



instituto nacional de
investigaciones nucleares

MÉXICO

INFORME DE ACTIVIDADES ARCAL 2015

El presente informe tiene como objetivo dar a conocer las actividades más relevantes de los proyectos en los que participa México en el Acuerdo Regional de Cooperación para la Promoción de la Ciencia y la Tecnología Nucleares de América Latina y el Caribe (ARCAL) con el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) durante 2015.

Dra. Lydia Paredes Gutiérrez
Coordinadora Nacional de ARCAL en México
Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares





ARCAL

**ACUERDO REGIONAL DE COOPERACIÓN PARA LA PROMOCIÓN DE LA CIENCIA Y
LA TECNOLOGÍA NUCLEARES EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE**

INFORME ANUAL

MÉXICO

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	3
1. RESUMEN EJECUTIVO	4
2. PARTICIPACIÓN DEL COORDINADOR NACIONAL EN LAS ACTIVIDADES DE ARCAL	12
3. RESULTADOS ALCANZADOS EN EL PROYECTO	13
4. DIFICULTADES Y PROBLEMAS PRESENTADOS DURANTE LA MARCHA DE LOS PROYECTOS Y DEL ACUERDO	18
5. ANEXOS	
5.1 Recursos aportados por el país al programa	20
5.2 Tabla de indicadores financieros para valorar el aporte de los países al programa de ARCAL	21

INTRODUCCIÓN

En 2015, México participó en 7 proyectos del Acuerdo Regional de Cooperación para la Promoción de la Ciencia y la Tecnología Nucleares en América Latina y el Caribe centrándose principalmente en las áreas siguientes:

- Aplicaciones de radioisótopos y radiación para la alimentación y la agricultura;
- Medicina nuclear y salud; y
- Aplicación de radioisótopos, radiación en biología y medioambiente.

Dichos proyectos estuvieron coordinados en el país por seis instituciones cuyo trabajo tiene un alcance a nivel nacional como son:

- El Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV).
- Instituto Nacional de Cancerología
- Instituto Nacional de Pediatría
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
- Universidad Autónoma del Estado de México y el
- Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares

La Coordinación Nacional de ARCAL en México ha promovido que un número mayor de instituciones participen en los proyectos ARCAL y ha procurado mayor participación, compromiso e involucramiento en los mismos.

La Coordinadora Nacional de México para ARCAL asumió la vicepresidencia de este Acuerdo en 2015 lo que ha involucrado un mayor trabajo en conjunto con la Presidencia y la Secretaría de ARCAL. También durante el 2015 ha participado en diversas actividades en el marco del Acuerdo competentes a la revisión y actualización de los manuales y reglamentos de ARCAL, la conformación del programa basado en el Perfil Estratégico Regional 2016-2021, la evaluación los proyectos y la definición del programa para el siguiente ciclo de cooperación.

1.- RESUMEN EJECUTIVO

1.- RLA/5/064 “Strengthening Soil and Water Conservation Strategies at the Landscape Level by Using Innovative Radio and Stable Isotope and Related Techniques (ARCAL CXL)” Coordinador del Proyecto: Samuel Tejeda Vega del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares.

El Dr. Samuel Tejeda Vega, coordinador de este proyecto en México e Investigador en el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ) realizó la caracterización fisicoquímica de los suelos y sedimentos de la subcuenca del río Dos Conejos de Ocoyoacac, en el Estado de México, la cuantificación de metales pesados como Zn, Cu y Pb (XRF), y la determinación de las relaciones isotópicas del plomo en la sub cuenca (ICP-masas), lo que permitió identificar el origen del plomo en una ambiente forestal y agrícola. Se obtuvieron los resultados de análisis infrarrojo de suelos y sedimentos (MIRS) para la identificación de los suelos con mayor degradación y aporte de sedimentos al río Ocoyoacac. Los resultados de los análisis por MIRS se procesaron y se identificaron los suelos que mayoritariamente componen los sedimentos acumulados en el río Dos Conejos y que finalmente son transportados hacia el río Ocoyoacac.

El Dr. Sergio de los Santos del Instituto Tecnológico de Sonora contribuyó también en este proyecto con la modificación del software R2 adaptado, aplicado y calibrado para la evaluación de resultados de CSSI.

El Dr. Sergio de los Santos realizó una visita de experto a la cuenca de El Salvador, para el diseño de muestreo de suelos para análisis por MIRS, del 16 al 27 de marzo del 2015, financiado por el OIEA.

El Dr. Sergio de los Santos realizó una visita de experto a la Universidad de San Luis en Argentina para el diseño de monitoreo de radionúclidos en suelos, del 6 al 17 de abril del 2015, financiado por el OIEA.

El Dr. Samuel Tejeda Vega en colaboración con profesionistas del ININ estudió la sub cuenca del río Dos Conejos y han propuesto estrategias para la conservación de los suelos agrícolas y mejorar la calidad del agua del río que tributa hacia Ocoyoacac y el río Lerma.

Los practicantes del proyecto por parte de México han colaborado en el desarrollo del software CSSIAR v2.00 para la interpretación de resultados de CSSI para la evaluación de la erosión hídrica en suelos. Por lo que México desarrolla el software que podrán utilizar todas las instituciones del sector público, de investigación y educación tanto en México como en los demás países de la región de forma libre para la evaluación de la erosión de suelos a nivel de cuencas.

Se inició la cooperación con el Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México (ICAMEX), que ha aporta experiencia en la determinación de la calidad de suelos, mientras que el Dr. Samuel Tejeda aporta su experiencia en las técnicas nucleares para la caracterización geoquímica de suelos, mediante XRF, MIRS y DRX.

El ININ y el ITSON de México cuentan con dos profesionistas entrenados en el diseño de planes de muestreo de suelos susceptibles a la erosión para medición por infrarrojo (MIRS), que es una técnica que resulta preferente frente a las mediciones convencionales de materia orgánica, carbono orgánico total, carbonatos y otros parámetros que se miden en suelos.

2.- RLA/5/065 “Improving Agricultural Production Systems Through Resource Use Efficiency” (ARCAL CXXXVI), Coordinador Juan José Peña Cabriales, CINVESTAV-Irapuato

En la región agrícola de "El Bajío", en la parte central de México, predomina una agricultura intensiva, principalmente de rotación cereal-cereal en terrenos de superficie 90-210x103 *ha* en suelos tipo Vertisol, los cuales son deficientes en N debido al bajo nivel de materia orgánica del suelo (MOS); vinculado al aumento de la intensidad de la labranza, el N-fertilizante tiene que ser aplicado en dosis altas para mantener un rendimiento adecuado de los cultivos. Además, debe ser manejado adecuadamente para evitar pérdidas por volatilización, desnitrificación y lixiviación. En este contexto, varios estudios llevados a cabo utilizando la técnica isotópica de ^{15}N , muestran una baja eficiencia del N-fertilizante (< 50%) en los principales cultivos de la región como maíz, sorgo, trigo y brócoli. La pérdida de N representa aproximadamente 100 kg N ha^{-1} año $^{-1}$. Otros trabajos llevados a cabo para explorar la interacción de residuos vegetales con N-fertilizante han mostrado resultados positivos utilizando humus, pajas, compostas, biofertilizantes (micorrizas y bacterias promotoras del crecimiento vegetal), etc., con urea y sulfato de amonio, aumentando la eficiencia en el uso del N-fertilizante hasta un 60-65%. Asimismo, a nivel rizosférico, la interacción raíz-microorganismos promotores del crecimiento, ayuda a potenciar la absorción nutrimental principalmente del P, debido a su dinámica en el suelo. Sin embargo, es necesario realizar nuevos estudios con el objetivo de entender y explorar la interacción de los biofertilizantes con abonos órgano-minerales en el contexto de sistemas de cultivo usando la técnica isotópica de ^{15}N .

El proyecto ARCAL RLA5065 inició con la realización de la primera reunión de coordinadores del 9 al 5 mayo de 2014, donde se acordó el Plan de Actividades por ejecutar en el marco de presente proyecto.

A partir de este proyecto se realizaron los trabajos: Dr. Juan José Peña Cabriales.- CONACYT: Importancia de los Microbios Benéficos de la Rizósfera en la Producción Sustentable de Maíz, CB-2102-179319 & Dr. Oscar Arath Grageda Cabrera.-SAGARPA: Investigación y Transferencia de Tecnología sobre el Empleo de Biofertilizantes y Abonos Orgánicos en la Agricultura, NS-131416.

Asimismo, Juan José Peña Cabriales participó en el Curso Regional de Capacitación sobre Técnicas Basadas en ^{15}N para Cuantificar la Fijación Biológica de Nitrógeno y la Eficiencia de Uso del Nitrógeno en Sistemas Agrícolas Basados en el Cultivo de Leguminosas en Rio de Janeiro, Brasil del 3 al 14 de agosto de 2015.

Como resultado de esta reunión se realizaron varias investigaciones entre las que destacan:

- Diversidad Bacteriana Rizosférica Promotora del Crecimiento Vegetal Asociada al Cultivo de Maíz de Temporal en México,
- Análisis y Caracterización de Sideróforos Producidos por Rizobacterias Asociadas al Cultivo de Maíz (*Zea mays* L.) para el Control de Enfermedades,
- Producción de Compuestos Volátiles por Rizobacterias Asociadas al Cultivo de Maíz (*Zea mays* L.) y su Efecto en la Promoción del Sistema Radical,
- Bacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal (Producción de Ácido Indol Acético y Solubilizadora de Fósforo) en la Dinámica del ^{32}P en el Sistema Suelo-Planta (*Avena Sativa* L.)-Microorganismo

3.- RLA/6/072 “Supporting Capacity Building of Human Resources for a Comprehensive Approach to Radiation Therapy (ARCAL CXXXIV)”, Coordinador Aída Mota, Instituto Nacional de Cancerología.

1 -RLA/6072-007 Training Course on the Selection, Acceptance, Commissioning and Maintenance of Equipment in Radiotherapy, MD Anderson Cancer Center, Houston, Texas, USA del 18 al 29 de mayo de 2015. El propósito principal del curso fue proporcionar a los participantes conocimientos de la selección, aceptación puesta en servicio y mantenimiento de equipos de dosimetría de radioterapia y tratamiento con equipos de radioterapia, como los aceleradores lineales y equipos de braquiterapia.

2.- C7-RLA6072-005 Curso Regional de Capacitación para Médicos y Físicos Médicos en Técnicas Especiales (Radiocirugía, Radiocirugía Esterotóxica y

Radiocirugía Esterotóxica Corporal.) que se llevó a cabo en Del 13 al 17 de julio 2015 en Caracas, Venezuela.

El propósito principal del curso fue proveer entrenamiento a médicos en el ámbito de las técnicas especiales utilizadas en radiocirugía del sistema nervioso central y radiocirugía esterotóxica corporal, para que sean capaces de implementar estas técnicas de una manera efectiva y segura en la práctica clínica. En este curso regional se presentaron diversas tecnologías aplicadas en la radiocirugía (gamma knife, cyber knife, aceleradores micro multi-láminas).

Se aprovechó la ocasión para impartir conferencias y ejercicios prácticos en donde se abordaron temas de interés en las áreas de física médica, específicamente en la implementación de un programa de garantía de calidad en radiocirugía que incluyó control de calidad de los equipos y de los planes de tratamiento. Temas específicos de radiobiología, técnicas, técnicas y tecnologías para radiocirugía intracraneal y extracraneal, criterios de tratamiento y dosis de diferentes patologías en pacientes candidatos a radiocirugía craneal y corporal, recomendaciones internacionales de dosis a órganos de riesgo y tejido sano, así como intercambio de experiencias y mesa redonda.

3.- C7-RLA6072/004 Curso Regional de Capacitación para Médicos y Físicos Médicos en IMRT e IGRT, en Sao Paulo, Brasil del 21 al 25 de septiembre de 2015. El propósito principal del curso fue el de proveer entrenamiento a médicos y físicos médicos en el ámbito de las nuevas tecnologías utilizadas en radioterapia, IMRT e IGRT, con el fin de implementar estas técnicas de una manera efectiva y segura en la práctica clínica. El curso constó de clases teóricas y ejercicios prácticos, impartidos en los Hospitales A.C. Camargo y GRAACC.

Los temas principales fueron:

- a).- Conceptos básicos de IMRT.
- b).- Requisitos para la implementación
- c).- Guías de comisionamiento e implementación de IMRT.
- d).- Control de calidad en IMRT.
- e).- IMRT en el tratamiento de próstata, cabeza y cuello, mama, ginecológico
(aspectos clínicos y físicos.)
- f).- Implementación de protocolos.

g).- Sesión de planificación.

4.- RLA6072-008 Regional Training Course on Modern Radiotherapy Using Linear Accelerators, Argonne, Illinois, United States of America, del 26 al 30 de octubre de 2015. El propósito principal del curso fue proveer al equipo de radioterapia (radio-oncólogo, físico médico y tecnólogo) de una descripción comprensiva de la práctica actual de la radioterapia utilizando el uso de aceleradores lineales de alta energía en su modalidad de fotones y electrones, el uso de colimadores de multihojas (MLC), técnicas de inmovilización y modificación de los haces de radiación, técnicas de planificación computarizada 3D-CRT, así como las técnicas de IMRT e IGRT con énfasis en las condiciones que un centro “a” de cumplir previamente a la introducción de estas técnicas avanzadas de calidad. También se llevó a cabo una cobertura de los procesos de control y garantía de calidad necesarios.

4.- RLA/6/074 “Supporting the Development of Regionally Produced Radiopharmaceuticals for Targeted Cancer Therapy through the Sharing of Capabilities and Knowledge, and Improvement of Facilities, Networking and Training (ARCAL CXXXVII)” Coordinador Clara Leticia Santos Cuevas del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares.

La Dra. Clara Leticia Santos Cuevas participó en la:

En la reunión intermedia de coordinadores del proyecto RLA/6/74 ARCAL CXXXVII, Santa Fe de Bogotá, Colombia del 13 al 17 de julio del 2015. En la reunión se revisó la ejecución técnica y financiera del proyecto y se organizaron las actividades venideras hasta diciembre de 2016. Se acordar responsabilidades y plazos para la ejecución de las actividades venideras del proyecto y se actualizó la situación regional de la terapia con radionúclidos en comparación con la línea base del proyecto y se analizó el progreso de los indicadores de desempeño.

En el curso regional de capacitación sobre evaluación biológica y dosimétrica de radiofármacos terapéuticos en modelos animales, realizado en La Habana, Cuba, del 11 al 15 de mayo de 2015. El propósito del curso fue capacitar profesionales vinculados al desarrollo de radiofármacos terapéuticos en evaluación biológica, farmacocinética y dosimétrica con los siguientes objetivos específicos:

Evaluar en un modelo biológico la biodistribución de un radiofármaco terapéutico; construir modelos radiofarmacocinéticos a partir de los datos de biodistribución obtenidos; completar el estudio biocinético y dosimétrico para calcular la dosis absorbida en órganos y estimar la máxima actividad tolerada.

Estos estudios son indispensables para la evaluación de radiofármacos terapéuticos y la posible transferencia de la tecnología desarrollada hacia procesos de producción y administración en pacientes.

5.- RLA/6/075 “Supporting Diagnosis and Treatment of Tumours in Paediatric Patients (ARCAL CXXXIII)” Coordinador Patricio Vázquez Fernández del Instituto Nacional de Pediatría.

Se realizaron dos cursos regionales dentro del proyecto RLA6075 donde México participó de manera relevante enviando a médicos capacitados. El Primero fue el Curso Regional de Capacitación para Médicos Nucleares y Médicos Referentes en las Aplicaciones Clínicas Apropriadas de Imágenes Diagnósticas y Terapias con Radionúclidos con Enfoque Especial en Modalidades Híbridas: PET/CT y SPECT/CT en Oncología Pediátrica celebrado del 19 al 24 de octubre de 2015 en Rio de Janeiro, Brasil. El segundo fue el Curso Regional de Entrenamiento para Médicos Nucleares y Médicos Referentes en las Aplicaciones Clínicas de las Técnicas Diagnósticas y Terapéuticas con Radionúclidos con Énfasis en Linfomas celebrado del 16 al 20 de noviembre de 2015 en Punta del Este, Uruguay. Ambos cursos fueron dirigidos a Médicos que tuvieran una participación activa con pacientes pediátricos dentro de sus instalaciones de trabajo.

México participó enviando médicos capacitados de diferentes partes del país como Chiapas, Monterrey, Sonora, Veracruz, Ciudad de México, etc., donde a los participantes se les ha pedido que de manera activa divulguen el aprendizaje obtenido dentro de estos cursos de capacitación, pidiéndoles que participen en congresos y pláticas con temas referentes a lo mismo. Se hizo hincapié a los participantes en la obligación de diseminar estos conocimientos para así poder homogeneizar los estándares de calidad y de conocimientos del tema. En dichos eventos se describieron técnicas y protocolos para el diagnóstico de pacientes pediátricos desde el punto de vista médico, homogeneizando así la información a lo largo de América latina.

Por otro lado, dentro del proyecto se tuvieron dos misiones de expertos, una por parte de la Dra. Carmen del Pilar Orellana Briones que participó en:

- The use of nuclear medicine techniques in paediatric patients del 25 al 27 de junio de 2015 en Monterrey, México.
- Conferencia “Técnicas Híbridas: SPECT-CT y PET-CT, en Pediatría” en el 4° Congreso de la Federación Mexicana de Medicina Nuclear, Monterrey, México del 25 al 27 de junio del 2015.

Participación en la sesión de presentación de casos clínicos pediátricos durante el evento.

- Participación en el Curso Pre congreso “Terapias con Radionúclidos” realizado en el Centro Estatal de Investigación y Desarrollo en ciencias de la Salud, Monterrey, Nuevo León, México el 25 de junio del 2015.
- “Terapias con Radionúclidos” realizado en el Centro Estatal de Investigación y Desarrollo en ciencias de la Salud, Monterrey, Nuevo León, México el 25 de junio del 2015.
- El viernes 26 de junio en la conferencia: “Técnicas Híbridas: SPECT-CT y PET-CT, en Pediatría” en el 4° Congreso de la Federación Mexicana de Medicina Nuclear en Monterrey, Nuevo León, México.
- Participación en la sesión de presentación de casos clínicos pediátricos durante el evento ese mismo evento.

La segunda fue RLA6075/04/01 por parte de la Dra. Solange Nogueira quien participó en “Image acquisition, data processing, quality control and calibration in nuclear medicine” del 3 al 7 de agosto del 2015 en la Ciudad de México, México.

6.- RLA/7/016 “Using Isotopes for Hydrogeological Assessment of Intensively Exploited Aquifers in Latin America” Coordinador: Luis González Hita del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA).

Participación del coordinador de proyecto (Reuniones de coordinación, talleres, y grupos de trabajo):

Durante abril de 2015, el coordinador participó en la tercera reunión de coordinación, realizada en el centro Nuclear La Reina, Comisión Chilena de Energía Nuclear en Santiago, Chile. El objetivo de la reunión fue analizar y evaluar los resultados finales de los estudios de campo de los 15 países participantes de la región latinoamericana.

El coordinador del proyecto presentó los resultados de los estudios de caso de la participación de México: “Caracterización hidrogeoquímica e isotópica de los flujos de agua subterránea que captan los pozos exploratorios profundos de la cuenca del valle de México” y “Evaluación de los procesos que liberan arsénico en el acuífero principal de la Comarca Lagunera”.

Del 19 al 23 de octubre de 2015, el coordinador participó en la modalidad de visita científica en un taller de análisis sobre metodologías actualizadas de enriquecimiento electrolítico, medición de tritio ambiental, procesamiento de datos y presentación de resultados (MEX/15007V) en el laboratorio de la Sección de Hidrología Isotópica del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) en Viena, Austria.

7.- RLA/7/018 “Improving Knowledge of Groundwater Resources to Contribute to their Protection, Integrated Management and Governance (ARCAL CXXXV)” Coordinador: Carlos Díaz Delgado del Centro Interamericano de Recursos del Agua de la Universidad Autónoma del Estado de México.

Cabe resaltar que en esta primera fase del proyecto, la actividad de México se concreta en observar y contribuir con conocimientos y experiencias en la implementación de la metodología IAEA Water Availability Enhancement (iWAVE).

El coordinador participó en la reunión intermedia del proyecto efectuada en la ciudad de Mar del Plata, Argentina, con fecha del 30 de noviembre al 4 de diciembre del 2015. En dicha reunión se presentó la situación particular que cada país inscrito en el proyecto guarda con respecto a los recursos hídricos, su conservación y aspectos regulatorios correspondientes. En dicha reunión se centraron esfuerzos en aspectos de las aguas subterráneas.

La experiencia alcanzada por proyectos de investigación, que por más de veinte años llevan realizando tanto el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ) y el Centro Interamericano de Recursos del Agua de la Universidad Autónoma del Estado de México (CIRA-UAEMex), han permitido compartir conocimientos que mejorarán los resultados de la primera fase del proyecto.

Adicionalmente, este proyecto tiene contemplado la formulación de una segunda propuesta donde los países que actualmente participan como observadores intentarán implementar la metodología IWAVE en sus respectivos países.

Por ello, en esta primera fase se han programado las adquisiciones con financiamiento del OIEA de pluviómetros totalizadores de precipitación pluvial para su instalación en la cuenca del Curso Alto del río Lerma, lugar donde se pretende implementar como proyecto piloto la aplicación de la metodología IWAVE.

Cabe mencionar que, con base en la experiencia previa del ININ y CIRA, también se pretende llevar a cabo una caracterización de contaminación en las aguas superficiales en la cuenca y para ello el OIEA proporcionará equipos de muestreo in-situ.

2. PARTICIPACIÓN DEL COORDINADOR NACIONAL EN LAS ACTIVIDADES DEL ARCAL

La Coordinadora Nacional participó en la Reunión del Comité Directivo del Órgano de Coordinación Técnica (OCTA) en Santiago de Chile, Chile del 9 al 11 de marzo para elaborar la agenda para la XVI reunión del OCTA de ARCAL, también se revisó el cumplimiento de los programas de trabajo de ese año y se elaboró el informe anual.

Del 18 al 21 de mayo de 2015, la Coordinadora Nacional participó en la XVI Reunión del OCTA que se llevó a cabo en Río de Janeiro, Brasil, del 18 al 21 de mayo de 2015. En dicha reunión México asumió la Vicepresidencia de ARCAL, se realizó la evaluación de la ejecución de los proyectos 2014-2015 y se terminaron de elaborar los siguientes documentos:

- 1 Reglamento Orgánico ARCAL Oct2014
- 2 Reglamento Reuniones ORA Oct2014
- 3 Reglamento Reuniones OCTA Oct2014
- 4 Reglamento GD-OCTA Oct2014
- 5.1 Ciclo proyectos Oct2014
- 5.2 Informe Anual de ARCAL País Oct2014
- 5.3 Informe Anual Coordinadores Proyecto Oct2014
- 6 Agenda y Programa de Actividades XVI OCTA
- 7 OCTA 2015-01 Informe Actividades OCTA Y GD OCTA
- 8 OCTA 2015-02 Informe de la Secretaría correspondiente al año 2014
- 9 OCTA 2015-03 Plan de actividades ARCAL ciclo 2014-2015
- 10 OCTA 2015-04 Informe XVI reunion OCTA version

El 15 de septiembre de 2015, en Viena, Austria, la Coordinadora Nacional participó en la reunión del Órgano de Representantes de ARCAL, en dicha reunión se contó con la presencia del Sr. Dazhu Yang, Director General Ajunto, Jefe del Departamento de Cooperación Técnica y del Sr. Aldo Malavasi, Director General Ajunto, Jefe del Departamento de Aplicaciones Nucleares. En esta reunión se revisó el estado de la renovación del Acuerdo ARCAL, el informe de actividades del OCTA, el informe de la Secretaría en el marco del programa presentado por ARCAL en 2014-2015, presentación del programa regional de cooperación técnica 2016-2017 y la actualización del Manual de Procedimientos de ARCAL.

3.- RESULTADOS ALCANZADOS EN LOS PROYECTOS

1.- RLA/5/064 “Strengthening Soil and Water Conservation Strategies at the Landscape Level by Using Innovative Radio and Stable Isotope and Related Techniques (ARCAL CXL)”

Un resultado muy importante es la modificación del software R2 que se utiliza para la interpretación de resultados generados por CSSI, también se elaboró el manual de usuario, mismo que se colocará en la Intranet del ININ, a principios del 2016. Otro resultado importante es la obtención del protocolo de muestreo para preparación de muestras y análisis de suelo por CSSI, el cual está disponible para México en forma electrónica.

Los resultados del proyecto se presentaron en un congreso internacional “Concentration of toxic elements in topsoils of the Miguel Hidalgo natural park in Mexico” en la 11th International Conference on Nuclear Analytical Methods in the Life Sciences que se llevó a cabo del 23 al 28 de agosto del 2015 en Delft, Holanda.

También se presentó el trabajo “Relaciones isotópicas de plomo en los suelos y sedimentos del río Dos Conejos en el estado de México”. En el XXV Congreso Técnico Científico ININ-SUTIN, del 8 al 10 de diciembre del 2015.

Mediante el desarrollo del proyecto se pudo apoyar a un estudiante para obtener su título como Técnico superior en la Universidad Tecnológica del Valle de Toluca, Septiembre de 2015, mediante la realización de la tesis “Medición de las relaciones de los isotopos del plomo y concentración del plomo en los suelos y sedimentos de río: experiencia del uso de las técnicas isotópicas y nucleares para la evaluación de la erosión hídrica”.

2.- RLA/5/065 “Improving Agricultural Production Systems Through Resource Use Efficiency” (ARCAL CXXXVI)

Los principales resultados alcanzados en este proyecto fueron:

- Confirmar que los factores fisicoquímicos, biológicos y edáficos modifican la dinámica poblacional de rizobacterias, lo cual refleja la compleja respuesta de la diversidad al manejo del suelo.
- Se estimó un efecto variable de las bacterias rizosféricas en la promoción del crecimiento vegetal vía COV's.
- Se obtuvieron los valores variables, en términos de inhibición del *C. gloeosporioides* MYA 456, así como la presencia de diferentes géneros bacterianos asociados a esta actividad.
- Se comprobó que los aislados evaluados estimulan vía aérea el crecimiento del sistema radicular de *Arabidopsis thaliana*, así como el desarrollo de

raíces laterales con respecto al control (sin inocular), con lo cual se infiere que dicho fenómeno es debido a la producción de compuestos volátiles emitidos por dichos microorganismos.

- Se corroboró que el suelo aportó la proporción mayor de P, independientemente del contenido de P en suelo, siendo mayor en el orden siguiente, de acuerdo a los rango de P: 100 (> 40) > 87 (6-10) > 70 (21-40) > 40% (11-20 ppm P).

3.- RLA/6/072 “Supporting Capacity Building of Human Resources for a Comprehensive Approach to Radiation Therapy (ARCAL CXXXIV)”

Las actividades llevadas a cabo en el proyecto permitieron tener mayor conocimiento de las nuevas tecnológicas de radioterapia. En nuestro país se cuenta con un cyber knife, tres tomoterapia, y aceleradores lineales que tienen la radioterapia Conformal 3D, IMRT, IGRT, SBRT. Así existe también un 30% de unidades con Cobalto 60, por lo que el Gobierno pretende sustituir estas Unidades por aceleradores.

De los cursos en los que participaron representantes del Instituto Nacional de Cancerología, se beneficiaron 2000 pacientes que recibieron IMRT, IGRT y braquiterapia en el año 2015.

4.- RLA/6/074 “Supporting the Development of Regionally Produced Radiopharmaceuticals for Targeted Cancer Therapy through the Sharing of Capabilities and Knowledge, and Improvement of Facilities, Networking and Training (ARCAL CXXXVII)”

Existe gran disparidad en la formación y disponibilidad de recursos humanos, en las políticas nacionales que regulan la práctica de la terapia en medicina nuclear y en el tipo de tecnología disponible en cada país participante de este proyecto. Específicamente, a México se le considera un país de referencia por sus avances en la producción y aplicación de radiofármacos de terapia, por lo que su participación en el proyecto es principalmente de aportación de conocimientos y experiencias.

Como resultado se elaboraron guías relacionadas con los protocolos y procedimientos para la calibración de los activímetros y la medición de la actividad de disoluciones radiactivas y muestras con radionúclidos terapéuticos en estos instrumentos. Dos profesionistas asistieron a cursos para la utilización de los protocolos de estudios biológicos y dosimétricos de radiofármacos terapéuticos.

5.- RLA/6/075 “Supporting Diagnosis and Treatment of Tumours in Paediatric Patients (ARCAL CXXXIII)”

Se estableció el compromiso de verificar que los participantes que asistieron a los cursos regionales 2015 hagan una divulgación de sus conocimientos en instituciones de trabajo en medicina nuclear u otras especialidades con pacientes pediátricos, para homologar los criterios de trabajo dentro del nuestro país y de Latinoamérica. Hospitales con gran flujo de pacientes con tumores pediátricos asistieron a los eventos como son Instituto Nacional de Pediatría, Teletón Oncológico, Hospital Infantil de México, Hospital General, etc., llevándose una grata experiencia de lo tratado en dichos cursos y empezarán a aplicar estos criterios en sus instituciones.

Hay resultados muy enriquecedores de los conocimientos de los profesionistas, puesto que están ampliando su experiencias para la realización de sus actividades con pacientes pediátricos con un punto de vista más objetivo y de mayor calidad para los tratamientos y diagnósticos de enfermedades presentes en pacientes pediátricos.

6.- RLA/7/016 “Using Isotopes for Hydrogeological Assessment of Intensively Exploited Aquifers in Latin America”

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 los acuíferos profundos del valle de México, cuyo objetivo principal es precisar la potencialidad y calidad de los recursos de agua profundos, existentes en el subsuelo que subyace a la Ciudad de México para su posible aprovechamiento como fuentes adicionales de agua.

La información obtenida de este caso de estudio aportó información geoquímica e isotópica que permitió establecer un modelo conceptual de funcionamiento del acuífero profundo intermedio, alojado en rocas fracturadas de origen volcánico (vulcanitas del Oligoceno-Mioceno). Esta información hidrogeológica generada esta contribuyendo a orientar la ubicación de exploraciones geofísicas en curso, así como futuras, que permitirán precisar el aprovechamiento de los recursos de agua subterránea profundos.

Los volúmenes adicionales de agua que se obtengan de subsuelo profundo permitirán beneficiar directamente a una parte importante de la población que habita en el valle de México y que ya enfrenta problemas severos de estrés hídrico. Adicionalmente, permitirá abatir problemas de hundimiento del subsuelo que impactan de manera significativa las obras de tipo civil producida por la extracción intensiva del acuífero somero en explotación.

Para cubrir las necesidades de abastecimiento de agua de la zona metropolitana del valle de México, se requiere un volumen adicional estimado de seis metros cúbicos por segundo. Para aliviar este desabasto, se han analizado proyectos de

importación de agua de cuencas vecinas cuyos costos de construcción es superior a los mil cien millones de euros, pero la consecución física de estas obras implica serios problemas ambientales y de oposición social que las hacen inviables.

Este mismo volumen de agua captado del subsuelo profundo del valle de México es una opción social, ecológica y económicamente viable de menor costo en comparación con las alternativas en estudio que implican la importación de agua de cuencas vecinas. Adicionalmente, presenta la ventaja de reducir el hundimiento del terreno, ocasionado por la extracción intensiva a la que ha sido sometido el acuífero actualmente en explotación. Problema que repercute en el mantenimiento y reparaciones de altísimo costo de obras civiles.

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, México, 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.

En una gran cantidad de pozos profundos de la Comarca Lagunera se ha detectado la presencia de arsénico en concentraciones por arriba del límite máximo permisible que establece la Modificación a la NOM-127-SSA1-1994 (Salud ambiental, agua para uso consumo humano, límites permisibles de calidad de agua y tratamientos a los que debe someterse el agua para su potabilización). Ante este panorama se han planteado diversas propuestas de solución para obtener agua de buena calidad y lograr una gestión más sustentable de los recursos de agua subterránea. Una de las propuestas más importantes es evaluar la calidad del agua subterránea en los diferentes estratos que conforman el acuífero granular multicapa, y asociar los constituyentes disueltos del agua subterránea con la composición mineralógica del subsuelo, con el propósito de definir los horizontes de los materiales granulares que contengan agua apta para consumo humano. Lo que podría permitir la explotación selectiva de agua subterránea mediante un diseño constructivo adecuado de los pozos. Una opción complementaria es analizar la alternativa de utilizar el agua producto de laboreo de la mina La Platosa, previo tratamiento, para abastecimiento público de localidades de Gómez Palacio, Tlahualilo y Mapimí del estado de Durango. Se ha estimado que ambas opciones tendrán un impacto favorable en el abastecimiento de agua y la salud de los habitantes de la zona estudiada.

El proyecto aportó información que permitirá definir la rentabilidad del aprovechamiento de horizontes de agua de buena calidad en el acuífero granular;

así como, precisar sí el agua que ocurre en la mina La Platosa es una fuente segura para el suministro de agua potable a las poblaciones del poniente y sur de la región, cuyas fuentes actuales proporcionan agua de mala calidad.

7.- RLA/7/018 “Improving Knowledge of Groundwater Resources to Contribute to their Protection, Integrated Management and Governance (ARCAL CXXXV)”

Los principales impactos de las actividades del proyecto en México pueden resumirse de la siguiente manera:

1. Participación de los grupos involucrados en un proyecto líder a nivel internacional que pretende mejorar el conocimiento de los recursos hídricos subterráneos con el fin de contribuir a su protección, manejo integrado y gobernanza de los recursos hídricos.
2. Dar a conocer los avances alcanzados en México por parte de los grupos involucrados a los países participantes del proyecto.
3. Adquisición prevista para el año 2016 de algunos equipos de muestreo que facilitarán la toma de datos para la futura implementación de la segunda fase del proyecto.

4.- DIFICULTADES Y PROBLEMAS PRESENTADOS DURANTE LA MARCHA DE LOS PROYECTOS

No todos los coordinadores de proyecto reportaron problemas en la ejecución de sus actividades, los que sí presentaron algún inconveniente son los siguientes:

- **RLA/5/065 “Improving Agricultural Production Systems Through Resource Use Efficiency” (ARCAL CXXXVI):** La principal problemática presentada fue el largo tiempo transcurrido entre la llegada y liberación de aduana del fertilizante marcado con ^{15}N , insumo básico y necesario para la generación de información experimental. Sin embargo, en el caso México, se resolvió con base a un “stock” de fertilizante ^{15}N disponible de otros proyectos.

El mismo problema se presentó en la importación de los isótopos radiactivos que por reglamentación tarda hasta 5 meses su liberación.

- **RLA/6/072 “Supporting Capacity Building of Human Resources for a Comprehensive Approach to Radiation Therapy (ARCAL CXXXIV)”**

En el caso de este proyecto se presentó la problemática de que recibieron algunos hospitales la invitación para participar en los cursos y eran hospitales con los que el coordinador del proyecto no tenía contacto ni conocimiento suficiente sobre si realmente estaban trabajando en el tema del proyecto. Si se requiere que sea sólo el coordinador del proyecto en el país el que promueva la participación de candidatos conforme a los objetivos del proyecto.

- **RLA/6/075 “Supporting Diagnosis and Treatment of Tumours in Paediatric Patients (ARCAL CXXXIII)”:** Cabe mencionar que fue mucha la demanda de participación de los médicos mexicanos que querían asistir a los cursos regionales, pero por motivos de logística y de planeación solo se aceptaron a los que cubrían el perfil requerido por el OIEA y que estuvieran mayormente involucrados en su trabajo con los temas de los cursos. Se tuvo que hacer un filtrado muy riguroso, cuya problemática fue dejar fuera a muchos médicos preparados.

Hay dificultad en la comunicación entre las contrapartes por lo que se debe intensificar de manera más precisa en los diferentes folletos y en la página de InTouch quien será el encargado de dar la información del curso para que no se malinterpreten alguna información proveniente de terceros.

Los expertos deben de informar de manera directa y detallada los aspectos de su visita al coordinador del proyecto en el país. Sin esta información es difícil tener un conocimiento adecuado de sus actividades.

- **RLA/7/016 “Using Isotopes for Hydrogeological Assessment of Intensively Exploited Aquifers in Latin America”**: Los especialistas y técnicos responsables de cada caso de estudio de las contrapartes del proyecto enfrentaron dificultades en la interpretación de resultados de campo y laboratorio, especialmente en la modelación hidrogeoquímica de datos.

Por limitaciones económicas del proyecto, se realizaron capacitaciones en los temas de aplicación de isótopos estables en proyectos de hidrología y en la datación de aguas subterráneas y se pospuso la capacitación de modelación hidrogeoquímica, originalmente detectada como una necesidad por parte de los participantes en el proyecto. Las dificultades detectadas se subsanaron a través de consultas con los oficiales técnicos del proyecto y con los expertos instructores de los dos cursos de capacitación desarrollados. Adicionalmente, el contacto entre las contrapartes de los países participantes permitió el intercambio de opiniones y experiencias que coadyuvaron en la solución de los problemas sustantivos presentados en los estudios de caso del proyecto

- **“Developing Indicators to Determine the Effects of Pesticides, Heavy Metals and Emerging Contaminants on Continental Aquatic Ecosystems Important to Agriculture and Agroindustry”**: Este proyecto no tuvo participación de México en el 2015 y el coordinador de proyecto envió una carta renunciando a su participación debido a una fuerte carga de trabajo.

5.- ANEXOS

5.1 Recursos aportados por el país al programa (incluye la estimación detallada según tabla de indicadores financieros en especie).

Código y Título de Proyecto	Coordinador del Proyecto	Aporte valorado
1.- RLA/5/064 “Strengthening Soil and Water Conservation Strategies at the Landscape Level by Using Innovative Radio and Stable Isotope and Related Techniques (ARCAL CXL)”	Samuel Tejeda Vega del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares samuel.tejeda@inin.gob.mx	20,500 Euros
2.- RLA/5/065 “Improving Agricultural Production Systems Through Resource Use Efficiency” (ARCAL CXXXVI)	Juan José Peña Cabriales CINVESTAV-Irapuato jpena@ira.cinvestav.mx	41,380 Euros
3.- RLA/6/072 “Supporting Capacity Building of Human Resources for a Comprehensive Approach to Radiation Therapy (ARCAL CXXXIV)”	Aida Mota García Instituto Nacional de Cancerología aidamota_2000@yahoo.com.mx	8,825 Euros
4.- RLA/6/074 “Supporting the Development of Regionally Produced Radiopharmaceuticals for Targeted Cancer Therapy through the Sharing of Capabilities and Knowledge, and Improvement of Facilities, Networking and Training (ARCAL CXXXVII)”	Clara Leticia Santos Cuevas Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares clara.cuevas@inin.gob.mx	2,900 Euros
5.- RLA/6/075 “Supporting Diagnosis and Treatment of Tumours in Paediatric Patients (ARCAL CXXXIII)”	Patricio Vázquez Fernández Instituto Nacional de Pediatría patriciovz@gmail.com	4,874 Euros
6.- RLA/7/016 “Using Isotopes for Hydrogeological Assessment of Intensively Exploited Aquifers in Latin America”	Luis Gonzalez Hita Instituto Mexicano de Tecnología del Agua lghita@tlaloc.imta	18,700 Euros
7.- RLA/7/018 “Improving Knowledge of Groundwater Resources to Contribute to their Protection, Integrated Management and Governance (ARCAL CXXXV)”	Carlos Díaz Delgado Universidad Autónoma del Estado de México cdiazd@uaemex.mx	1,100 Euros
Total		98,279 Euros

5.2 INDICADORES FINANCIEROS PARA VALORAR EL APOORTE DE LOS PAÍSES AL PROGRAMA ARCAL

ITEM	VALOR DE REFERENCIA	CANTIDAD en Euros
1. Expertos/Conferencistas enviados al exterior por el Organismo (OIEA)	EUR 300 por persona por día (se incluye días de viaje)	19,625
2. Grupo Directivo del OCTA, Grupos de Trabajo del OCTA y Puntos Focales	EUR 300 por persona por día (se incluye días de viaje)	11,400
3. Gastos locales por sede de evento regional en el país (Grupo de Trabajo/Cursos de Capacitación/Talleres/Seminarios)	EUR 5.000 por semana	2,500
4. Gastos locales en eventos nacionales, que se encuentren en el Plan de Actividades	EUR 3.000 por semana	1,000
5. Becario cuyos gastos locales son asumidos por el país	EUR 3.500 por mes por becario	2,565
6. Publicaciones	Hasta EUR 3.000	
7. Creación y/o actualización de Base de Datos	Hasta EUR 5.000	5,000
8. Gastos locales por sede de Reuniones de Coordinación Técnica (OCTA)	EUR 50.000 por semana	
9. Envío de reactivos, fuentes radioactivas, radioisótopos, otros materiales	Hasta EUR 5.000	1,185
10. Realización de servicios (p.ej. irradiación de materiales)	Hasta EUR 5.000	
11. Tiempo trabajado como Coordinador Nacional y su equipo de soporte	Máximo EUR 1.500 por mes	9,000
12. Tiempo trabajado como DTM	Máximo EUR 700 por mes	
13. Tiempo trabajado como Coordinador de Proyecto	Máximo EUR 500 por mes	11,374
14. Tiempo trabajado como Especialistas locales que colaboran con el proyecto (máximo 3 especialistas por proyecto)	Máximo EUR 300 por mes por especialista	13,584

15. Aportes en la ejecución de cada Proyecto comprendiendo los siguientes puntos: <ul style="list-style-type: none"> • Viáticos interno/externo • Transporte interno/externo 	Máximo EUR 7.500/proyecto	8,200
16. Gastos del país para el proyecto (infraestructura, equipo, etc.)	Máximo EUR 10.000	17,400
TOTAL		102,833