



**ARCAL**



**ININ**

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

# **MÉXICO**

## **INFORME DE ACTIVIDADES DESARROLLADAS DURANTE EL AÑO 2013**

Coordinación Nacional de ARCAL  
Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares

Febrero de 2014



# CONTENIDO

	ABREVIATURAS UTILIZADAS	3
1.	RESUMEN EJECUTIVO	5
2.	PARTICIPACIÓN DEL COORDINADOR NACIONAL EN LAS ACTIVIDADES DE ARCAL	13
3.	RESULTADOS, DIFICULTADES Y PROBLEMAS PRESENTADOS DURANTE LA MARCHA DE LOS PROYECTOS Y DEL ACUERDO	15
4.	<b>ANEXOS</b>	35
4.1	PROYECTOS EN LOS QUE MÉXICO PARTICIPÓ DURANTE 2013	35
4.2	PARTICIPACIÓN NACIONAL EN REUNIONES DE COORDINACIÓN, TALLERES Y GRUPOS DE TRABAJO	37
4.3	RECURSOS APORTADOS POR EL PAÍS POR PROYECTO	43
4.4	INFORME SOBRE LA UTILIZACIÓN DE LOS CENTROS DESIGNADOS DE MÉXICO DURANTE 2013	45



## ABREVIATURAS UTILIZADAS

ARCAL	Acuerdo Regional de Cooperación para la Promoción de la Ciencia y la Tecnología Nucleares en América Latina y el Caribe
CEADEN	Centro de Aplicaciones Tecnológicas y Desarrollo Nuclear
CINVESTAV	Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN
CICyTA	Centro de Investigación en Ciencia y Tecnología de los Alimentos
CNSNS	Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
ICMyL	Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM
IIFT	Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical
IMTA	Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
INCA	Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas
INCAN	Instituto Nacional de Cancerología
INER	Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias
INIFAP	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias
INIFAT	Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura tropical
ININ	Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares
IPN	Instituto Politécnico Nacional
ISSEMYM	Instituto de Seguridad Social del Estado de México y Municipios
ISSSTE	Instituto de Seguridad y Servicios Sociales para los Trabajadores del Estado
OCTA	Órgano de Coordinación Técnica de ARCAL
OIEA	Organismo Internacional de Energía Atómica
UAEH	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
UAEM	Universidad Autónoma del Estado de México
UANL	Universidad Autónoma de Nuevo León
UASLP	Universidad Autónoma de San Luis Potosí
UAZ	Universidad Autónoma de Zacatecas
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México



## 1. RESUMEN EJECUTIVO

En 2013, tanto la Coordinadora Nacional como los Coordinadores de Proyecto participaron de forma comprometida en todo el proceso para llegar a la aprobación de nuevos proyectos ARCAL para el bienio 2014-2015, revisando y modificando el diseño de las propuestas e intercambiando información entre los diferentes países e integrantes de grupos de trabajo, incluyendo el OIEA. Se realizó trabajo primeramente en la definición de los conceptos de proyecto, posteriormente en el diseño de los proyectos y finalmente su análisis para la priorización correspondiente. En el mes de noviembre de 2013 la Junta de Gobernadores del Organismo Internacional de Energía Atómica hizo la aprobación financiera de los proyectos del Acuerdo Regional de Cooperación para la Promoción de la Ciencia y la Tecnología Nucleares en América Latina y el Caribe para el bienio mencionado, incluyendo la asignación de recursos financieros para el inicio de actividades en enero de 2014.

Durante el año 2013 México intervino en 13 proyectos desarrollados en el marco del Acuerdo, cuyas instituciones participantes se detallan a continuación.

### INSTITUCIONES MEXICANAS PARTICIPANTES EN PROYECTOS ARCAL DURANTE 2013

INSTITUCIONES	NÚM. DE PROYECTOS
Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ)	6
CINVESTAV	1
Centro Universitario contra el Cáncer (UANL)	1
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (UNAM)	1
Centro Oncológico Estatal (ISSEMYM)	1
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua	1
Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias	1
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	1
<b>TOTAL</b>	<b>13</b>

Se presenta a continuación un resumen de las principales actividades realizadas en los proyectos ARCAL en los que México participó en el año 2013.

#### **RLA/0/037 ARCAL CXIX “Apoyo al aumento sostenible del uso de reactores de investigación en la región de América Latina y el Caribe mediante la creación de redes, el intercambio de experiencias, la conservación de los conocimientos y la capacitación de recursos humanos”.**

De las cinco actividades que se llevaron a cabo en 2013 en este proyecto, participó en cuatro personal de diversas áreas del ININ, mientras que en una no ocurrió así por no cumplir con los requisitos de participación. La calidad de los instructores de los cursos regionales permitió que los objetivos planteados se cumplieran en su totalidad y que los participantes adquirieran conocimientos valiosos para mejorar en la realización de sus actividades. Gracias al curso proporcionado por el OIEA en noviembre de 2013 se están realizando mejoras en la metodología de AxA a fin de obtener la acreditación de la

técnica con ISO-17025. Como resultado del curso se elaboró un programa de actividades que actualmente está en desarrollo.

**RLA/0/046 ARCAL CXXXI “Fortalecimiento de las comunicaciones y asociaciones en los países miembros de ARCAL para mejorar las aplicaciones y la sostenibilidad nucleares”.**

Se participó en el “Curso de capacitación a comunicadores de la región de América Latina: aplicaciones nucleares y comunicación estratégica”, efectuado en Buenos Aires, Argentina del 11 al 15 de noviembre de 2013. El objetivo de este curso fue la asociación estratégica de comunicadores (formar una red de comunicadores) de diversos países, para alcanzar sinergia en la difusión de las aplicaciones de la energía nuclear, a fin de generar una acción de comunicación homologada y sistemática. Sin embargo se ha logrado identificar que los científicos empiezan a entender que necesitan de un comunicólogo para que “traduzca” los logros obtenidos, a un lenguaje coloquial entendido por los ciudadanos. También se llevó a cabo una visita científica sobre el tema de comunicación a la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN), en Santiago, Chile del 18 al 29 de noviembre de 2013.

**RLA/0/049 ARCAL CXXI “Fortalecimiento del entrenamiento del personal técnico en el mantenimiento de primera línea de los instrumentos nucleares usados en las aplicaciones nucleares del uso médico y de laboratorios asociados a estos servicios”.**

Con el objetivo principal del proyecto de optimizar la capacitación del personal mediante diversas acciones, se capacitaron varios profesionales para fortalecer los centros regionales. Estos profesionales se encargaron de transferir el conocimiento adquirido en varios cursos regionales, de forma tal que al menos un profesional de los países participantes pudo recibir este conocimiento. Finalmente en cada país se realizaron cursos nacionales con la participación de la mayor cantidad de profesionales del área de mantenimiento de los hospitales. Durante el segundo año de ejecución del proyecto se organizó un curso nacional de mantenimiento sobre cámaras gamma en el Hospital Escandón con una duración de una semana y el apoyo de un experto de Cuba. En este evento participaron 8 profesionales de diversos hospitales. Finalmente se capacitó en Costa Rica a una persona del INER sobre mantenimiento de tomógrafos computarizados. Actualmente este profesional está encargado de organizar un curso nacional, con el objeto de transferir el conocimiento adquirido y donde se involucre a la mayor cantidad de profesionales dedicados a esta labor, tomando como base los conocimientos teóricos y prácticos adquiridos en el curso regional.

**RLA/1/011 ARCAL CXXIII “Apoyo a la automatización de sistemas y procesos en instalaciones nucleares”.**

México participó junto con otros 14 países de la región, en 18 actividades programadas desempeñando los siguientes roles: organización de la reunión inicial del proyecto, actualización de la metodología de verificación y validación de software, así como de los planes y procedimientos, actualización del material de aprendizaje del curso de capacitación en la metodología y desarrollo de ejemplos, elaboración del material de un curso interactivo desarrollado por Colombia y su posterior revisión. También se participó

en el proyecto con instructores, dirección y participantes en cursos, todo ello con el auspicio del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). Durante 2013 México realizó específicamente las siguientes actividades: a) Revisión del curso interactivo en formato electrónico “Introducción a la metodología de validación de software”, elaborado por Colombia con material de entrenamiento preparado por un profesional mexicano; b) Actualización de 3 planes y 3 procedimientos de la metodología de verificación y validación de software, participando el ININ en la actualización, mientras que la CNSNS y un profesional de Brasil intervinieron en la revisión; c) Coordinación y dirección del curso “Capacitación sobre el Uso del Código GEANT 4 (Monte Carlo) para la estimación de dosis durante automatizaciones de instalaciones con riesgo de exposición a las radiaciones ionizantes”, realizado en el ININ del 28 de enero al 1 de febrero; d) Asistencia de un profesional del ININ al “Curso regional de entrenamiento en la actualización del conocimiento en instrumentos complejos empleando FPGA” en Quito, Ecuador; e) Impartición por un profesional del ININ, del “Curso regional de capacitación sobre ejemplos de aplicación de la metodología de validación de software” en Lima, Perú, del 3 al 7 de junio; f) Revisión por un profesional del ININ de la “Guía para aplicación de QMS a proyectos de sistemas que incluyen FPGA”, desarrollada por Argentina; g) Asistencia de un profesional a la reunión de expertos para “Revisión de los procedimientos y planes desarrollados en el proyecto RLA/4/022 adaptados a los requisitos de estándares ISO-IEC y evaluación de la guía para aplicación de QMS a proyectos de sistemas que incluyen FPGA”, realizada en Santiago, Chile, del 8 al 12 de julio. Se trabaja en el desarrollo de un documento sobre la metodología de verificación y validación de software y en un trabajo sobre automatización donde se aplica la metodología, para su publicación en un documento técnico del OIEA. Es importante resaltar que actualmente existe interés en que el laboratorio de ingeniería de software del ININ, creado en el proyecto RLA/4/022, sea reconocido como centro designado del OIEA.

**RLA/5/051 ARCAL C “Utilización de radionucleidos ambientales como indicadores de la degradación de las tierras en los ecosistemas de América Latina, el Caribe y la Antártida”.**

Este proyecto concluyó en 2013. Su objetivo para ese año fue realizar actividades pertinentes a la culminación operativa, programadas en la Reunión de Coordinadores de 2012 realizada en Irapuato, Gto. Al respecto, se ejerció una beca de capacitación durante 2 meses en el “National Institute of Water and Atmosphere” (NIWA), Nueva Zelanda, sobre la técnica “Compound Specific Stable Isotopes, CSSI”, de gran utilidad complementaria con los isótopos  $^{137}\text{Cs}$  y  $^7\text{Be}$  para evaluar el movimiento de suelo en el sistema de estudio. Derivado de la participación en este proyecto, el Laboratorio de Microbiología Ambiental ha consolidado capacidades de personal técnico-científico para la integración del conocimiento adquirido a las tareas de investigación cotidiana con el uso de técnicas nucleares en los sistemas de producción agrícola a nivel cuenca.

**RLA/5/060 ARCAL CXXVIII “Armonización y Validación de Métodos Analíticos para la Vigilancia del Riesgo para la Salud Humana de los Residuos y Contaminantes Químicos Presentes en los Alimentos”.**

Del 8 al 13 de diciembre del 2013 se realizó la Reunión Final de Coordinadores de Proyecto, en el Centro de Investigación en Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, en Pachuca. Este proyecto se enfocó en la capacitación sobre las metodologías en metales pesados en frutas y hortalizas, a fin de realizar un diagnóstico del contenido de metales pesados en agua de riego y en algunas hortalizas de consumo en el Valle del Mezquital, Hidalgo, México. También se recibió capacitación en la determinación de pesticidas a través de la técnica QuEChERS, entre otros. En el marco del proyecto se recibieron del OIEA algunos de los insumos y reactivos para la determinación de metales pesados. Se realizaron reuniones con el Rector de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, el Secretario de Agricultura del Estado de Hidalgo y el Director del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Hidalgo, entre otros. Hubo además cursos para estudiantes y personal del laboratorio a fin de apoyar el proyecto, teniendo en cuenta su interés para apoyo en la inocuidad de frutas y hortalizas producidas en el Valle del Mezquital, para lo cual se realizaron determinaciones en hortalizas para el desarrollo de técnicas en la optimización de las determinaciones. Con los reactivos y lámparas (lámpara de cátodo hueco codificada para cobre, de cátodo hueco codificada para hierro, de descarga sin electrodos codificada para zinc, de descarga sin electrodos codificada para selenio) compradas con apoyo del OIEA, para la determinación de metales pesados, se realizaron determinaciones de metales pesados en hortalizas, con el equipo de absorción atómica del CICyTA-UAEH y de la empresa Agrolab, a fin de realizar análisis intralaboratoriales.

**RLA/5/063 ARCAL CXXVI “Apoyo a la mejora genética de los cultivos subutilizados y de otros cultivos importantes para el desarrollo agrícola sostenible de las comunidades rurales”.**

En 2013 se llevó a cabo el Curso Regional Caracterización de Germoplasma Nativo y Elaboración de Descriptores, del 18 al 22 de febrero en Texcoco, México, contando con la participación de representantes de 14 países, de los 15 que integran este proyecto. También se seleccionaron 10 asistentes mexicanos de diversas instituciones del país, interesados en el tema. La temática desarrollada abarcó importantes temas, tales como centros de origen y diversificación de plantas, procesos de domesticación de plantas, métodos de descripción de áreas de colecta, descripción y delimitación de áreas de estudio, y aplicación del análisis multivariado a los estudios de diversidad. Otros temas tratados fueron la definición de criterios para la caracterización agro-morfológica de la diversidad con base en respuestas fisiológicas, criterios para la elaboración de manuales para su descripción, caracterización molecular de la diversidad así como técnicas modernas de caracterización molecular. Se dedicó una sesión completa del curso a la presentación de casos de estudio, incluyendo importantes grupos de cultivos como cereales, pseudocereales, chile, leguminosas, cactáceas, soya y frijol chino. Se participó en la Segunda Reunión de Coordinación del Proyecto Coordinado de Investigación “Approaches to Improvement of Crop Genotypes with High Water and Nutrient use Efficiency for Water Scarce Environments” (D1.50.13), celebrado en Kuala Lumpur,

Malasia del 24 al 28 de junio. Con relación a la formación de recursos humanos, un investigador de nuestro país participó en el curso regional “Aplicación de mutación inducida en Mejoramiento Genético”, celebrado en Itajai, Brasil, del 25 al 29 de noviembre. Un investigador del ININ participó en la visita científica MEX/13010V en La Habana, Cuba del 11 al 22 de noviembre de 2013, para actualizar e intercambiar conocimientos sobre mejoramiento genético por mutagénesis radioinducida, establecer las bases para plantear una nueva propuesta de proyecto ARCAL que dé continuidad al actual y profundizar en la vinculación con instituciones clave en la agricultura de Cuba, el CEADEN, INCA, IIFT e INIFAT. La experiencia obtenida en esta visita científica permitirá avanzar en la evaluación de tolerancia a condiciones adversas, de aguacate y pseudocereales *in vitro* aplicando polietilenglicol. Así mismo se aplicarán iniciadores (primers) que ya han sido validados en Cuba, para evaluar la diversidad existente en germoplasma y selecciones sobresalientes de aguacate, mediante ISSR. También se recibió a la investigadora del CEADEN, Adriana Díaz Curbelo (CUB13023), a quién se le brindó entrenamiento con relación a cultivo *in vitro*, multiplicación, conservación de germoplasma y embriogénesis somática en aguacatero y metodologías para asistir la radiomutagénesis de este frutal. La capacitación se proporcionó en el INIFAP de Uruapan, Michoacán, en donde se le brindó capacitación sobre micropropagación de aguacate y marcadores moleculares, y en el ININ sobre métodos de mejoramiento por mutagénesis radioinducida.

#### **RLA/6/061 ARCAL CVII “Capacitación y actualización de los conocimientos en la esfera de Física Médica”.**

Del 18 de febrero al 1 de marzo de 2013 asistieron tres físicos médicos al curso de “Formación en aseguramiento de la calidad en los aspectos físicos y técnicos de radioterapia”, en Argonne, Illinois, USA. Esta capacitación será de gran utilidad en las instituciones a las que pertenecen los participantes dada la importancia de contar con profesionales de la Física Médica Clínica cada vez mejor capacitados y con verdadera competencia profesional para desempeñarse adecuadamente en el ámbito clínico, ya que en un departamento de radioterapia moderno, el Físico Médico Clínico es una pieza clave para la correcta ejecución y entrega de las técnicas de radioterapia más avanzadas que existen en la actualidad.

#### **RLA/6/063 ARCAL CIX “Mejoramiento de la atención a los pacientes con enfermedades cardíacas y con cáncer mediante el fortalecimiento de las técnicas de medicina nuclear en América Latina y el Caribe”.**

Durante 2013 se realizó el Curso Regional en Cardiología Nuclear Avanzada, del 14 al 18 de enero, en las instalaciones del Instituto Nacional de Cardiología de la Ciudad de México. El Impacto de las actividades del proyecto se proyectó en la capacitación de médicos especialistas en Medicina Nuclear, en el área de cardiología nuclear. Mediante la realización del curso se capacitó y actualizó a 180 médicos cardiólogos y 50 médicos nucleares. Se difundieron las ponencias vía electrónica para aquellos que no pudieron asistir y en total se contabilizaron 558 visitas virtuales. Este proyecto ha permitido a México mejorar las aplicaciones clínicas de las técnicas de medicina nuclear en cardiología y oncología, a través de una actualización y homogeneización de los procedimientos en la región, lo que traduce en una realización, interpretación y

diagnóstico más eficaces, mejorando el papel de las técnicas de medicina nuclear en la toma de decisiones como estrategia costo-efectiva en la atención de pacientes con dolencias cardíacas y cáncer. Se obtuvo un entrenamiento regional armonizado para los profesionales involucrados en la práctica de la medicina nuclear en el uso efectivo del SPECT, SPECT/CT, PET/CT, sondas intra-operatorias y métodos terapéuticos, así como en la elaboración de directrices sobre la armonización de los programas de control y aseguramiento de calidad llevados a cabo en los servicios de medicina nuclear. También se participó en la II Reunión Regional sobre los retos para el control del cáncer, en la Ciudad de Panamá, del 30 de octubre al 2 de noviembre.

**RLA/7/014 ARCAL CXVI “Diseño e implementación de sistemas de alerta temprana y evaluación de la toxicidad de las floraciones de algas nocivas en la región del Caribe, mediante la aplicación de técnicas nucleares avanzadas, evaluaciones radioecotoxicológicas y bioensayos”.**

La Reunión Final de Coordinadores de Proyecto se llevó a cabo en Santo Domingo, República Dominicana, del 23 al 25 de octubre de 2013. Uno de los principales objetivos en este proyecto fue contribuir a reducir los riesgos a la salud pública y el daño a las economías locales provocados por florecimientos algales nocivos (FAN), fortaleciendo las capacidades de los Estados Miembros para monitorear las toxinas algales en los recursos pesqueros. Este proyecto ARCAL financiado por el OIEA tuvo una duración de 5 años (2009-2013). Entre las actividades realizadas durante 2013 están las gestiones para recibir la donación de equipo de laboratorio para la extracción de toxinas de florecimientos algales nocivos (9,252.27 libras esterlinas), mismo que fue recibido en septiembre 2013. Se participó en la realización de 11 muestreos mensuales, incluyendo la determinación de variables fisicoquímicas *in situ*, determinación de clorofila, oxígeno y nutrientes disueltos.

**RLA/7/016 CXXVII “Empleo de isótopos para la evaluación hidrogeológica de los acuíferos excesivamente explotados en América Latina”.**

En la mayoría de los países latinoamericanos, las cuencas que presentan altos índices de población son por lo general las que tienen los mayores desarrollos económicos debido a sus actividades productivas. Estas zonas son estratégicas para el desarrollo económico y social de la región y se caracterizan por tener crecimiento acelerado y alta densidad demográfica. La relación entre la población y el volumen de agua disponible indica que la mayoría de las cuencas se encuentra bajo estrés hídrico. Esta circunstancia ha provocado problemáticas muy complejas que inciden en la calidad de vida de los usuarios finales de los recursos hídricos, debido al deterioro de la calidad del agua, escasez, descenso de niveles de los acuíferos, hundimientos y agrietamientos del terreno, etc. En las zonas de mayor afectación se observan abatimientos de nivel con valores que rebasan los 2 m/año y asentamientos del terreno de 15 cm/año. Aunado a esta problemática se presentan los posibles efectos aún desconocidos del cambio climático en la disponibilidad futura de los acuíferos. La proyección de población para el año 2030 para la región latinoamericana es estimada en más de 677 millones de habitantes que demandarán mayores volúmenes de agua. Este proyecto busca ayudar a corregir esta tendencia y evitar que se agudice esta problemática. Entre sus actividades más relevantes están las capacitaciones y entrenamientos obtenidos, así

como la reunión regional sobre interpretación de datos realizada en Panamá a finales del año. Los dos casos de estudio con los cuales participa México e incluidos en el proyecto fueron, la caracterización hidrogeoquímica e isotópica de los flujos de agua subterránea que captan los pozos profundos exploratorios del Sistema de Aguas de la Ciudad de México, y la evaluación de los estratos de agua con baja concentración de arsénico en la zona de reserva exclusiva de agua potable de la Comarca Lagunera.

**RLA/9/072 ARCAL CXXIX “Apoyo a la creación de una base de datos de valores de radiactividad en alimentos típicos de la región de América Latina”.**

Los radionúclidos tanto de origen natural como antropogénico se incorporan al ambiente mediante dispersión, dilución y transporte. Se pueden concentrar en ciertos materiales específicos tales como alimentos, pastos, suelos y otros. La ruta de los radionúclidos en el ambiente se puede observar en todos los niveles de la pirámide ecológica, independientemente de su origen natural o artificial. La presencia de material radiactivo persiste durante años y podría ocasionar cosechas conteniendo radionúclidos. Asimismo, los animales que ingieren pastos conteniendo radionúclidos, transfieren éstos a los alimentos consumidos por el hombre. Por estas razones es de la mayor importancia analizar a través de mediciones la presencia de radionúclidos tanto de origen natural como artificial en alimentos típicos de América Latina, e incorporar los datos en un banco de datos georeferenciados. La caracterización de los valores de fondo radiactivo para los alimentos producidos localmente en la región de América Latina también puede proporcionar un valor agregado a todos los países comprometidos en la exportación de alimentos, porque la certificación radiológica de alimentos es un requisito que han adoptado virtualmente todos los países después de 1986 a consecuencia del accidente de Chernóbil. Los estándares de referencia para demostrar los niveles existentes de concentración de actividad en alimentos son un aspecto importante cuando se firman contratos para exportación de alimentos en el mercado internacional. La creación de una base de datos con información generada por la región misma constituye un resultado relevante para los países. A través de la experiencia de algunos países del área y de programas (software) de uso libre como herramienta útil de conexión, la aplicación puede ser utilizada por grupos grandes de instituciones públicas o privadas, sin la necesidad de asignar recursos importantes para lograr los objetivos trazados. Este proyecto busca establecer una base de datos georeferenciados de mediciones de radiactividad en alimentos típicos de América Latina, usando los beneficios de programas de acceso libre.



## **2. PARTICIPACIÓN DEL COORDINADOR NACIONAL EN LAS ACTIVIDADES DE ARCAL**

En 2013 se aprobaron nuevos proyectos ARCAL para dar inicio en el bienio 2014-2015. Estas actividades requirieron de un esfuerzo intenso en la comunicación por parte de la coordinación del ARCAL y de las contrapartes de las propuestas, para llevar a cabo la revisión, ajuste e intercambio de información con los diferentes países e integrantes de los grupos de trabajo involucrados. En este proceso se trabajó en la definición de los conceptos de proyecto, en el diseño de los proyectos y en los documentos finales, los que se revisaron para su priorización. En el mes de noviembre la Junta de Gobernadores del OIEA aprobó los proyectos ARCAL a desarrollar durante el bienio 2014-2015, así como los recursos financieros para implementación en 2014.

Del 26 al 28 de junio se llevó a cabo en Asunción, Paraguay, la “XIV Reunión del Órgano de Coordinación Técnica de ARCAL (OCTA)”, a la que asistió la Coordinadora Nacional Lydia Paredes Gutiérrez, con la participación de 13 países miembros de ARCAL: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, El Salvador, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, República Dominicana y Uruguay. Por parte de la Secretaría para ARCAL del OIEA participaron el Director de la División para América Latina, Sr. Luis Carlos Longoria, y el Sr. Raúl Ramírez García. En representación de España, en calidad de socio de ARCAL, estuvo presente la Sra. Pilar García, del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT).

Del 13 al 17 de mayo de 2013, la Coordinadora Nacional asistió a la “2ª Reunión de los Grupos de Trabajo Temáticos” del Perfil Estratégico Regional, efectuada en Viena, Austria, con el objetivo de realizar el análisis para la priorización del PER.

Del 16 al 20 de septiembre de 2013, la Coordinadora Nacional de ARCAL asistió a la Quincuagésima Séptima Reunión Ordinaria de la Conferencia General del Organismo Internacional de Energía Atómica, efectuada en Viena, Austria.

La Coordinadora Nacional asistió a la “Tercera Reunión del Grupo de Trabajo de Coordinación y Supervisión del Perfil Estratégico Regional (PER)”, realizada en Viena, Austria del 4 al 8 de noviembre.

En 2013 la Coordinadora atendió la visita al ININ de la Sra. Marta Contreras y el Sr. Rosamel Muñoz, expertos del OIEA, para revisar las acciones instrumentadas en el tema de Comunicación. Dichos trabajos se realizaron en el marco del proyecto RLA/0/046 ARCAL CXXXI “Fortalecimiento de las Comunicaciones y Asociaciones en los Países Miembros de ARCAL para Mejorar las Aplicaciones y la Sostenibilidad Nucleares”.



### **3. RESULTADOS, DIFICULTADES Y PROBLEMAS PRESENTADOS DURANTE LA MARCHA DE LOS PROYECTOS Y DEL ACUERDO**

#### **RLA/0/037 ARCAL CXIX**

**Apoyo al aumento sostenible del uso de reactores de investigación en la región de América Latina y el Caribe mediante la creación de redes, el intercambio de experiencias, la conservación de los conocimientos y la capacitación de recursos humanos**

Fortunato Aguilar Hernández, Coordinador de Proyecto  
ININ

#### **Objetivo**

Aumento de la calidad de vida de la población en América Latina y el Caribe a través de la aplicación de la tecnología nuclear, radioisótopos y radiofármacos y desarrollo de recursos humanos.

#### **Resultados, dificultades y problemas**

Los participantes del Curso de Capacitación Regional sobre Producción de Radioisótopos y Radiofármacos realizaron prácticas demostrativas de: a) Preparación de Columna Generador, b) Biodistribución de MIBI en animales de laboratorio, c) Producción de generadores de Mo-99/Tc-99m, d) Obtención y control de MIBF marcada con I-131 y e) Embalaje de radiofármacos y generadores. Estas prácticas fueron muy importantes y en algunos casos sirvieron para corroborar las actividades realizadas en la Planta de Producción de Radioisótopos del ININ y para realizar pequeños ajustes para mejorar los métodos empleados en el ININ. Se elaboró un informe sobre la Producción y Usos de Radioisótopos y Radiofármacos en América Latina, que sirvió para que todos los países participantes en el proyecto tuvieran un conocimiento general de la producción de radioisótopos y radiofármacos en la región. Teniendo como base este conocimiento se planteó la conveniencia de encontrar una estrategia regional para resolver los problemas de producción, abastecimiento y transporte de radioisótopos y radiofármacos. Se realizaron cursos y talleres en los cuales se compartieron las experiencias en la producción de radiofármacos en los distintos centros de producción, lo cual sirvió para mejorar los métodos de producción. Para el ININ es muy importante elaborar un Plan Estratégico para el reactor TRIGA Mark-III ya que después de la conversión de alto a bajo enriquecimiento, se dispone en su nuevo núcleo de nuevas instalaciones de irradiación in-core, que se planea utilizar para incrementar la capacidad de producción de radioisótopos y realizar irradiaciones de acero tipo vasija de la planta nucleoelectrica de Laguna Verde para estudios de extensión de vida. En vista de lo anterior, el "Meeting on Development and Implementation of Strategic Plans at Research Reactors" resultó de particular importancia y como requisito para la participación en el mismo se estableció que el postulante debía presentar una propuesta de plan estratégico para el reactor de su institución de la cual los

coordinadores de la reunión hicieron una revisión exhaustiva con recomendaciones que se enviaron a los postulantes a fin de que realizaran una nueva propuesta de Plan Estratégico. La nueva propuesta fue analizada en la reunión por todos los participantes y los coordinadores del mismo y se hicieron valiosos comentarios. Los intentos para establecer un Laboratorio del Reactor por Internet representaron un impulso importante a fin de establecer al Reactor TRIGA Mark.III del Centro Nuclear “Dr. Nabor Carrillo Flores” como la herramienta fundamental para la realización del Laboratorio del Reactor, materia que forma parte de la currícula de la Maestría en Ciencias con Especialidad en Ingeniería Nuclear del IPN. Con esta actividad a la vez que se incrementa la utilización del reactor se contribuye a la formación de recursos humanos en el área de las ciencias nucleares. Adicionalmente a lo anterior es importante recalcar que estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la UNAM y de la Facultad de Ciencias de la UAEM realizan por lo menos un experimento por semestre utilizando el reactor. El OIEA realizó el “Workshop on Metrology of Instrumental Neutron Activation Analysis Procedures”, como parte del plan que se tiene para lograr una serie de mejoras en la técnica y servicios del Laboratorio de Análisis por Activación Neutrónica que comprende: a) la instalación de un nuevo laboratorio de conteo con condiciones de temperatura y humedad controlada; b) desarrollo de un nuevo sistema de manejo automático de muestras, y c) mejoras en la metodología de AxA a fin de obtener la acreditación de la técnica con la ISO-17025. Como resultado del curso se elaboró un programa de actividades que actualmente está en desarrollo.

### **Dificultades**

Actualmente está en desarrollo el proceso de relicenciamiento del reactor TRIGA Mark-III ante la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias, lo cual implica la elaboración de la documentación correspondiente, así como atender los cuestionamientos que realiza el personal técnico del ente regulador. Esta actividad ha restringido la disponibilidad del personal para la realización de las actividades de los nuevos proyectos, por lo que el avance en los mismos ha sido limitado.

## **RLA/0/046 - ARCAL CXXXI - Fortalecimiento de las comunicaciones y asociaciones en los países miembros de ARCAL para mejorar las aplicaciones y la sostenibilidad nucleares**

Lydia C. Paredes Gutiérrez, Coordinadora de Proyecto  
Elizabeth Lopez Barragán  
ININ

### **Objetivo**

Aumentar la visibilidad y el impacto de los resultados de los proyectos de ARCAL a través de la creación de una estructura de comunicación especializada que permita la difusión de las aplicaciones nucleares para el desarrollo socio-económico en los países miembros de América Latina y el Caribe.

### **Resultados, dificultades y problemas**

Uno de los resultados obtenidos es la asociación estratégica de comunicadores (formación de una red de comunicadores) de diversos países, para alcanzar sinergia en la difusión de las aplicaciones de la energía nuclear. La divulgación sinérgica ayuda a generar una acción de comunicación homologada y sistemática. Se pretende difundir a la sociedad los beneficios de la energía nuclear, incrementar la confianza en ella y mejorar su percepción. Este reto no es sencillo, pues se deben considerar los siguientes aspectos.

Dado que constituye un desafío para el sector público, se requiere la legitimación de las políticas de ciencia y tecnología a través de canales multimedia y no sólo en foros especializados. Es preciso lograr la obtención de recursos para las áreas de Comunicación y con ello ejecutar las estrategias de difusión planeadas. Sin embargo se ha logrado identificar que los científicos empiezan a entender que necesitan de un comunicólogo que “traduzca” los logros obtenidos a un lenguaje coloquial entendido por los ciudadanos. La divulgación es la continuación de la Ciencia y es lamentable que en América Latina no se tenga Ciencia, sino sólo investigaciones científicas no difundidas ni compartidas con la sociedad.

Se llevó a cabo una visita científica en Santiago de Chile en noviembre de 2013, la cual fue de gran valía por la amplia experiencia compartida en el quehacer y ámbito de acción de Difusión y Extensión, de la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN) y de su equipo de trabajo. Como resultado de esta visita se delinearán las acciones a implementar en materia de comunicación, las cuales contribuirán a integrar la estrategia de promoción y divulgación científica del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ) de México.

## **RLA/0/049 ARCAL CXXI**

### **Fortalecimiento del Entrenamiento del Personal Técnico en el Mantenimiento de Primera Línea de los Instrumentos Nucleares Usado en las Aplicaciones Nucleares del Uso Médico y de Laboratorios Asociados a Estos Servicios**

Pedro Cruz Estrada, Coordinador de Proyecto  
ININ

#### **Objetivo**

Establecer un programa regional de capacitación de recursos humanos para garantizar una formación adecuada de las personas en la operación, pruebas y calibración, mantenimiento y reparación de instrumentos nucleares utilizados en medicina nuclear, control de calidad de la radioterapia y la protección de la radiación asociada con el servicio y equipo de laboratorio.

#### **Resultados, dificultades y problemas**

Se capacitaron ocho profesionales de diferentes instituciones para realizar actividades de mantenimiento preventivo y correctivo de cámaras gamma. Durante el curso de mantenimiento de cámaras gamma se puso en operación y se diagnosticó una cámara gamma del Hospital Escandón, la cual será posible utilizar una vez que se hayan realizado los trámites de licencia ante la CNSNS.

Se capacitó a un profesional del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias, para adquirir las habilidades y conocimientos necesarios para supervisar las actividades de mantenimiento de los tomógrafos computarizados usados en su hospital. Esto tiene el objetivo de garantizar su funcionamiento y una buena calidad de los trabajos (diagnóstico) sin que aumenten o disminuyan las dosis que recibe el paciente.

#### **Dificultades**

No fue fácil involucrar al personal de los hospitales para que participen en las actividades de mantenimiento y reparación de cámaras gamma y tomógrafos computarizados, lo cual se debe generalmente a que los hospitales de México contratan estos servicios. Gracias a este proyecto ahora podrán supervisar las actividades de mantenimiento y reparación de sus cámaras gamma y tomógrafos computarizados, lo cual representará un ahorro económico sustancial porque ya no contratarán asesores para supervisar estos trabajos.

Es necesario continuar promoviendo dentro de los hospitales los conocimientos adquiridos durante la ejecución de este proyecto, así como involucrar al personal de otros hospitales para que participe en las actividades de mantenimiento y reparación de estos equipos mediante Cursos Nacionales.

Por otro lado, en México al igual que en otros países de América Latina la información técnica y el “software” de mantenimiento para este tipo de equipos continúa siendo un problema, por lo que es importante promover la creación de una base de datos con documentos técnicos y/o programas de servicio para estos equipos, la cual puede ser administrada por un país o bien por el OIEA.

### Expertos y conferencistas recibidos

Nombre del experto	País e institución del experto	Fecha inicio y término	Tema y/o actividad	Institución
Dra. Angelina Díaz García	Cuba, CEADEN	19-23 agosto	Impartir el curso nacional de capacitación de primera línea de cámaras gamma	Hospital Escandón, México

## **RLA/1/011, ARCAL CXXIII “Apoyo a la automatización de sistemas y procesos en instalaciones nucleares”**

Elvira Gaytán Gallardo, Coordinadora de Proyecto  
Francisco Javier Ramírez Jiménez  
ININ

Julio R. Salgado González  
CNSNS

### **Objetivo**

Fortalecer la automatización de sistemas y procesos con la garantía de la calidad del software que extiende la vida útil de los instrumentos nucleares

### **Resultados, dificultades y problemas**

Un especialista de México desarrolló el programa y material de entrenamiento para el curso “Introducción a la metodología de validación de software” y se encargó de la revisión del material interactivo en formato electrónico realizado por Colombia. Con esto, México obtuvo el beneficio de contar con la metodología de verificación y validación de software actualizada a estándares ISO e IEC, la cual podrá ser aplicada en las diferentes instituciones que desarrollen o usen software aplicado a la instrumentación de uso nuclear, contribuyendo en el ahorro de costos de análisis, diseño, desarrollo y mantenimiento, y a contar con sistemas robustos. Además, facilitará la comprensión y uso de la metodología en México y contribuirá a que más países conozcan esta metodología y se beneficien con su uso. Al ser distribuida esta metodología en diferentes países miembros de ARCAL, se benefician también las instituciones participantes en el proyecto.

Asistieron 6 participantes del ININ al curso “Capacitación sobre el uso del código GEANT 4 (Monte Carlo) para la estimación de dosis durante automatizaciones de instalaciones con riesgo de exposición a las radiaciones ionizantes”, contribuyendo así a aumentar las capacidades en aplicaciones de simulación, de procesos físicos y en la visualización y análisis de resultados. También el “Curso regional de entrenamiento en la actualización del conocimiento en instrumentos complejos empleando FPGA” permitió a un especialista mexicano introducirse en la metodología FPGA.

El ININ cuenta con una especialista que puede dictar cursos de la metodología de verificación y validación de software a países de América Latina y apoyar en la revisión de documentos relacionados con esta metodología. La coordinadora del proyecto por México fue instructora en el “Curso regional de capacitación sobre ejemplos de aplicación de la metodología de validación de software”, impartido en Lima, Perú, del 3 al 7 de junio de 2013 a participantes del proyecto. Existe interés en que el laboratorio de validación de software sea reconocido como centro regional.

Se participó en el desarrollo de una Guía para aplicación de QMS a proyectos de sistemas que incluyen FPGA, así como en la “Reunión de expertos” realizada en Santiago de Chile, para la revisión de procedimientos y planes desarrollados en el proyecto RLA/4/022 adaptados a los requisitos de estándares ISO-IEC y evaluación de la guía para aplicación de QMS a proyectos de sistemas que incluyen FPGA.

### **Dificultades**

Debido a que el proyecto inició con 4 meses y medio de retraso, fue necesario reprogramar el tiempo de ejecución de algunas de sus actividades.

### **Expertos y conferencistas ofrecidos**

<b>Nombre del experto</b>	<b>País e institución del experto</b>	<b>Fecha inicio y término</b>	<b>Tema y/o actividad</b>	<b>Institución</b>
Elvira Gaytán Gallardo	México, ININ	3-7 junio	Curso regional de capacitación sobre ejemplos de la metodología de validación de software	Instituto Peruano de Energía Nuclear, Lima, Perú
Elvira Gaytán Gallardo	México, ININ	8-12 julio	Revisión de los procedimientos y planes desarrollados en el proyecto RLA/4/022 adaptados a los requisitos de estándares ISO-IEC y evaluación de la guía para aplicación de QMS a proyectos de sistemas que incluyen FPGA	Comisión Chilena de Energía Nuclear, Santiago, Chile
Elvira Gaytán Gallardo	México, ININ	2-6 diciembre	Reunión final del proyecto RLA/1/011	Comisión Nacional de Energía Atómica Buenos Aires, Argentina.

## **RLA/5/051 ARCAL C**

### **Utilización de radionucleidos ambientales como indicadores de la degradación de las tierras en los ecosistemas de América Latina, el Caribe y la Antártida**

Juan José Peña Cabriales, Coordinador de Proyecto  
CINVESTAV, Unidad Irapuato

#### **Objetivo**

Mejorar la conservación y protección del suelo y del medioambiente en Latinoamérica, el Caribe y la Antártida. Establecer una red experimental enfocada a la implementación del uso de radionúclidos para estimar la erosión en sistemas específicos de los países participantes.

#### **Resultados, dificultades y problemas**

A nivel capacitación técnica-científica, la participación en este proyecto ha permitido conformar infraestructura humana sobre el uso de los "Fallout Radionuclides, FRN" para su implementación en estudios sobre erosión y degradación del suelo a nivel cuenca. Dicha técnica complementa los estudios realizados en el Laboratorio de Microbiología Ambiental sobre ciclaje de nutrimentos y prácticas de manejo del suelo en sistemas de producción agrícola, con el uso de técnicas nucleares, coadyuvando a generar información científica de alto impacto agronómico y ambiental que permita a las instituciones relacionadas con la agricultura y el medio ambiente tener información para su análisis y elementos de decisión para potenciales políticas de desarrollo sustentable.

#### **Dificultades**

Debido a que las técnicas implementadas en el desarrollo del proyecto son nuevas para el personal técnico-científico del Laboratorio de Microbiología Ambiental, solamente al final del mismo se consolidaron dichas capacidades técnicas. Por otro lado, en razón de no disponer de instrumentación de análisis de FRN propia (espectrómetro gamma) y a la concordancia de las etapas de muestreo del sistema de interés, se presentaron retrasos en la generación de datos. De gran trascendencia en términos de tiempo y costo resultó la liberación de los materiales donados por el OIEA.

## **RLA/5/060 ARCAL CXXVIII**

### **Armonización y Validación de Métodos Analíticos para la Vigilancia del Riesgo para la Salud Humana de los Residuos y Contaminantes Químicos Presentes en los Alimentos**

Alma Delia Hernández Fuentes, Coordinadora de Proyecto  
UAEH

#### **Objetivo**

Garantizar la seguridad alimentaria y fomentar las buenas prácticas agrícolas y de producción para aumentar las exportaciones de alimentos.

#### **Resultados, dificultades y problemas**

Se avanzó en relación al cumplimiento del objetivo general de asegurar la inocuidad de los alimentos promoviendo las buenas prácticas agrícolas y de producción y aumentando las exportaciones de alimentos, así como en relación al objetivo específico de implementación de sistemas analíticos armonizados para el monitoreo de la inocuidad de los alimentos en los países participantes. Se asistió a más cursos de los programados y además del apoyo económico del OIEA, lo hubo de la UAEH sobre capacitación de métodos de validación para contaminantes inorgánicos, validación de pesticidas, metodologías de detección y análisis de residuos de plaguicidas por QuEChERS, y análisis de riesgo, por parte de profesores de la UAEH y la UAZ. Se tuvo apoyo de los países participantes sobre las técnicas en metales pesados y para la visita a sus laboratorios y capacitación en las técnicas de interés, además de la colaboración para trabajar en forma conjunta. Actualmente se está iniciando con la red de laboratorios en México y se están estableciendo convenios con Agrolab en México, ININ, UAZ y Universidad Autónoma de Chiapas, y se están realizando análisis para la comparación de los resultados intralaboratoriales. Las capacitaciones recibidas mostraron los pasos a seguir para la acreditación de un laboratorio, las áreas que debe tener un laboratorio de contaminantes orgánicos e inorgánicos, los equipos que deben adquirirse por calidad de las determinaciones y fácil manejo, además de la armonización de metodologías en contaminantes orgánicos e inorgánicos y sobre todo la relación con otras instituciones de la región para intercambiar experiencias y apoyo técnico realizando análisis extralaboratoriales. También concientizar a las autoridades del sector académico por parte de universidades, sector gobierno, Secretaría de Agricultura del Estado de Hidalgo y Consejo de Ciencia y tecnología del Estado de Hidalgo, para apoyar en la compra de equipos e insumos para realizar validaciones de las técnicas. Se adquirió un espacio "Laboratorio de Poscosecha" por parte del CICYTA-UAEH con apoyo de la UAEH, equipo menor y de absorción atómica entre otros. Se realizó una evaluación por expertos del Centro de Investigación en Contaminación Ambiental (CICA) de Costa Rica, sobre el proceso para acreditación del laboratorio de Poscosecha del CUCyTA-ICAp-UAEH. Se concluyó un trabajo sobre diagnóstico de metales pesados en aguas y hortalizas en el Valle del Mezquital Hidalgo. Se recibió capacitación mediante cursos, en relación a métodos de validación para contaminantes inorgánicos, validación de

pesticidas, metodologías de detección y análisis de residuos de plaguicidas por QuEChERS y análisis de Riesgo. Se difundieron las metodologías y se realizaron algunos análisis para la comparación de los resultados intralaboratoriales. Se elaboró un documento de acuerdo de cooperación interinstitucional, que fue el ingreso a la red RALACA (Red Analítica de Latino América y el Caribe).

## **RLA/5/063 ARCAL CXXVI**

### **“Apoyo a la mejora genética de los cultivos subutilizados y de otros cultivos importantes para el desarrollo agrícola sostenible de las comunidades rurales”**

Eulogio de la Cruz, Coordinador de Proyecto  
ININ

#### **Objetivo**

Mejorar la disponibilidad y la calidad de cultivos de valor muy especial en Latino América y el Caribe por mutagénesis radio-inducida con énfasis en cultivos subutilizados.

#### **Resultados, dificultades y problemas**

Como resultado de los conocimientos obtenidos en el curso regional “Caracterización de Germoplasma Nativo y Elaboración de Descriptores”, se inició la caracterización de especies nativas con potencial como *Jatropha curcas* y se actualizaron los descriptores de *Chenopodium* y *Amaranthus*, realizándose la caracterización de 21 colectas de *Chenopodium* así como de 26 de *Amaranthus*.

La participación en la Segunda Reunión de Coordinación del Proyecto Coordinado de Investigación “Approaches to Improvement of Crop Genotypes with High Water and Nutrient use Efficiency for Water Scarce Environments”, permitió establecer las metodologías para la evaluación del uso eficiente de fertilizantes en 5 líneas avanzadas de pseudocereales.

Se efectuó una visita científica a la Habana, Cuba del 11 al 22 de noviembre, y como resultado se establecieron en México protocolos para evaluar la tolerancia a condiciones adversas de aguacate y pseudocereales *in vivo* e *in vitro*. Se aplicaron iniciadores (primers) para evaluar mediante ISSR la diversidad existente en 6 colectas de germoplasma y 5 selecciones sobresalientes de aguacate.

Las actividades del proyecto en el país han tenido un impacto significativo en la productividad de los pseudocereales. De las 6 selecciones detectadas en el ciclo anterior (generación M2), en este ciclo se seleccionaron 3 líneas con un rendimiento superior a los 50 g/planta, lo que significa un incremento del 53% en productividad, permitiendo una producción de 1093 kg/ha. Es de destacar que estas tres líneas continúan manteniendo el atributo de precocidad, con una reducción de hasta 45 días al inicio de floración respecto a selecciones tardías, lo que es de gran importancia pues permiten brindar alternativas de cultivo en áreas con problemas de heladas tempranas o tardías.

Con relación al huauzontle, se han seleccionado líneas como la H18 cuya productividad es de hasta 70 g/planta (1.5 ton/ ha). Dentro de los atributos mejorados destaca la panoja grande (hasta 70 cm) y compacta. El análisis bromatológico de esta línea arroja

un contenido de proteínas del 17%, aspecto fundamental para mejorar la nutrición de habitantes de comunidades rurales, sobre todo de grupos étnicos como el otomí, a quienes se les ha distribuido semilla de esta línea para autoconsumo.

Con relación a la chía roja, se han continuado estudios de dos líneas de la generación M2 que además de alta productividad, presentan un contenido de proteínas entre el 15 y el 17%, pero además presentan pigmentos como antocianinas, que se han caracterizado por microscopía electrónica de barrido (MEB) y que pueden servir como colorantes para la agroindustria alimentaria. También el almidón de las líneas de chía roja obtenida por mutagénesis radioinducida ha presentado cualidades óptimas para servir como biomaterial encapsulante en la industria alimentaria y farmacéutica.

Los estudios relativos al aprovechamiento de los pseudocereales obtenidos por mutagénesis radioinducida brindan posibilidades de ampliar los usos y el mercado de estas especies nativas en peligro de extinción. El impacto de estos resultados tiene relevancia al desarrollar nuevos usos y en consecuencia nuevos mercados con posibilidades de arraigar al campesino en su tierra. A la fecha se ha establecido una propuesta de agroindustria a pequeña escala en la comunidad de Opopeo, Michoacán, para generar valor agregado a la chía roja mediante la elaboración de productos para la panificación.

Con relación a aguacate, en la generación V1 se detectaron variantes de porte bajo y precoces en la dosis de 15 Gray. Las selecciones porte bajo obtenidas mediante irradiación a 15 Gray, permiten vislumbrar la posibilidad de incrementar la densidad de plantación de 100 árboles por hectárea a 400, lo que implica un incremento del 400% en la eficiencia de uso del suelo.

#### Expertos y conferencistas recibidos

Nombre del experto	País e institución del experto	Fecha inicio y término	Tema y/o actividad	Institución
Jeff Maughan	Estados Unidos de Norteamérica, Brigham Young University	18 al 22 de febrero	Instructor en el "Curso Regional Caracterización de Germoplasma Nativo y Elaboración de Descriptores", Montecillo, México	Colegio de Posgraduados ININ

#### Contratos de investigación recibidos

Título de la investigación	Título del PCR	Monto asignado	Nombre del investigador	Institución
Improvement of pseudocereals native to Mexico by radioinduced mutagenesis for high yield and enhanced adaptability to climate change	CRPD200013 2.1.1.3 (E 1.03) Crop Improvement for High Yield and Enhanced Adaptability to Climate Change	8,000 euros	Eulogio de la Cruz Torres	ININ

## Conferencistas ofrecidos

Nombre del experto	País e institución del experto	Fecha inicio y término	Tema y/o actividad	Institución
Eulogio de la Cruz Torres	México, ININ	18-22 de diciembre	Ponentes en el <i>Curso Regional Caracterización de Germoplasma Nativo y Elaboración de Descriptores</i>	Colegio de Posgraduados
Porfirio Ramírez Vallejo	México, Colegio de Posgraduados			
Fernando Castillo González				
Heike Vibrans				
Salvador Miranda Colín				
Remigio Guzmán Plazola				
José Luis Chávez Servia				
Arturo Estrada Gómez				
Amalio Santracruz				
Ricardo Lobato				
Heber Aguilar				
Tarcicio Corona				
Manuel Livera Muñoz				
María de la Luz Ramírez				
Jesús Salmerón Erdosay				

## **RLA/6/061 ARCAL CVII**

### **Capacitación y actualización de los conocimientos en la esfera de física médica**

Valdemar Z. González V., Coordinador de Proyecto  
Centro Universitario Contra el Cáncer, UANL

#### **Objetivo**

Capacitar y actualizar conocimientos en física médica y radioterapia, medicina nuclear e imagenología.

#### **Resultados, dificultades y problemas**

Los conocimientos adquiridos en los cursos impartidos en el Argonne National Laboratory, Illinois, U.S.A. serán de mucha utilidad en las instituciones a las que pertenecen los participantes, debido a que en el sector salud público se han hecho compras muy importantes de equipo de radioterapia de última generación con capacidad de ejecutar radioterapia de intensidad modulada dinámica, entre otras aplicaciones altamente sofisticadas. Lo anterior obliga a contar con profesionales de la física médica clínica cada vez mejor capacitados y con verdaderas competencias profesionales para desempeñarse adecuadamente en el ámbito clínico, dado el papel fundamental que desempeñan para la correcta ejecución y entrega de las técnicas de radioterapia más avanzadas que existen en la actualidad.

Los candidatos propuestos para estos eventos serán capaces de coadyuvar para brindar una mejor atención de tratamientos de radiación con técnicas avanzadas, en conjunto con el oncólogo radioterapeuta, a través de la entrega de tratamientos óptimos para el paciente, minimizando las dosis a tejidos sanos y maximizando las dosis a los tumores, cumpliendo con la seguridad radiológica del propio paciente y del personal operador de las unidades de terapia y demás personal paramédico de las instalaciones donde laboren. Lo anterior, es esencial para dar cumplimiento cabal, a las normas y demás regulación que apliquen en cada caso.

La capacitación de alta calidad del físico médico clínico sienta las bases para una buena atención en un departamento de radioterapia moderno, aspecto esencial en la actualidad.

## **RLA/6/063 ARCAL CIX**

### **Mejoramiento de la atención a los pacientes con enfermedades cardíacas y con cáncer mediante el fortalecimiento de las técnicas de medicina nuclear en América Latina y el Caribe**

Neri Obed Hernández Herrera, Coordinador de Proyecto  
Centro Oncológico Estatal, ISSEMYM

#### **Objetivo**

Mejorar la atención de los pacientes con enfermedades cardíacas y cáncer mediante el fortalecimiento de las técnicas de medicina nuclear en América Latina y el Caribe.

#### **Resultados, dificultades y problemas**

El Impacto de las actividades de este proyecto para nuestro país se proyectó en la capacitación de médicos especialistas en Medicina Nuclear en el área de cardiología nuclear, mediante la realización del Curso Regional en Cardiología Nuclear Avanzada, del 14 al 18 de enero en las instalaciones del Instituto Nacional de Cardiología de la Ciudad de México, en donde se capacitaron y actualizaron 180 médicos cardiólogos y 50 médicos nucleares. Se difundieron las ponencias vía electrónica para aquellos que no pudieron asistir y en total se contabilizaron 558 visitas virtuales.

El proyecto ha permitido a México mejorar las aplicaciones clínicas de las técnicas de medicina nuclear en cardiología y oncología a través de la actualización y homogenización de los procedimientos en la región, lo que se deberá traducir en una realización, interpretación y diagnóstico más eficaces. Se mejoró el papel de las técnicas de medicina nuclear en la toma de decisiones como una estrategia costo-efectiva en la atención de pacientes con dolencias cardíacas y cáncer. Se obtuvo entrenamiento regional armonizado para los profesionales involucrados en la práctica de la medicina nuclear en el uso efectivo del SPECT, SPECT/CT, PET/CT, sondas intra-operatorias y métodos terapéuticos, así como en la elaboración de directrices sobre la armonización de los programas de control y aseguramiento de calidad llevados a cabo en los servicios de medicina nuclear.

Para lograr los objetivos propuestos se utilizaron cursos regionales, visitas de expertos a congresos nacionales y la estandarización de los protocolos utilizados en medicina nuclear. En la realización de los cursos regionales se contó con la participación activa de expertos locales, sin costo para el proyecto, muchos de ellos del área clínica, logrando así la integración de la especialidad de medicina nuclear con las especialidades clínicas.

Se llevó a cabo la estandarización y documentación de protocolos clínicos de las siguientes técnicas radioisotópicas de cardiología y oncología nuclear:

### Oncología Nuclear:

- Gammagrafía con análogos de somatostatina
- Gammagrafía mamaria con SESTAMIBI
- SPECT con galio 67 en oncología
- SPECT con talio-201 o Tc-99m SESTAMIBI en oncología
- SPECT de paratiroides
- SPECT óseo
- PET con FDG
- PET con galio68-análogos de somatostatina

### Cardiología Nuclear:

- Perfusión Miocárdica
- Ventriculografía Isotópica
- PET con FDG

Gracias al permanente apoyo, coordinación y liderazgo de la mayoría de los jefes de servicio de medicina nuclear en el país, se logró un importante impacto en el cumplimiento de los objetivos del proyecto. Es importante que este compromiso sea asumido por todos los médicos nucleares de nuestro país, dado que el cumplimiento de las actividades está relacionado directamente con su labor. Por ello se dará seguimiento semestral aun con la finalización de este proyecto.

### **Expertos y conferencistas recibidos**

<b>Nombre del experto</b>	<b>País e institución del experto</b>	<b>Fecha inicio y término</b>	<b>Tema y/o actividad</b>	<b>Institución</b>
Joao Vitola	Brasil, OIEA	14 al 18 de enero	Curso regional en entrenamiento de cardiología nuclear avanzada	Instituto Nacional de Cardiología
Fernando Mut Bastos	Uruguay, Hospital Socorro Mutuos			
Albert Flotas	España, Hospital de Cardiología Nuclear			

## **RLA/7/014 ARCAL CXVI**

### **Diseño e implementación de sistemas de alerta temprana y evaluación de la toxicidad de las floraciones de algas nocivas en la región del Caribe, mediante la aplicación de técnicas nucleares avanzadas, evaluaciones radioecotoxicológicas y bioensayos**

Ana Carolina Ruiz Fernández, Coordinadora de Proyecto  
ICMyL, UNAM

#### **Objetivo**

Contribuir a la reducción de riesgos para la salud pública y para las economías locales producidos por las floraciones de algas nocivas en el área del Caribe mediante la aplicación de técnicas nucleares.

#### **Resultados, dificultades y problemas**

En coordinación con servicios de salud de Sinaloa, se trabajó en marzo-abril en un florecimiento algal tóxico que provocó una contingencia sanitaria, específicamente proveyendo información que permitiera la definición de fechas de establecimiento y culminación de la veda para consumo de moluscos extraídos del puerto y bahía de Mazatlán, debido a la presencia de *Gymnodinium catenatum* en densidades de hasta 6 millones de células/L. La contribución permitió establecer fechas realistas que contribuyan a minimizar el impacto de la contingencia sanitaria sobre la economía de la industria turística del puerto.

#### **Dificultades**

Se recibió la donación de una cámara Cannon para usarla con el microscopio Nikon TS100 pero no se recibió el adaptador que permite tener el campo adecuado en las fotografías. Se ha solicitado el apoyo de Nikon México, pero la respuesta es que no existe un adaptador, aunque están en busca de una solución al problema. Esta experiencia indica que la selección del equipo donado no fue la adecuada, pues no se contempló que tendría que adaptarse a los diversos microscopios que existen en la región.

Durante la segunda mitad del proyecto, la coordinación entre el Oficial Técnico (TO), el Administrador del Proyecto (PMO), el miembro designado del equipo de trabajo (DTM) y el resto de los participantes en la región fue bastante deficiente, razón por la cual no se completaron las actividades propuestas originalmente en el plan de trabajo del proyecto. Se contempla que algunas de estas actividades se incluyan en el nuevo proyecto RLA/7/020 a iniciar en 2014, por lo cual se espera que se realice una capacitación pendiente en el análisis de toxinas marinas por espectrometría de masas.

## **RLA/7/016 ARCAL CXXVII**

### **Empleo de isótopos para la evaluación hidrogeológica de los acuíferos excesivamente explotados en América Latina**

Luis González Hita, Coordinador de Proyecto  
IMTA

#### **Objetivo**

Caracterizar el empleo de isótopos ambientales para determinar el estado hidrogeológico de los acuíferos seleccionados que son intensamente explotados en América Latina y el Caribe

#### **Resultados, dificultades y problemas**

Este proyecto está vinculado con dos casos de estudio de gran importancia y prioridad para el sector hídrico del país. El primero de ellos está directamente relacionado con la exploración de acuíferos profundos del valle de México, con el objetivo principal de precisar la potencialidad y calidad de los recursos de agua existentes en el subsuelo de la ciudad de México. La información que se derive del proyecto coadyuvará en el conocimiento del funcionamiento y calidad del acuífero profundo y, en consecuencia, contribuirá a la obtención de fuentes adicionales de agua para el abastecimiento de la zona metropolitana del valle de México y a reducir el hundimiento del terreno ocasionado por la extracción excesiva a que ha sido sometido el acuífero en explotación. Esta posibilidad ha motivado a las autoridades encargadas del manejo y administración del agua a diseñar y poner en marcha un programa de exploración que contempla la revisión, análisis y actualización de la información existente inherente al caso, a desarrollar estudios de geofísica de exploración y a la perforación de cuatro pozos profundos exploratorios adicionales. Todas estas actividades están orientadas a la exploración, evaluación y desarrollo de los acuíferos profundos del valle de México. Los resultados permitirán beneficiar directamente a una parte importante de la población que habita el valle de México y que ya enfrenta problemas severos de estrés hídrico, permitiendo adicionalmente abatir problemas de hundimiento del subsuelo que impactan de manera significativa las obras de tipo civil.

El segundo caso tiene como propósito evaluar la calidad del agua subterránea en los diferentes estratos que conforman el acuífero granular multicapa de la región lagunera de los estados de Coahuila y Durango, y asociar los constituyentes disueltos del agua subterránea con la composición mineralógica del subsuelo, para definir los horizontes que contienen agua apta para consumo humano. Desde principios de la década de los años 60, instituciones del sector salud reportaron problemas de salud en la población de la Comarca Lagunera, debidos al consumo de agua con elevadas concentraciones de arsénico. El agua proviene del acuífero aluvial que representa la principal fuente de abastecimiento para más de dos millones de habitantes. Los resultados del proyecto contribuirán al diseño de pozos que permitan la extracción selectiva de agua de buena

calidad, acorde con la norma oficial mexicana NOM-127-SSA1-1994, con un impacto favorable para millones de habitantes de la zona estudiada.

### **Dificultades**

En el proyecto participan 14 países de la región latinoamericana. Los especialistas y técnicos responsables de cada caso de estudio han enfrentado dificultades en la interpretación de resultados de campo y laboratorio, especialmente en la modelación hidrogeoquímica de datos. Por limitación de recursos económicos, únicamente se realizaron capacitaciones en los temas de aplicación de isótopos estables en proyectos de hidrología y en la datación de aguas subterráneas. Se pospuso en cambio la capacitación de modelación hidrogeoquímica, originalmente detectada como una necesidad por parte de los participantes en el proyecto. Esta dificultad se ha cubierto de manera limitada a través de consultas con los oficiales técnicos del proyecto y con los expertos instructores de los dos cursos de capacitación desarrollados.

### **Expertos y conferencistas recibidos**

<b>Nombre del experto</b>	<b>País e institución del experto</b>	<b>Fecha inicio y término</b>	<b>Tema y/o actividad</b>	<b>Institución</b>
Iñaki Vadillo Pérez	España	8 al 12 de abril	Instructor del Módulo 1: Aplicación de isótopos estables en proyectos de hidrología	IMTA
Daniel E. Martínez	Argentina	15 al 19 de abril	Instructor del Módulo 2: Datación de aguas subterráneas	IMTA

## **RLA/9/072 ARCAL CXXIX**

### **Apoyo a la creación de una base de datos de valores de radiactividad en alimentos típicos de la región de América Latina**

Ligia Josefina Ruiz Esparza, Coordinadora de Proyecto  
CNSNS

#### **Objetivo**

Caracterización radiológica de la comida típica que se cultiva en América Latina para crear una base de datos georeferenciada.

#### **Resultados, dificultades y problemas**

Durante el año se realizó la capacitación de personal en temas que anteriormente no habían sido incluidos, tales como el uso de software de libre acceso para integrar los datos (localización del punto de muestreo, concentración de actividad de la muestra) en la base de datos regional de América Latina.

Se tuvo intercambio de experiencias con los expertos del OIEA así como de países latinoamericanos participantes en el proyecto. Durante una reunión en Montevideo se discutieron temas técnicos relacionados con el análisis de concentración de radiactividad en alimentos, tales como cálculos de incertidumbre y límites críticos, evaluación de resultados y sistema de la calidad, validación de ensayos (participación en programas de intercomparación de muestras)

Continuó el análisis de muestras de alimentos de México y hasta el momento se han generado resultados por espectrometría gamma de 119 muestras. Los datos obtenidos representan un avance importante para la construcción de una línea base de radionúclidos en alimentos de consumo interno, la cual no ha sido hecha previamente. Una aplicación directa de los valores generados de esta base de datos georeferenciados es el cálculo de dosis por incorporación de radionúclidos en alimentos producidos en el país. Otra aplicación directa es la toma de decisiones a través de la comparación de los valores de radiactividad en alimentos importados en relación con los producidos en el país.

#### **Dificultades**

Una de las dificultades que se presentó fue la carencia del equipo de localización satelital GPS para la ubicación de las muestras que se recolectaron inicialmente. Este equipo ya fue proporcionado y se emplea para obtener los datos de localización de las muestras obtenidas. Otro problema que persiste hasta el momento es la falta de estándares radiactivos para la verificación de calibración por energía y eficiencia de los equipos de espectrometría gamma. Se espera que en breve el OIEA proporcione dichos estándares.

## 4. ANEXOS

### ANEXO 4.1

#### PROYECTOS EN LOS QUE MÉXICO PARTICIPÓ DURANTE 2013

Nº	Código	Título del proyecto	Coordinador del proyecto	Institución
1	RLA/0/037 ARCAL CXIX	Apoyo al aumento sostenible del uso de reactores de investigación en la región de América Latina y el Caribe mediante la creación de redes, el intercambio de experiencias, la conservación de los conocimientos y la capacitación de recursos humanos	Fortunato Aguilar Hernández Tel. +52 (55) 5329 7200 Ext. 13690 fortunato.aguilar@inin.gov.mx	ININ
2	RLA/0/045 ARCAL CXXX	Apoyo al acuerdo regional para el fortalecimiento del programa regional de América Latina	Lydia Paredes Gutiérrez Tel. +52 (55) 5329 7200 Ext. 11000 lydia.paredes@inin.gov.mx	ININ
3	RLA/0/046 ARCAL CXXXI	Fortalecimiento de las comunicaciones y asociaciones en los países miembros de ARCAL para mejorar las aplicaciones y la sostenibilidad nucleares	Lydia Paredes Gutiérrez Tel. +52 (55) 5329 7200 Ext. 11000 lydia.paredes@inin.gov.mx	ININ
4	RLA/0/049 ARCAL CXXI	Fortalecimiento del entrenamiento del personal técnico en el mantenimiento de primera línea de los instrumentos nucleares usado en las aplicaciones nucleares del uso médico y de laboratorios asociados a estos servicios	Pedro Cruz Estrada Tel. +52 (55) 5329 7200 Ext. 14471 pedro.cruz@inin.gov.mx	ININ
5	RLA 1/011 ARCAL CXXIII	Apoyo a la automatización de sistemas y procesos en instalaciones nucleares	Elvira Gaytán Gallardo Tel. +52 (55) 5329 7200 Ext. 12441 elvira.gaytan@inin.gov.mx	ININ
6	RLA/5/051 ARCAL C	Utilización de radionucleidos ambientales como indicadores de la degradación de las tierras en los ecosistemas de América Latina, el Caribe y la Antártida	Juan José Peña Cabriales Tel. +52 (462) 623 9632 jpena@ira.cinvestav.mx	CINVESTAV Irapuato
7	RLA/5/060 ARCAL CXXVIII	Armonización y validación de métodos analíticos para la vigilancia del riesgo para la salud humana de los residuos y contaminantes químicos presentes en los alimentos	Alma Delia Hernández Fuentes Tel. +52 (775) 753 3495 almadhf@yahoo.com.mx	UAEH
8	RLA/5/063 ARCAL CXXVI	Apoyo a la mejora genética de los cultivos subutilizados y de otros cultivos importantes para el desarrollo agrícola sostenible de las comunidades rurales	Eulogio de la Cruz Torres Tel. +52 (55) 5329 7200 Ext. 2304 eulogio.delacruz@inin.gov.mx	ININ
9	RLA/6/061 ARCAL CVII	Capacitación y actualización de los conocimientos en la esfera de física médica	Valdemar Z. González V. Tel. +52 (81) 8333 6863 Ext. 232 vzgonzalez@hotmail.com.	UANL
10	RLA/6/063 ARCAL CIX	Mejoramiento de la atención a los pacientes con enfermedades cardíacas y con cáncer mediante el fortalecimiento de las técnicas de medicina nuclear en América Latina y el Caribe	Neri Obed Hernández Herrera Tel. +52 (722) 276 6820 Ext. 3430 neryobed@yahoo.com.mx	Centro Oncológico Estatl ISSEMYM

11	RLA/7/014 ARCAL CXVI	Diseño e implementación de sistemas de alerta temprana y evaluación de la toxicidad de las floraciones de algas nocivas en la región del Caribe, mediante la aplicación de técnicas nucleares avanzadas, evaluaciones radioecotoxicológicas y bioensayos	Ana Carolina Ruiz Fernández Tel. +52 (669) 985 3845 caro@ola.icmyl.unam.mx	ICMyL UNAM
12	RLA/7/016 ARCAL CXXVII	Empleo de isótopos para la evaluación hidrogeológica de los acuíferos excesivamente explotados en América Latina	Luis González Hita Tel. +52 (777) 3293 600 lghita@tlaloc.imta.mx	IMTA
13	RLA/9/072 ARCAL CXXIX	Apoyo a la creación de una base de datos de valores de radiactividad en alimentos típicos de la región de América Latina	Ligia Josefina Ruiz Esparza Tel. +52 (55) 50 95 32 14 ljruiz@cnsns.gob.mx	CNSNS

## ANEXO 4.2

### PARTICIPACIÓN NACIONAL EN REUNIONES DE COORDINACIÓN, TALLERES Y GRUPOS DE TRABAJO

No	Código del proyecto	Tipo de evento, lugar y fecha	Nombre del participante	Institución	
1	RLA/0/037 ARCAL CXIX	Curso de Capacitación Regional sobre Aspectos Prácticos de la Producción de Generadores de Mo-99/Tc-99 y Radiofármacos de I-131, CENTIS, La Habana, Cuba, 25 de febrero al 1 de marzo de 2013	Carlos César Rodríguez Cuevas	ININ	
			Carla Paulina Zepeda Rojas		
2	RLA/0/037 ARCAL CXIX	"Meeting on Development and Implementation of Strategic Plans at Research Reactors", Viena, Austria, 8 al 12 de julio de 2013	Fortunato Aguilar H.	ININ	
3	RLA/0/037 ARCAL CXIX	Primera Reunión para Iniciar una Red Regional de Radioisótopos (RI) y Radiofármacos (RF), CNEA-Argentina Bariloche, 2 al 6 de septiembre de 2013	Fortunato Aguilar H.	ININ	
			José Ignacio Tendilla del Pozo		
4	RLA/0/037 ARCAL CXIX	Workshop on Metrology of Instrumental Neutron Activation Analysis Procedures at the Caribbean Research Reactor Coalition, Centro Nuclear de México "Dr. Nabor Carrillo Flores", 18 al 22 de noviembre de 2013	Carmen López R. Dolores Tenorio Roberto Raya A. J. Omar Mejía Pastor Enríquez Fortunato Aguilar H.	ININ	
			Yolanda Cañon		Ingeominas-Colombia
			John Preston		UWI, Jamaica
			Peter Bode (Experto)		Univ. Tec. Delft
5	RLA/0/045 ARCAL CXXX	XIV Reunión del Órgano de Coordinación Técnica de ARCAL (OCTA)", Asunción, Paraguay, 26 al 28 de junio de 2013	Lydia Paredes Gutiérrez	ININ	
6	RLA/0/045 ARCAL CXXX	2ª Reunión de los Grupos de Trabajo Temáticos" del Perfil Estratégico Regional, Viena, Austria, 13 al 17 de mayo de 2013	Lydia Paredes Gutiérrez	ININ	
7	RLA/0/045 ARCAL CXXX	Quincuagésima Séptima Reunión Ordinaria de la Conferencia General del OIEA, Viena, Austria, 16 al 20 de septiembre de 2013	Lydia Paredes Gutiérrez	ININ	
8	RLA/0/045 ARCAL CXXX	Tercera Reunión del Grupo de Trabajo de Coordinación y Supervisión del Perfil Estratégico Regional (PER), Viena, Austria, 4 al 8 de noviembre	Lydia Paredes Gutiérrez	ININ	
9	RLA/0/046 ARCAL CXXXI	"Curso Regional de Capacitación a Comunicadores de la Región de América Latina: Aplicaciones Nucleares y Comunicación Estratégica", Buenos Aires, Argentina, 11 al 15 de noviembre de 2013	Elizabeth López Barragán	ININ	
10	RLA/0/046 ARCAL CXXXI	Visita científica, Santiago de Chile, 18 al 29 de noviembre de 2013	Elizabeth López Barragán	ININ	
11	RLA/0/049 ARCAL CXXI	Curso regional de capacitación sobre mantenimiento de primera línea de tomógrafos computarizados, San José, Costa Rica, 29 de julio a 9 de agosto de 2013	Verónica H. Vélez Doris	INER	

12	RLA/0/049 ARCAL CXXI	Curso Nacional de capacitación de primera línea de cámaras gamma, 19 al 23 de agosto de 2013, México, D.F. (Hospital Escandón)	Joab David Díaz García	Sophamex
			Herberth Bravo Hdez.	HB Ingeniería para la salud
			Verónica H. Vélez Donis	INER
			Luis F. Ramírez Hdez.	Hosp. Escandón
			Juan C. Rodríguez R.	Hosp. Escandón
			Álvaro Vera Wong	Hosp. Escandón
			Mario C. Hernández C.	Hosp. Escandón
			Pedro Cruz Estrada	ININ
			Angelina Díaz García (Experta)	Cuba, CEADEN
13	RLA/1/011 ARCAL CXXIII	Capacitación sobre el uso del código GEANT 4 (Monte Carlo) para la estimación de dosis durante automatizaciones de instalaciones con riesgo de exposición a las radiaciones ionizantes, ININ, 28 de enero al 1 de febrero de 2013	Mario Alberto Gadan	CNEA, Argentina
			Gabriela Hoff (Experta)	UBEA-PUCRS, Brasil
			Loreto C. Sepúlveda-Valdebenito	CCHEN, Chile
			José Aníbal Rubio Calcano	CNE, República Dominicana
			Jorge H. Bastidas P.	SCAN, Ecuador
			Jorge E. Flores Herrera	SERNA-DGE Honduras
			Eduardo Cunya Carmona	IPEN, Perú
			Eduardo Manuel Pellicer	MIEM, Uruguay
			Carlos A. Leal Fernández	IVIC, Venezuela
			Pedro Cruz Estrada	ININ
			Jesús de la Torre Orozco	ININ
			Marco Antonio Lucatero	ININ
			Luis Mondragón C.	ININ
			Francisco J. Ramírez J.	ININ
			Eva Leticia Rojas C.	ININ
			Elvira Gaytán Gallardo Instructora y Directora	ININ
José J. Carmona Lemus (Apoyo informático)	ININ			
14	RLA/1/011 ARCAL CXXIII	Curso regional de entrenamiento en la actualización del conocimiento en instrumentos complejos empleando FPGA, Quito, Ecuador, 13-17 de mayo de 2013	Jose Luis González Marroquín	ININ
15	RLA/1/011 ARCAL CXXIII INT/0/085	Curso regional de capacitación sobre ejemplos de la metodología de validación de software, IPEN, Lima, Perú, 3 al 7 de junio de 2013	Elvira Gaytán Gallardo (Instructora)	ININ
16	RLA/1/011 ARCAL CXXIII	Revisión de los procedimientos y planes desarrollados en el proyecto RLA/4/022 adaptados a los requisitos de estándares ISO-IEC y evaluación de la guía para aplicación de QMS a proyectos de sistemas que incluyen FPGA, CCHEN, Santiago de Chile, 8 al 12 de julio de 2013	Elvira Gaytán Gallardo	ININ
17	RLA/1/011 ARCAL CXXIII	Reunión final de coordinadores de proyecto, CNEA, Buenos Aires, Argentina, 2 al 6 de diciembre de 2013	Elvira Gaytán Gallardo	ININ

18	RLA/5/051 ARCAL C	Training on use of Compound Specific Stable Isotope (CSSI) technique, Hamilton, New Zealand, National Institute of Water and Atmosphere, 15 de enero al 15 de marzo de 2013	Sergio de los Santos Villalobos (Becario)	CINVESTAV
19	RLA/5/060 ARCAL CXXVIII	Reunión regional sobre análisis de riesgo y técnicas de monitoreo y muestreo, Uruguay, 11 al 15 de marzo del 2013	Alma Delia Hernández	UAEH
20	RLA/5/060 ARCAL CXXVIII	Curso de validación de métodos analíticos para la cuantificación de metales pesados e introducción a los sistemas de gestión de calidad, CICYTA-ICAP-UAEH, 15 al 20 de abril de 2013	Alma Delia Hernández	UAEH
			José Manuel Pinedo E.	UAZ
			Johan Molina Delgado (Experto OIEA)	CICA Costa Rica
21	RLA/5/060 ARCAL CXXVIII	Curso regional de capacitación sobre residuos de plaguicidas, Belo Horizonte, Brasil, 10 al 22 de septiembre del 2013	Alma Delia Hernández	UAEH
22	RLA/5/060 ARCAL CXXVIII	Auditoría en el Laboratorio de Poscosecha del CICYTA-ICAP-UAEH, 8-15 diciembre de 2013	Mario Masís M. (Auditor)	CICA Costa Rica
23	RLA/5/060 ARCAL CXXVIII	Reunión final del proyecto, CICYTA UAEH, Pachuca, México, 8 al 13 de diciembre de 2013	Anna Lucia Casanas Hasis Villavicencio	Brasil
			Mario Alberto Masís	Costa Rica
			Elizabeth Carazo Rojas	Costa Rica
			Damaris L. Moreno A.	Cuba
			Ma. del Carmen Castillo	Guatemala
			José Manuel Pinedo	UAZ
			Carlos E. Vallejos T.	Nicaragua
			Brenda I. Checa Orrego	Panamá
			Silvia Caballero de C.	Paraguay
			Ana Cecilia Ramos M.	Perú
			Giovanni Galietta	Uruguay
			Nilyan J. Rodríguez S.	Venezuela
			Alma Delia Hernandez	UAEH
			José M. Pinedo Espinoza	UAZ
Britt Maestroni (Experta)	OIEA			
24	RLA/5/063 ARCAL CXXVI	Curso regional Caracterización de Germoplasma Nativo y Elaboración de Descriptores, Montecillo, México, 18 al 22 de febrero de 2013	Eulogio de la Cruz Torres	ININ
			Juan Manuel García	ININ
			Regina Bouchán Glez.	Colegio Posgraduados
			Jesús Salmerón Erdosay	Col. Superior Agropecuario del Edo. de Guerrero
			Fanny Hernández	Colegio Posgraduados
			Victor Hugo Mendoza	Bolivia
			Aura Elena Suchini Farfán	Guatemala
			Michelange Vilner	Haití
			Elba N. Vallejo Rodríguez	Venezuela
			Aura Morales de Borja	El Salvador
			Ximena V. Calderón	Chile
			Cairo Sotelo Niño	Nicaragua
			Ester Wickert	Brasil
			Ruth S Romero Paucar	Perú
Hernán Pablo Burrieza	Argentina			

			Nelson F Amézquita	Colombia
			Noraida de Jesús Pérez	Cuba
			Norman D. Escoto Gudiel	Honduras
			Ramiro Maldonado P.	Colegio Posgraduados
			Marco A. García Perea	Colegio Posgraduados
			Jaime Canul Ku	INIFAP
			Martín Rubí Arriaga	UAEM
			Dolores Briones Reyes	Colegio Posgraduados
			María Rodríguez García	Colegio Posgraduados
25	RLA/5/063 ARCAL CXXVI	Second RCM of the Co-ordinated Research Project "Approaches to Improvement of Crop Genotypes with High Water and Nutrient use Efficiency for Water Scarce Environments", Kuala Lumpur, Malaysia, 24-28 de junio 2013	Eulogio de la Cruz Torres	ININ
26	RLA/5/063 ARCAL CXXVI	Visita científica al INIFAP e ININ, México, 4 al 10 de octubre de 2013	Adriana Díaz Curbelo	CEADEN, Cuba
27	RLA/5/063 ARCAL CXXVI	Visita científica al CEADEN y al INCA, La Habana, Cuba, 11- 22 de noviembre de 2013	Eulogio de la Cruz T.	ININ
28	RLA/5/063 ARCAL CXXVI	Curso Regional "Aplicación da mutación inducida en mejoramiento genético", Itajai, Brasil, 25 al 29 de noviembre de 2013	Juan Manuel García	ININ
29	RLA/6/061 ARCAL CVII	Group Fellowship Training on Quality Assurance in the Physical and Technical Aspects of Radiotherapy, Argonne National Laboratory, Illinois, USA, 18 de febrero al 1 de marzo de 2013	Gabriel I. Hinojosa G.	IMSS Monterrey, N.L.
			Olga Galván de la Cruz	INCAN
			Patricio Vázquez Fdez.	Inst. Nacional de Pediatría
30	RLA/6/061 ARCAL CVII	Group Fellowship Training on Quality Assurance in the Physical and Technical Aspects of Radiotherapy Training and Updating Knowledge in Medical Physics, Argonne National Laboratory, Illinois, USA, 16 al 21 de septiembre de 2013	Cinthia Kotzian Pereira B.	Secretaría de Salud, Saltillo, Coahuila
31	RLA/6/063 ARCAL CIX	Curso regional de capacitación en cardiología nuclear de la teoría a la práctica, Instituto Nacional de Cardiología, México, D.F., 14 al 18 de enero de 2013	Liliana Inés Ríos	Argentina
			Sonia Miranda Beck	Bolivia
			Lidya Nieves Quebedo L.	Bolivia
			Marcos F. Cavalcanti	Brasil
			Elry Medeiros Vieira	Brasil
			Carmen Ana Concha	Chile
			Emperatriz Angarita Díaz	Colombia
			Luis Miguel Escobar Báez	Colombia
			Kenia Maria Padrón G.	Cuba
			Luis M. Rocha Vázquez	Cuba
			Miguel A. Martínez Durán	R. Dominicana
			Carlos A. Rivas Ramos	El Salvador
			Teresa I. Cuadra de C.	Nicaragua
			Ángel Ricardo Rolon Ruiz	Paraguay
			Juan Antonio U. Calderón	Perú
			Richard G. Castro Bertero	Uruguay
			Javier Vilar	Uruguay
			Javier Altamirano Ley	INCAN

			Jorge Luis Cisneros	Medicina Nuclear de Chiapas
			Ivan Eudaldo Díaz M.	Inst. Nal. de Neurología y Neurocirugía
			Gisela Estrada Sánchez	Tomografía Computada Scanner del Sur
			Manlio G. Gama Moreno	Escuela Naval Militar, México
			Jose R. Gómez Garibo	Escuela Naval Militar, México
			Claudia I. Herrera Ayala	ISSEMYM
			Eleazar Ignacio Álvarez	INCAN
			Ma. del Carmen Martínez	ISSSTE
			Luis Matos Pedron	Gammagrafía e Inmunoanálisis
			Rafael H. Morales M.	INCAN
			Adriana C. Puente B.	ISSSTE
			Nicolás Sánchez Casas	ISSSTE
			José Antonio Serna M.	Escuela Naval Militar, México
			Santiago Valencia D.	Médica Sur
			Joao Vitola (Experto)	Brasil
			Fernando Mut Bastos (Experto)	Uruguay
			Albert Flotas (Experto)	España
32	RLA/6/063 ARCALCIX	II Reunión regional sobre los retos para el control del cáncer, Ciudad de Panamá, 30 de octubre al 2 de noviembre de 2013	Alejandro Mohar	INCAN
33	RLA/7/014 ARCAL CXVI	Reunión de coordinación final del proyecto, Santo Domingo, República Dominicana, 23 al 25 de octubre 2013	Rosalba Alonso Rodríguez	ICMyL
34	RLA/7/016 ARCAL CXXVII	Curso regional de capacitación sobre la utilización de técnicas isotópicas en la evaluación de la dinámica de las aguas subterráneas, Módulo 1 : Aplicación de isótopos estables en proyectos de hidrología, Jiutepec, Mor., México, del 8 al 12 de abril de 2013	Etzar R. Gómez López	Bolivia
			Mariza Ramalho Franklin	Brasil
			Valeska Peres de Araujo	Brasil
			Pedro M. Moya Vega	Chile
			Juan Carlos Salgado González	Chile
			Vanessa Paredes Zúñiga	Colombia
			Alicia Ma. Fonseca S.	Costa Rica
			Helga V. Madrigal Solís	Costa Rica
			Dulce Ma. Rodríguez L.	Cuba
			José Luis Núñez	Ecuador
			Dálida Kaymara Vera Q.	Ecuador
			Iñaki Vadillo Pérez (Instructor)	España
			Francisco Javier Lima D.	Honduras
			Max Alejandro Cuevas	CONAGUA
			Luis González Hita	IMTA
			Ismael Mata Arellano	IMTA
			Miguel Ángel Mejía	IMTA
			Libier Marisela Peña D.	UASLP

			Javier A. Barberena M.	Nicaragua
			Orlando Antonio Leone	Panamá
			Pedro Salinas Serrano	Panamá
			Wilson Serafín Cepeda M.	R. Dominicana
35	RLA/7/016 ARCAL CXXVII	Curso regional de capacitación sobre la utilización de técnicas isotópicas en la evaluación de la dinámica de las aguas subterráneas, Módulo 2: Datación de aguas subterráneas, Jiutepec, Mor., 15 al 19 de abril de 2013	Daniel E. Martínez (Instructor)	Argentina
			Rafael Augusto Cortez	Bolivia
			Mariza Ramalho Franklin	Brasil
			Valeska Peres de Araujo	Brasil
			Pedro M. Moya Vega	Chile
			Juan C. Salgado Glez.	Chile
			Pedro P. Villegas Yepes	Colombia
			Alicia Ma. Fonseca S.	Costa Rica
			Helga V. Madrigal Solís	Costa Rica
			Dulce Ma. Rodríguez L.	Cuba
			José Luis Núñez	Ecuador
			Dálida Kaymara Vera Q.	Ecuador
			Carlos Humberto Guifarro	Honduras
			Max Alejandro Cuevas	CONAGUA
			Luis González Hita	IMTA
			Ismael Mata Arellano	IMTA
			Miguel Ángel Mejía	IMTA
			Libier M. Peña Delgado	UASLP
			Valeria Delgado Quezada	Nicaragua
			Orlando Antonio Leone	Panamá
			Pedro Salinas Serrano	Panamá
			Wilson Serafín Cepeda M.	R. Dominicana
36	RLA/7/016 ARCAL CXXVII	Reunión regional de interpretación de datos para la evaluación de acuíferos intensamente explotados en América Latina. Ciudad de Panamá, 9 al 13 de diciembre de 2013	Luis González Hita	IMTA
37	RLA/9/072 ARCAL CXXIX	Curso sobre consideraciones estadísticas aplicadas a resultados obtenidos para las concentraciones de radionucleidos en alimentos, Montevideo, Uruguay, 27 al 31 de mayo de 2013	Ligia Josefina Ruiz Esparza	CNSNS
			Eva Marcial Velázquez	CNSNS
38	RLA 9/072 ARCAL CXXIX	Regional meeting on incorporating data obtained from analysis in food into a geographical information system (GIS), Río de Janeiro, Brasil, 26 al 30 de agosto de 2013	Arturo Rodríguez Garibay	CNSNS

### ANEXO 4.3

#### RECURSOS APORTADOS POR EL PAÍS POR PROYECTO

Título del Proyecto	Código	Concepto	Aporte (€)
Apoyo al aumento sostenible del uso de reactores de investigación en la región de América Latina y el Caribe mediante la creación de redes, el intercambio de experiencias, la conservación de los conocimientos y la capacitación de recursos humanos	RLA/0/037 ARCAL CXIX	1) 4 Exp. Enviados	€6,000
		2) Curso 1 semana	€5,000
		12) Coord. Proy.	€3,000
		Total: €14,000	
Apoyo al Acuerdo regional para el fortalecimiento del programa regional de América Latina	RLA/0/045 ARCAL CXXX	11) Coord. Nal.	€10,800
		Total: €10,800	
Fortalecimiento de las comunicaciones y asociaciones en los países miembros de ARCAL para mejorar las aplicaciones y la sostenibilidad nucleares	RLA/0/046 ARCAL CXXXI	13) Espec.	€1,000
		Total: €1,000	
Fortalecimiento del entrenamiento del personal técnico en el mantenimiento de primera línea de los instrumentos nucleares usado en las aplicaciones nucleares del uso médico y de laboratorios asociados a estos servicios	RLA/0/049 ARCAL CXXI	1) Experto	€1,500
		2) Curso 1 semana	€5,000
		12) Coord. Proy.	€6,000
		15) Gastos	€8,000
		Total: €20,500	
Apoyo a la automatización de sistemas y procesos en instalaciones nucleares	RLA/1/011 ARCAL CXXIII	1) Experto (2)	€3,000
		2) Gastos sede	€5,000
		12) Coord. Proy.	€6,000
		13) Espec. (2)	€4,000
		Total: €18,000	
Utilización de radionucleidos ambientales como indicadores de la degradación de las tierras en los ecosistemas de América Latina, el Caribe y la Antártida	RLA/5/051 ARCAL C	12) Coord. Proy.	€2,500
		13) Espec.	€2,000
		Total: €4,500	
Armonización y validación de métodos analíticos para la vigilancia del riesgo para la salud humana de los residuos y contaminantes químicos presentes en los alimentos	RLA/5/060 ARCAL CXXVIII	2) Reunión Final	€5,000
		12) Coord. Proy.	€6,000
		13) Espec.(2)	€3,000
		Total: €14,000	
Apoyo a la mejora genética de los cultivos subutilizados y de otros cultivos importantes para el desarrollo agrícola sostenible de las comunidades rurales	RLA/5/063 ARCAL CXXVI	2) Gastos sede	€5,000
		12) Coord. Proy.	€6,000
		13) Espec. (3)	€7,200
		14b) Transporte	€1,300
		14a) Viáticos	€2,000
Total: €21,500			
Capacitación y actualización de los conocimientos en la esfera de la física médica	RLA/6/061 ARCAL CVII	12) Coord. Proy.	€2,000
		13) Espec. (3)	€600
		Total: €2,600	
Mejoramiento de la atención a los pacientes con enfermedades cardíacas y con cáncer mediante el fortalecimiento de las técnicas de medicina nuclear en América Latina y el Caribe	RLA/6/063 ARCAL CIX	3) Curso 1 semana	€5,000
		12) Coord. Proy	€2,000
		14b) Transporte	€100
		Total: €7,100	

Diseño e implementación de sistemas de alerta temprana y evaluación de la toxicidad de las floraciones de algas nocivas en la región del Caribe, mediante la aplicación de técnicas nucleares avanzadas, evaluaciones radioecotoxicológicas y bioensayos	RLA/7/014 ARCAL CXXVI	12) Coord. Proy. 13) Espec. (3) 15) Motor Fuera de Borda	€6,000 €4,000 €11,000 Total: €21,000
Empleo de isótopos para la evaluación hidrogeológica de los acuíferos excesivamente explotados en América Latina	RLA/7/016 ARCAL CXXVII	2) Cursos (2) 12) Coord. Proy. 13) Especialistas 14d) Trabajos de Campo 15) Infraestructura y equipo	€10,000 €6,000 €1,250 €3,500 €14,000 Total: €34,750
Establecimiento de un control de calidad para el proceso de irradiación industrial	RLA/9/072 ARCAL CXXIX	6) Base Datos 12) Coord. Proy. 13) Espec.(1) 14b) Transporte 14c) Viajes 15) Infraestructura	€284 €2,000 €2,000 €494 €376 €3,500 Total: €8,654
<b>TOTAL</b>			<b>€178,404</b>

## ANEXO 4.4

### INFORME SOBRE LA UTILIZACIÓN DE LOS CENTROS DESIGNADOS DE MÉXICO DURANTE 2013

#### 1. Centro Regional para Mantenimiento, Reparación y Diseño de Instrumentación Nuclear

**Ubicación:** Gerencia de Sistemas, Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares.

**Director del Centro:** Dr. Francisco Javier Ramírez Jiménez.

**Descripción del Centro:** Este Centro Regional se dedica a realizar actividades de reparación de detectores de radiación de estado sólido de silicio-litio y de germanio hiperpuro. También hace la reparación de instrumentación electrónica nuclear como preamplificadores sensibles a carga, amplificadores de espectrometría, convertidores analógico-digital y analizadores multicanal.

#### Utilización del Centro durante 2013:

- Se proporcionaron servicios de reparación, mantenimiento y calibración para detectores de radiación de estado sólido de silicio-litio y de germanio hiperpuro, para las diferentes áreas del ININ. Se realizó la reparación de instrumentación electrónica nuclear, como monitores de radiación, preamplificadores sensibles a carga, amplificadores de espectrometría, convertidores analógico-digitales y analizadores multicanal.
- Se proporcionó asesoría en instrumentación nuclear a la Planta Nucleoeléctrica de Laguna Verde a lo largo del año.
- Se proporcionó capacitación teórico-práctica en Instrumentación Electrónica Nuclear por 2 meses a Einass Ahmed Al-Tahiri, de la National Atomic Energy Commission (NATEC) de Yemen, becado por el OIEA del 30 de septiembre al 29 de noviembre de 2013.
- Se proporcionó asesoría al Commissariat à l'Énergie Atomique de Argelia para la elaboración de Proyecto Nacional ante el OIEA en reparación de detectores de radiación.

#### 2. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV-IPN)-Laboratorio de Microbiología Ambiental

**Ubicación del Centro:** Laboratorio de Microbiología Ambiental, Departamento de Biotecnología y Bioquímica, Unidad Irapuato, CINVESTAV-IPN.

**Director del Centro:** Dr. Juan José Peña Cabriales

**Descripción del Centro:** A través de la implementación de proyectos de investigación financiados tanto por instituciones nacionales como internacionales en el Laboratorio de Microbiología Ambiental, las técnicas isotópicas ( $^{15}\text{N}$ ,  $^{32}\text{P}$ ,  $^{45}\text{Ca}$ , sonda de neutrones, y recientemente  $^7\text{Be}$  y  $^{137}\text{Cs}$ ) constituyen herramientas cotidianas para estudios de la relación suelo-planta-microorganismo enmarcadas en la línea de investigación sobre ciclaje de nutrientes. Asimismo, el laboratorio opera una red de investigación a nivel nacional cuyo denominador común es el uso de técnicas isotópicas enfocadas a la generación y aplicación de prácticas de manejo de suelo, agua, plantas, y tecnologías agrícolas y ambientales en diferentes sistemas de interés. Dentro de esta red participan investigadores del Colegio de Posgraduados (campus Montecillos y Cárdenas), el Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales-UMSNH y el INIFAP-Celaya.

Los objetivos de dicha red son:

- Generar prácticas de manejo de suelo, inoculantes, fertilizantes, plantas (leguminosas, cereales y hortalizas) y agua que permitan la incorporación de suelos marginales a la producción agrícola.
- Validar nuevas fuentes alternativas de materia orgánica para su incorporación a los sistemas de producción agrícola y disminuir la aplicación de fertilizantes.
- Realizar estudios sobre la dinámica de nutrientes ( $^{45}\text{Ca}$ ,  $^{32}\text{P}$  y  $^{15}\text{N}$ ) en sistemas hidropónicos y en suelo.
- Evaluar prácticas de manejo del suelo sobre la erosión a través de las técnicas de  $^{137}\text{Cs}$  y  $^7\text{Be}$ .

Principalmente, las funciones del Laboratorio de Microbiología Ambiental dentro de la red son diseñar y asesorar sobre los experimentos de campo que involucren el uso de las técnicas isotópicas ( $^{15}\text{N}$ ,  $^{32}\text{P}$ , sonda de neutrones,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^7\text{Be}$ ,  $^{45}\text{Ca}$ , etc.), así como realizar las determinaciones analíticas de los isótopos en las muestras de interés y la interpretación de la información de los resultados experimentales.

#### **Utilización del centro durante 2013:**

Durante 2013 se continuó con las determinaciones isotópicas de  $^{15}\text{N}$  en muestras de sorgo, maíz y frijol (grano y paja) de un ensayo experimental, en el marco de un nuevo proyecto de colaboración con el INIFAP-Celaya financiado por la SAGARPA.

El laboratorio desarrolla actualmente investigación con la implementación de técnicas isotópicas dentro de los proyectos:

- RLA/5/051 ARCAL C “Utilización de radionucleidos ambientales como indicadores de la degradación de las tierras en los ecosistemas de América Latina, el Caribe y la Antártida”.
- CONACYT CB-2012-01 “Importancia de los Microorganismos Benéficos de la Rizósfera en la Producción Sustentable del Maíz”.

### **3. Laboratorio de Monitoreo Ambiental**

**Ubicación del Centro:** Gerencia de Seguridad Radiológica, Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares.

**Directora del Centro:** Dra. Esperanza Quintero Ponce

**Descripción del Centro:** Este laboratorio diseña y realiza los programas de vigilancia radiológica ambiental del Centro Nuclear de México y del Centro de Almacenamiento de Desechos Radiactivos (CADER). Elabora los informes anuales de dichos programas y presta servicios de medición de radiactividad en muestras ambientales, alimentos y productos varios. Proporciona servicios a la Secretaría de Salud, Petróleos Mexicanos y diferentes centros de investigación. Ha recibido becarios del OIEA para capacitación en la implementación de programas de vigilancia radiológica ambiental en instalaciones radiológicas.

#### **Utilización del Centro durante 2013:**

- a) Se proporcionaron servicios de espectrometría gamma en muestras ambientales a diferentes instituciones del país.
- b) Se realizó la determinación de actividad alfa y beta total en muestras de agua para universidades y gobiernos estatales del país.
- c) Se realizaron análisis de prueba de fuga a fuentes radiactivas selladas a diferentes instituciones gubernamentales y privadas del país.
- d) Se llevaron a cabo medidas de radiactividad en muestras ambientales y de alimentos para dar cumplimiento a los Programas de Vigilancia Radiológica Ambiental del Centro Nuclear de México y el Centro de Almacenamiento de Desechos Radiactivos de Bajo Nivel, Centros de Confinamiento La Piedrera y Peña Blanca.
- e) Durante 2013 se adquirió un sistema para conteo de partículas alfa y beta global con detector gaseoso de flujo continuo y ventana delgada, para la determinación de actividad alfa y beta total en muestras de agua, así como de actividad alfa y beta en filtros con partículas suspendidas en aire. Este equipo posibilitará apoyar a universidades y gobiernos estatales del país.

#### **4. Centro Regional para la Calibración Eléctrica, Reparación y Mantenimiento de Equipos Dosimétricos Utilizados en Radioterapia**

**Ubicación del Centro:** Departamento de Sistemas Electrónicos, Gerencia de Sistemas, Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares.

**Director del Centro:** Ing. Pedro Cruz Estrada

**Descripción del Centro:** Este Centro Regional se dedica a actividades de reparación, mantenimiento y calibración eléctrica de electrómetros y cámaras de ionización. También brinda asesoría técnica al personal del sector salud y Centros de Investigación Nacionales e Internacionales. Por otro lado, brinda apoyo técnico a diferentes grupos del ININ, quienes realizan control de calidad en equipos de rayos X del sector salud y calibración de herramientas para control de calidad.

#### **Actividades del Centro durante 2013:**

- a) Se proporcionaron servicios de reparación, mantenimiento y calibración eléctrica de electrómetros y cámaras de ionización a diferentes instituciones del sector salud tales como: Médica Sur, Centro Nacional de Cancerología, Centro Oncológico de Guadalajara, PEMEX, etc. En el ININ se dio servicio al Departamento de Metrología de Radiaciones Ionizantes y al Departamento de Protección Radiológica.
- b) Se realizaron mantenimientos preventivos a los dos equipos de rayos X (convencional e industrial) utilizados como patrón de referencia nacional en el Departamento de Metrología de Radiaciones Ionizantes del ININ.
- c) Se realizó la verificación y calibración eléctrica de un electrómetro, propiedad del Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones de La Habana, Cuba.
- d) Se realizó un curso nacional de mantenimiento de cámaras gamma en el Hospital Escandón de la Ciudad de México, del 19 al 23 de agosto de 2013. Para este evento se contó con la presencia de la experta técnica, Dra. Angelina Díaz García, procedente del CEADEN de La Habana, Cuba.

#### **5. Laboratorio de Análisis PIXE y Determinación Gravimétrica de Muestras de Contaminación Atmosférica**

**Ubicación del Centro:** Gerencia de Ciencias Ambientales, Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares

**Directora del Centro:** Dra. Francisca Aldape Ugalde

**Descripción del Centro:** En este Centro Regional se realizan actividades dirigidas al análisis del contenido elemental de muestras de polvo atmosférico mediante el uso de la técnica PIXE, así como al análisis gravimétrico de las mismas. También se realiza el tratamiento de los datos, a los que se les aplica estadística básica y análisis de factores por Componentes Principales. Mediante el uso de estas técnicas se identifican las fuentes de los contaminantes. Se imparten cursos y asesorías por expertos tanto en estrategias de colección, localización de sitios representativos para realizar el monitoreo y se diseñan redes de monitoreo. Se realiza innovación tecnológica (producción de partes de colectores y dispositivos para manejo de filtros o muestras).

**Actividades del Centro durante 2013:**

- a) Se llevó a cabo la recalibración del sistema PIXE, incorporando nuevos estándares para la medición de líneas de rayos X - Ls.
- b) Se cuenta con una nueva cámara de irradiación que permitirá la incorporación de otras técnicas de análisis con haces de iones, además de PIXE. Esta instalación se encuentra en etapa de pruebas de funcionamiento.
- c) Se continúa con la divulgación de las técnicas a través de pláticas y conferencias, para dar a conocer a la comunidad científica los servicios que ofrece este Centro Designado.
- d) Se mantiene la relación de colaboración con la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, con la colaboración directa con la Red Automática de Monitoreo Ambiental (RAMA). Al término del año (noviembre de 2013) se inició un nuevo proyecto que se desarrollará a partir del primer trimestre del presente año, el cual tiene como objetivo medir sulfatos en el noroeste de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM). Las mediciones se realizarán utilizando diversas técnicas, entre ellas PIXE, buscando aprovechar estos resultados para validar el uso de PIXE en la determinación de estos compuestos.
- e) Durante el año 2013 se ofrecieron múltiples pláticas a un número considerable de grupos de estudiantes de nivel profesional de diversas especialidades e instituciones, así como a diferentes autoridades gubernamentales, tanto nacionales como extranjeras, los cuales asistieron al Centro Nuclear como visitantes o para recibir alguna capacitación.