades de control de calidad, análisis químico y armonización de resultados.

## Información Nuclear

Bajo el Programa ARCAL, en 1999 se inició la ejecución de un proyecto para el establecimiento de una Red Regional de Información en la Esfera Nuclear, cuyos objetivos fueron los siguientes:

- Establecer un marco formal para fomentar la cooperación a nivel regional en materia de información nuclear;
- Acordar, de manera sistemática y organizada, dicha cooperación a fin de asegurar su permanencia en el tiempo;
- Ampliar la disponibilidad de información nuclear en los países de la región, mediante el uso compartido de los recursos de las Unidades de Información (UI) participantes a través de las tecnologías de informática y telecomunicaciones;
- Fortalecer las Unidades de Información participantes optimizando su gestión;
- Divulgar la producción científico-técnica generada por los países participantes en el marco regional e internacional;
- Incrementar en número y calidad los productos informáticos de la región;
- Fortalecer el envío de registros a la base de datos del INIS de los países participantes;
- Capacitar y poner al día al personal de las UI en las tecnologías de la información;
- Adquirir los equipos y programas de computadora considerando las especificaciones y requerimientos propuestos para la tecnología informática a desarrollar en el transcurso del proyecto.

En el marco de este proyecto se ejecutaron las actividades fundamentales siguientes:

- Un evento de capacitación de carácter regional, con la participación de 14 países, sobre:
  - ◊ Transferencia electrónica de documentos;
  - ◊ Ingreso de documentos en el INIS;
  - ◊ Promoción y mercadeo de servicios;
  - ◊ Acceso y utilización de bases de datos.
- Utilización compartida de los acervos de publicaciones periódicas y actas de conferencias entre las Unidades de Información existentes en los países participantes en la ejecución del proyecto. A través de este proyecto se posibilitó el acceso al catálogo de publicaciones periódicas vía internet, lo que permitió una mayor difusión a nivel internacional.
- Se fortalecieron todas las unidades de información mediante la adquisición de equipo, la capacitación, la aplicación de nuevas tecnologías y la prestación de otros servicios. Se incrementó el conocimiento y uso de los productos y servicios de la red.
- Divulgación de la producción científico técnica generada por los países en el marco regional e internacional lo cual se incrementó mediante la participación más activa en el INIS y su inserción en los catálogos colectivos y en los acuerdos nacionales.

- Establecimiento de un sistema de intercambio de documentos a través de medios electrónicos (vía Internet), entre las Unidades de Información de los 15 países participantes en la ejecución del proyecto, complementándolo con el acceso a sistemas internacionales de suministro de documentos. Se intercambiaron 1408 documentos en 1999.
- Apoyo a los países en el procesamiento de los registros electrónicos y procesos de contacto fuera de la región.
- Creación de un “Home Page” para la divulgación y acceso a los servicios y productos de la red y mantenimiento del foro electrónico para la discusión de temas de interés común. La dirección es la siguiente: <http://www.cnea.gov.ar/rria>
- Aumento del envío de registros al INIS por parte de los países de la región, así como preparación de instructivos (impresos y/o electrónicos) en español para ayudar en las esferas de entrada de datos. En 1999 se enviaron 3.154 registros (durante los últimos 5 años se enviaron 2.173 registros)
- Revisión del Manual de Recolección de Literatura Científica en el marco del proyecto y su traducción al español.
- Traducción del Manual de Descripción Bibliográfica del INIS.
- Producción de material promocional y de divulgación de temas identificados. Se realizó una tirada de 16.000 ejemplares del material preparado.
- Recopilación e información de los accidentes e incidentes nucleares ocurridos en América Latina y El Caribe (disponible en impresos), así como de leyes, decretos, resoluciones y reglamentos elaborados por los países en el marco de su reglamentación nuclear (disponible por vía electrónica).



## Conclusión

Durante la Fase III del Programa ARCAL, que abarca el período 1995-1999, los Estados Miembros de ARCAL y el OIEA continuaron poniendo en práctica un conjunto de medidas tendientes al fortalecimiento del Programa para beneficio de los países de la región. Entre estas medidas se encuentran las siguientes:

- La adopción de la aplicación del Manual de Procedimientos de ARCAL por parte de los Representantes de ARCAL. En el referido Manual se incluyen todos los procedimientos y los documentos fundamentales asociados al funcionamiento del Programa ARCAL.
- La conclusión de la revisión del folleto sobre la Fase II de ARCAL, el cual fue publicado en el primer semestre del año 2000, y que abarca el período de funcionamiento del Programa comprendido entre 1989 y 1994.
- La conclusión de la aplicación de los procedimientos para la nominación del primer grupo de Centros Designados por ARCAL. El primer grupo de Centros Designados estuvo formado por 24 centros de 9 países de la región. En la Primera Reunión del Organismo de Representantes que luego se realizó en Septiembre de 2000 en Viena (Austria) se aprobó adicionalmente al Instituto de Nutrición y Tecnología de Alimentos (INTA) en Santiago de Chile (Chile) también como Centro Designado por ARCAL.
- El mejoramiento significativo de los niveles de coordinación tanto entre los países como con el Organismo en cada una de las etapas asociadas al ciclo de los proyectos, lo cual ha sido un factor esencial para la obtención de los logros alcanzados por el Programa durante esta Fase III.
- Una mayor participación del Presidente de ARCAL, el Grupo Directivo y de los demás países en todo el proceso de planificación, evaluación, ejecución y aprobación de los proyectos ARCAL.
- Una mayor participación de todos los países en la preparación y ejecución del Programa, así como en la toma de las decisiones fundamentales asociadas a dicho Programa.
- Crecimiento significativo del nivel de ejecución del Plan de Actividades del Programa asociado a cada proyecto, así como la tasa de utilización de los recursos asociados a dichos planes.
- La utilización en base a acuerdos de los recursos limitados asignados al Programa por el Organismo y también el aumento del impacto en el desarrollo socio económico de los países de la región que participan en el Programa.
- Reducción del costo general de ejecución de los proyectos, en particular, de las actividades de capacitación, dirigiendo el esfuerzo a la solución de problemas específicos existentes en los países de la región

La Fase III del Programa ha sido especialmente importante, no sólo por los favorables resultados obtenidos en la ejecución de los proyectos que lo conforman, sino por el inicio del establecimiento y reconocimiento formal del Programa ARCAL como Acuerdo Inter-gubernamental en el seno de los países participantes y en el Organismo.

Los indicadores fundamentales que han sido utilizados para medir los resultados y el impacto de la ejecución del Programa en los países de la región han logrado alcanzar niveles crecientes desde 1995 que no sólo son superiores a los obtenidos en la Fase II, sino que además son los más altos desde la constitución del Programa ARCAL en 1984.

Se espera que durante la Fase IV de ARCAL, una vez concluido el proceso de reestructuración de ARCAL, se concentren los esfuerzos para lograr la mayor eficiencia y efectividad del Programa, con el fin de atender las prioridades y necesidades de los países de la región.

## **Direcciones futuras**

Para la IV Fase de ARCAL se establecieron un conjunto de objetivos y metas. Estos objetivos y metas fueron revisados durante la Reunión del Grupo de Trabajo Conjunto de Representantes, Coordinadores Nacionales y Grupo Directivo que se celebró en Buenos Aires (Argentina) en marzo de 2001 y posteriormente durante la II Reunión del Organo de Coordinación, se propusieron ajustes a las metas. El informe de la reunión de Buenos Aires con los ajustes propuestos en México deberán ser aprobados durante la II Reunión del Organo de Representantes ARCAL en septiembre de 2001. Los objetivos y metas propuestos para la cuarta fase al momento de imprimir este documento son los siguientes:

### **OBJETIVOS:**

- Extender el alcance del Programa ARCAL con el fin de garantizar que los proyectos que se incluyen en el mismo abarquen a todos los sectores del país que hayan sido priorizados en los planes de desarrollo nacionales y en los que sea posible aplicar la ciencia y tecnología nucleares de una manera efectiva y beneficiosa para la solución de problemas y necesidades que hayan sido identificadas por los propios países.
- Alcanzar resultados superiores a los obtenidos en la tercera fase en el proceso de desarrollo de la cooperación técnica entre los países de la región, a través de la consolidación de lo ya realizado hasta el momento en este campo y la ampliación del concepto de CTPD incluyendo otros sectores de interés para la región.
- Incrementar la infraestructura normativa y física para fortalecer las aplicaciones nucleares.
- Apoyar las acciones de capacitación y entrenamiento en el empleo de técnicas radioisotópicas en hidrología y radiotrazadores en la industria.
- Lograr una adecuada dotación de personal capacitado en física médica y radiofarmacia.

### **METAS:**

- Aplicar el Instructivo para la Planificación, Diseño, Evaluación, Aprobación y Ejecución de los Proyectos ARCAL, y el Plan de Cooperación Regional (PCR) para la preparación y aprobación de los proyectos ARCAL.
- Proponer que todos los proyectos que se incluyan en el Programa en la Fase IV puedan ser clasificados como Proyectos Modelos o reúnan las características para ello.
  - ◊ Contribuir al logro de las metas de ARCAL;
  - ◊ Estar dirigidos a la solución de los problemas priorizados en el PCR;
  - ◊ Estar en correspondencia con las estrategias del Departamento de Cooperación Técnica del Organismo.
- Alcanzar no menos del 85% del nivel de cumplimiento de todos los Planes de Actividades asociados a los proyectos que se incluyan en el Programa ARCAL en su cuarta fase.
- Lograr que la tasa de ejecución del presupuesto asociado al Programa ARCAL en su conjunto sea superior al 80% al final de cada año durante el desarrollo de su cuarta fase.

- Establecimiento de dos nuevos Centros Regionales para el mantenimiento y reparación de equipos de rayos X y para la modernización de los “software” para aplicaciones médicas, e incrementar la utilización de los tres Centros ya existentes.
- Lograr, al final de la cuarta fase, que la participación de los países en el financiamiento de los proyectos incluidos en el Programa sea superior al 30% del total de los recursos requeridos y que los recursos provenientes de fuentes externas al Organismo se incrementen con respecto a los niveles alcanzados en las fases anteriores.
- Lograr, al final de la cuarta fase, que más del 80% de los expertos que se requieran para la ejecución de los proyectos ARCAL provengan de la región y que al menos el 80% de la capacitación que se requiera se lleve a cabo primordialmente en la región.
- Lograr que el Acuerdo Intergubernamental para el Programa ARCAL entre en vigor antes de que concluya la cuarta fase.
- Adoptar y poner en práctica el Manual de Procedimientos de ARCAL.
- Existencia en la región de las condiciones para que los principales centros de radioterapia cumplan con los requisitos mínimos de garantía de calidad: existencia en el país, o en países vecinos, de laboratorios de calibración dosimétrica funcionales y reconocidos, un número mínimo de personal capacitado en física médica, radioterapia y técnicas de radioterapia, y aplicación en cada centro de los procedimientos del documento TECDOC-1151.
- Regularizar en los países de la región la aplicación y la vigencia de las guías y procedimientos elaborados por el Programa ARCAL en Protección Radiológica.
- Tener establecido en cada uno de los países de la región al menos un laboratorio nacional para la preparación y mantenimiento de la instrumentación nuclear.
- Poner en práctica el Reglamento Modelo en Materia de Irradiación de Alimentos en la región, así como los Protocolos de Investigación y Certificación correspondientes.
- Establecer al menos en ocho países un laboratorio de referencia calificado en el área de las Técnicas Analíticas Nucleares.
- Concluir la elaboración de los Manuales de Gestión del Suelo, Agua y Plantas en los países de la región.
- Concluir los protocolos de los tipos de cánceres determinados y ponerlos a disposición de los hospitales de los países de la región
- Concluir y poner a disposición de las autoridades sanitarias y nucleares de los países el Programa Armonizado de Aseguramiento de la Calidad en Radiofarmacia.
- Concluir los Protocolos de Nefrourología y Mamografía y ponerlos a disposición de los países de la región.
- Capacitar a más de 100 tecnólogos en Medicina Nuclear mediante la utilización del Curso de Capacitación a Distancia.
- Capacitar a más de 50 operadores de Banco de Tejidos mediante el uso del método de capacitación a distancia y los materiales desarrollados al respecto y elaborar las guías y estándares que se requieran.
- Capacitar a más de 40 Físicos Médicos en el marco del Curso de Maestría en Física Médica que se ejecuta dentro de ARCAL.