



ARCAL

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

INFORME ANUAL 2019

País: México

Coordinación Nacional ARCAL
Verónica Elizabeth Badillo Almaraz
Marzo 2019



ARCAL

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

CONTENIDO

1. RESUMEN EJECUTIVO
2. PARTICIPACIÓN DEL COORDINADOR NACIONAL EN LAS ACTIVIDADES DE ARCAL
3. RESULTADOS
- A) DIFICULTADES Y PROBLEMAS PRESENTADOS DURANTE LA MARCHA DE LOS PROYECTO Y DEL ACUERDO
4. ANEXOS
 - Anexo 4.1 – Recursos aportados por el país al programa
 - Anexo 4.2 – Tabla de indicadores financieros para valorar el aporte de los países



1. RESUMEN EJECUTIVO

En este informe se presenta la participación del país México en los 18 proyectos en ejecución, considerando las actividades llevadas a cabo del 1° de enero al 31 de diciembre de 2019 e incluyendo los aportes realizados para la realización de los diferentes eventos en territorio nacional así como la participación de expertos en eventos internacionales; los proyectos activos se centran en los temas de seguridad alimentaria sustentable mediante aplicaciones agroindustriales, diagnóstico y cuidado del ambiente y de los recursos hídricos, energía y tecnologías con radiaciones, así como proyectos que beneficien la salud humana y fortalecen la capacitación de recursos humanos y la comunicación.

Este periodo se ha caracterizado por la dinámica ejecución de los planes de trabajo de proyectos de continuación regionales del ciclo 2018-2019. Es importante remarcar que México hospedó 5 reuniones dentro de los proyectos ARCAL y ha permitido la capacitación de recursos humanos en diferentes países pertenecientes al Acuerdo de Cooperación

En 2019, México participó activamente en la Coordinación de ARCAL y en la XX reunión del Órgano de Coordinación Técnica de ARCAL (OCTA) celebrada en Varadero, Cuba del 15 al 17 de mayo 2019 en la cual México transfirió la Presidencia al Coordinador Nacional de Cuba. A partir de ese momento, México forma parte del grupo directivo ocupando la Secretaría.

En el marco de la 63ª Conferencia Anual del Organismo Internacional de Energía Atómica que se llevó a cabo en Viena, Austria del 16 al 20 de septiembre de 2019, México participó en la XX Reunión Ordinaria del Órgano de representantes de ARCAL (ORA) en la cual México traspasó la Presidencia a Cuba así como en la celebración del 35 aniversario de ARCAL.

El 29 de octubre de 2019 se realizó la Reunión de Proyectos ARCAL 2018-2019 para la presentación de avances y resultados por parte de cada uno de los responsables técnicos. Dicha reunión se celebró en las instalaciones del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares.

Durante el año 2019, la Coordinadora Nacional participó en la inauguración de varias de las reuniones de los proyectos ARCAL que se llevaron a cabo en el país y se dio un puntual seguimiento. Uno de los eventos en los que se participó fue la Reunión Final de Coordinación del Proyecto Regional ARCAL, RLA/1/012.- “*Developing a Capacity Building Programme to Ensure Sustainable Operation of Nuclear Research Reactors through Personnel Training*” realizada en el ININ del 11 al 15 de febrero de 2019.

A continuación se presenta un resumen de las principales actividades realizadas en los proyectos en los que México participó en el año 2019:

RLA/0/059 Strengthening Regional Cooperation (ARCAL CLXII). México asumió en 2017 la Presidencia de ARCAL en el marco del cual se han desarrollado proyectos en las áreas de salud humana, seguridad alimentaria, medio ambiente, energía, tecnología con radiación y protección radiológica. Los proyectos del Programa ARCAL se desarrollan en el marco del Programa Estratégico Regional, con base en el análisis de los problemas y necesidades más apremiantes en el contexto regional y que pueden ser afrontadas con el uso de tecnologías nucleares.



La Coordinadora Nacional Verónica Elizabeth Badillo Almaraz, funcionaria del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, participó en la XX Reunión Ordinaria del Órgano de representantes de ARCAL (ORA) celebrada en las instalaciones del Organismo Internacional de Energía Atómica en Viena, Austria el 19 de septiembre de 2019, reunión en la cual México traspasó la Presidencia a Cuba así como en la celebración del 35 aniversario de ARCAL.

RLA/0/062 Promoting the Sustainability and Networking of National Nuclear Energy Institutions (ARCAL CLXIII)

El coordinador del proyecto J. Walter Rangel Urrea, funcionario del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, participó en el evento denominado "*Regional Meeting on Institutional Innovation and Partnership Building in the Nuclear Sector*", el cual se llevó a cabo del 19 al 23 de agosto, de 2019, en las instalaciones del Argonne National Laboratory, en Lemont, Illinois, USA. Su objetivo fue el de crear un foro para el intercambio de experiencias y mejores prácticas entre las Instituciones Nucleares Nacionales y otras instituciones relevantes, así como discutir entre los participantes temas como la gestión de laboratorios, casos de éxito en investigación y desarrollo, y diseño de programas e iniciativas para lograr la sostenibilidad de los centros de investigación nucleares a través de actividades orientadas a brindar servicios relevantes a la sociedad para la solución de problemas comunes.

RLA/1/013 Creating Expertise in the Use of Radiation Technology for Improving Industrial Performance, Developing New Materials and Products, and Reducing the Environmental Impact of the Industry (ARCAL CXLVI)

La participación de México en este proyecto ha cumplido con las expectativas tanto en la parte de Tecnología de radionúclidos como en la parte de Tecnología de procesamiento por irradiación. Se ha tenido participación en diferentes cursos de capacitación y se participó en la reunión final del proyecto.

El coordinador del proyecto Teodoro García Medina, profesionalista del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, participó y coordinó el *Regional Workshop on Advanced Emerging Technologies for Industrial Applications*, realizado en el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ), México, del 15 al 19 de septiembre de 2019.



Figura 1. Inauguración en Curso Regional en el ININ



ARCAL

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

También participó en la reunión final de coordinación del proyecto “*Creating Expertise in the Use of Radiation Technology for Improving Industrial Performance, Developing New Materials and Products, and Reducing the Environmental Impact of the Industry*”, del 2 al 4 de Diciembre del 2019 en el Organismo Internacional de Energía Atómica, en Viena Austria.



Figura 2. Participación en la Reunión final de coordinación del proyecto

Así mismo se tuvo la participación de 2 profesionales en el *Regional Workshop on Development of Functional Material by Radiation Technology for Agricultural, Health Care and Environmental Applications*, en el Instituto de Pesquisas Energeticas e Nucleares (IPEN/CNEN-SP), en Sao Paulo, Brasil, del 22 al 26 de abril de 2019. El Ing. Raúl Vásquez, del departamento del Irradiador no obtuvo la autorización por parte de las autoridades del ININ para poder asistir a la reunión donde se analizarían los resultados de la 2da intercomparación dosimétrica, en Buenos Aires Argentina.

RLA/1/014 Advancing Non-Destructive Testing Technologies for the Inspection of Civil and Industrial Structures (ARCAL CLIX)

En este informe se presentan los resultados obtenidos en el año 2019, del Proyecto Regional de Cooperación Técnica RLA/1/014 “Promoción de Tecnologías de Ensayos no Destructivos para la Inspección de Estructuras Civiles e Industriales (ARCAL CLVIX)”, del cual México es el país líder, siendo la contraparte principal (DTM) del proyecto regional.

El coordinador del proyecto Eduardo F. Robles Piedras, profesionista del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, participó en la segunda reunión de coordinación del Proyecto ARCAL RLA/1/014, del 21 al 25 de octubre la cual se llevó a cabo en el marco de la VII COPAEND, en las instalaciones de Expo Reforma, Ciudad de México. Se tuvo la participación de todas las contrapartes nacionales que participan en este proyecto de; César Belinco (Argentina), Rocío Calle Argani (Bolivia), Joao Teles Filho (Brasil), Mario Barrera Méndez (Chila), Oscar Chaverri (Costa Rica), Félix Antonio Sendoya Puente (Cuba), Nisael Dorocie (República Dominicana), Miguel Quezada (Ecuador), Jorge Leónidas Condori Ccari (Perú), Silvia Infanzón (Uruguay), Elías Cuartín (Venezuela), así como de Raquel Scamilla Andreo Aledo, Oficial Gerente del Proyecto, y de Patrick Dominique M. Brisset, Oficial Técnico. En



ARCAL

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

esta reunión se presentaron los avances tenidos en cada país participante, se revisó y actualizó la matriz del marco lógico y el plan de trabajo del proyecto.



Figura 3. Segunda reunión de coordinación del Proyecto ARCAL RLA/1/014, Cd de México

Se participó en el “*Regional Training Course on Ultrasonic Time of Flight Diffraction Technique (TOFD) and Certification*”, realizado del 6 al 14 de mayo del 2019, en la Ciudad de Sao Paulo, Brasil con la asistencia del C. Marcial Isaac Luqueño Villafuerte, colaborador del Instituto Mexicano de Ensayos No Destructivos (IMENDE).

El C. Julio César Zenteno Suárez participó en el “*Regional Training Course at Level 3 on Basic Non-Destructive Testing (NDT) Methods and Certification*”, realizado del 30 de septiembre al 4 de octubre del 2019, en las instalaciones de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), Buenos Aires, Argentina.



Figura 4. Curso regional de capacitación y certificación Nivel 3 en métodos básicos de pruebas no destructivas, efectuado en Buenos Aires, Argentina.

Se consiguió financiamiento por parte del OIEA, mediante la Orden Compra No. 201912910-RK, para que la empresa Grupo KB de México, representante nacional de la compañía suiza Proceq, imparta un curso de capacitación en el usos y manejo de equipos de la línea Proceq (cinco equipos) con duración de 30 horas, en las instalaciones del ININ, específicamente para el Georadar Modelo GRP-Live, el equipo de ultrasonido con arreglo de fases Modelo Pundit



250 Array, el medidor de resistividad eléctrica Modelo Resipod, el medidor de coberturas Modelo Profometer PM-650, y el esclerómetro Modelo DIGI Schmidt, Tipo ND.

Durante el año 2019 se logró concretar la donación por parte del OIEA al ININ de materiales de referencia, patrones de calibración, un sistema de radiografía digital y un escáner láser, que sumados tienen un costo de \$186,369.91 USD. Esto permitió que el OIEA concediera al ININ el estatus de Centro Subregional de Referencia para la Inspección de Estructuras Civiles.

Se participó en el Comité Organizador de la VII Conferencia Panamericana de Ensayos No Destructivos y el XVII Congreso Nacional de Soldadura, celebrados del 21 al 24 de octubre del 2019, en las instalaciones de Expo Reforma de la CDMX.

Se ha compartido el conocimiento de estas técnicas de inspección con las partes interesadas en México en la aplicación de las tecnologías de inspección mediante ensayos no destructivos, como las organizaciones de protección civil, asociaciones de directores responsables de obra, de ingenieros civiles estructuristas, de arquitectos, centros de prevención de desastres, universidades, etc., con el fin de que conozcan los alcances y utilidad de estas metodologías de inspección, y por sobre todo, sepan que en el Instituto Nacional de Investigaciones se está en posibilidades de realizar campañas de inspección con el equipamiento que ha sido donado por el Organismo Internacional de Energía Atómica.

RLA/1/015 Harmonizing Integrated Management Systems and Good Irradiation Practice Procedures in Irradiation Facilities (ARCAL CLX).

La coordinadora del proyecto Edith Hernández Hernández, profesionalista del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, participó en diciembre de 2019 en la Reunión Final de Coordinación del RLA1015, del 4 al 6 de diciembre en Viena Austria. La contraparte de este proyecto es la encargada de Control de Calidad y responsable Sanitario de la Planta de Irradiación gamma del ININ. En dicha reunión se verificó el cumplimiento de los objetivos del proyecto y de las actividades programadas en un inicio; se propuso dar continuidad a este proyecto con la finalidad de que los países con un mayor avance en el Sistema de gestión de Calidad, tales como Argentina, Brasil y México puedan lograr la certificación de sus sistemas integrados y poder continuar con los ejercicios de intercomparación dosimétrica entre las Plantas de Irradiación Gamma de los países participantes.

Del 11 al 15 de marzo de 2019, se llevó a cabo el taller “Seguridad y herramientas generales de gestión de instalaciones”, enfocado en plantas de irradiación gamma. El taller se realizó en el Centro Nuclear “Dr. Nabor Carrillo Flores”, sede del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ). Al taller asistieron especialistas en el área de irradiación de Argentina, Brasil, Chile, Costa Rica, Colombia, Cuba, Ecuador, Panamá, Perú, Uruguay y México. También contó con la participación del doctor Josef Mittendorfer experto del OIEA.

Colaboradores de la Planta de Irradiación Gamma del ININ impartieron cinco pláticas relacionadas con el taller y coordinaron sesiones prácticas.



ARCAL

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



Figura 5. Taller sobre Seguridad y herramientas generales de gestión de instalaciones en el Centro Nuclear de México

También tuvo lugar en el ININ el evento “Curso Regional de Capacitación Avanzada sobre el Desarrollo, la Validación y el Control de Rutina de Procesos de Radiación Industrial” del 11 al 15 de noviembre 2019, al cual asistieron 12 participantes de América Latina, además de 5 participantes del ININ quienes son Encargados de las áreas de la Planta de Irradiación Gamma. Durante dicho evento se llevaron a cabo prácticas referentes a temas de Dosimetría Industrial en los cuales participaron activamente personal operativo del Irradiador Gamma. El curso fue impartido por el experto del OIEA Mark Bayley, quien es especialista en dosimetría industrial y control de procesos de irradiación.



Figura 6. Curso Regional de Capacitación Avanzada realizado en el Centro Nuclear de México

**RLA/1/016 Certifying Flow Measurement Methods and Calibration Techniques of Flow Meters Used in the Oil and Gas Industries by Radiotracers ARCAL CLXI**

En diferentes sectores de la industria, los fluidos son transportados por tuberías. Estas son instalaciones que funcionan de manera continua (24 horas al día, siete días a la semana) y transportan grandes volúmenes de distintos productos (líquidos, gases orgánicos y acuosos). Es evidente que los dispositivos y procesos para controlar estas operaciones son necesarios existiendo muchos medidores de flujo que monitorean el movimiento del fluido en tiempo real.

Uno de los principales problemas en la operación de la tubería es garantizar la seguridad en el transporte de estos fluidos, y esto se hace mediante el uso de medidores de flujo calibrados que se instalan a lo largo de la línea de tuberías.

La propuesta del presente proyecto es desarrollar una técnica para contar con un sistema certificado por ISTRÁ que incluyen, analistas, equipos de medidores de flujo, y técnicas certificadas para la medición de flujo usando radiotrazadores y métodos transitorios (ISO 2975/I, ISO 2975/III, ISO 2975/VI, ISO 2975/VII, ISO 4053/I, ISO 4053/IV), y luego ofrecer estos servicios especializados a las empresas e industrias, principalmente en plantas de petróleo, gas, y gestión del agua.

Se realizaron trámites para el taller “Regional Training Course on Flow-Rate Measurement in Conduits, Rio de Janeiro, Brazil, para los días 20 al 31 de mayo de 2019. Para este taller se consideró la participación del Ing. Teodoro García Medina y del M en C. Marco A. Ruiz Cristóbal, responsable del Proyecto. La participación NO fue posible debido a que en ese momento al comunicado a nivel Federal de que ninguna salida a eventos internacionales era posible.

RLA/2/016 Supporting Formulation of Plans for Sustainable Energy Development at a Subregional Level - Stage II (ARCAL CLIII)

Las herramientas de planificación energética que el OIEA pone a disposición son, MAED (Model for the Analysis of Energy Demand), MESSAGE (Model for Energy Supply System Alternatives and their General Environmental Impacts), FINPLAN (Financial Analysis of Electric Sector Expansion Plans), SIMPACTS (Simplified Approach for Estimating Impacts of Electricity Generation) y la metodología ISED (Indicators for Sustainable Energy Development). Como resultado de la capacitación, estos países elaboraron casos de estudios nacionales, mismos que han sido actualizados durante el proyecto RLA/2/016, en el ámbito de la demanda y el suministro de energía

Se celebró el taller regional para el desarrollo de los estudios subregionales de desarrollo energético sostenible aplicando el modelo MESSAGE en la ciudad de Río de Janeiro Brasil, del 18 al 22 de marzo de 2019. El objetivo del curso fue revisar y actualizar los supuestos a evaluar en los estudios subregionales de análisis del desarrollo del sistema de suministro de energía, no se tuvo participación de México por disposiciones gubernamentales. No obstante el equipo mexicano continuó desarrollando el estudio nacional del suministro de energía, tras mantener comunicación con expertos presentes en el taller y miembros de la región MEC.

En la reunión regional para presentar los resultados de estudios sobre suministro de energía, una estudiante egresada de la Licenciatura en ISES de la UAEMex, expuso los avances y las soluciones del análisis nacional y subregional del suministro de energía eléctrica. Dicha reunión tuvo lugar en la ciudad de Quito, Ecuador del 22 al 26 de julio de 2019.



Durante la semana del 30 de septiembre al 4 de octubre de 2019, se celebró el taller regional para la construcción de indicadores para el desarrollo energético sostenible, en la ciudad de Asunción, Paraguay. El objetivo de la reunión, en la que participó responsable del proyecto Jaime Esquivel Estrada, fue capacitar a los equipos de trabajo en la definición y aplicación de indicadores de desarrollo energético sostenible, en los análisis de los escenarios desarrollados, teniendo como punto de apoyo, las herramientas MAED y MESSAGE, principalmente.

Para finalizar con las actividades del proyecto RLA/2/016, la contraparte nacional, el señor Jaime Esquivel Estrada que se desempeña como funcionario del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ), participó en la reunión final de coordinación y primera discusión de la siguiente fase 2020-2021, cuyo objetivo fue presentar y discutir los resultados de los estudios de desarrollo del sistema energético realizados por los países miembros, así como el de revisar el reporte final del proyecto RLA/2/016. Adicionalmente, se realizó la primera reunión de coordinación del proyecto regional para el ciclo 2020-2021, del cual se preparó el plan de actividades. La reunión tuvo lugar en las oficinas centrales del OIEA, en la ciudad de Viena, Austria, del 25 al 29 de noviembre de 2019.

RLA/5/068 Improving Yield and Commercial Potential of Crops of Economic Importance (ARCAL CL)

La contraparte nacional, el señor Sergio de los Santos Villalobos quien se desempeña como catedrático del Instituto Tecnológico de Sonora, participó como:

-Asistente al Curso Regional de Capacitación sobre la Participación de los Agricultores en la Selección de Variedades Vegetales de Cultivos Importantes Mejoradas por Inducción de Mutaciones, Heredia, Costa Rica, 15 al 19 de julio del 2019 y de uno de los colaboradores.

-Organizador de los Foros Regionales “Alternativas agro-biotecnológicas de vanguardia para contribuir a la seguridad alimentaria de forma sostenible”, en los que se invitaron a productores e instituciones de gran importancia para la región, tales como: Junta local de Sanidad Vegetal, Distrito de Riego, Asociación de Productores de Hortalizas del Yaqui y Mayo, Agrícola AGROBO, entre otras celebrados en distintas fechas.



Figura 7. Participación en el 2do. Foro “Alternativas agro-biotecnológicas de vanguardia para contribuir a la seguridad alimentaria de forma sostenible en Sonora, México

**RLA/5/069 Improving Pollution Management of Persistent Organic Pollutants to Reduce the Impact on People and the Environment (ARCAL CXLII)**

Actualmente, en la región de Latinoamérica y el Caribe existe información parcial de la presencia y el grado de la exposición de la población a contaminantes orgánicos persistentes (COPs) en el medio ambiente. El Perfil Estratégico Regional (PER) 2016-2021 reconoce la necesidad de evaluar el impacto de la presencia de contaminantes orgánicos persistentes, plaguicidas, metales pesados y otros contaminantes de origen antropogénico y natural en el agua y el suelo (M2); así como la disponibilidad de alimentos que cumplan con estándares de calidad e inocuidad (A4). La contraparte nacional, Genoveva García Rosales que se desempeña como catedrático del Instituto Tecnológico de Toluca, participó en los siguientes eventos:

- Regional workshop on the impact of persistent organic pollutants in human exposure del 25 al 29 de Noviembre de 2019. Asuncion, Paraguay.
- Workshop on communication of risks associated with persistent organic pollutants 22 al 26 de abril de 2019 en Quito Ecuador.
- Participación en el 7th Latin American Pesticide Residue Workshop-Food and environment, held on May 5th to 8th, 2019 in Foz do Iguazu.

Las reuniones sirvieron para revisar las metas encaminadas a alcanzar los objetivos del proyecto, así como para establecer el plan estratégico de comunicación de riesgo y la elaboración de mapas de riesgo parte I.

RLA/5/071 Decreasing the Parasite Infestation Rate of Sheep (ARCAL CXLIV)

En este proyecto se trabaja sobre los problemas asociados a la falta de crecimiento de la población ovina en México, ya que la tecnificación en la producción de ovinos no ha sido suficiente por los problemas principalmente reproductivos y productivos que persisten aunados a que no existen animales genéticamente capacitados para resistir a muchas enfermedades que acaban con la reproducción de ovinos; entre las más importantes se encuentran las enfermedades parasitarias, que constituyen el principal factor biológico que ha obstaculizado el surgimiento de esta especie en la producción de alimentos básicos para la población humana.

La contraparte nacional, Ricardo E. Caicedo Rivas, quien se desempeña como catedrático de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, participó en el Curso regional de capacitación sobre “*Análisis estadístico de datos relacionados con el manejo del parásito gastrointestinal en ovejas y cabras*”, el cual se llevó a cabo en la Universidad Nacional de Costa Rica del 6 al 10 de mayo de 2019. El responsable del proyecto también participó en la Reunión Final de Coordinación realizada en Buenos Aires-Argentina, del 2 al 6 de Diciembre 2019.

Se tuvo también la participación de los colaboradores del proyecto, Mariana Paz Calderón Nieto y Héctor Peláez en el Curso regional de capacitación sobre “*Genética de la resistencia de parásitos en ovejas y cabras: análisis bioinformático de datos genómicos para evaluar la estructura de la población, la asociación genotipo-fenotipo y la predicción genómica*” el cual



se llevó a cabo en el Laboratorio de Producción y Salud Animal de *Seibersdorf Laboratories*, Austria del 01 al 12 de julio de 2019.

RLA/5/076 Strengthening Surveillance Systems and Monitoring Programmes of Hydraulic Facilities Using Nuclear Techniques to Assess Sedimentation Impacts as Environmental and Social Risks (ARCAL CLV)

El Dr. Samuel Tejeda Vega participó como coordinador de México en el proyecto RLA5076, El ININ realizó el estudio para la identificación de las principales zonas de erosión hídrica, y zonas que aportan el mayor porcentaje de suelos y sedimentos hacia el río la Gavia en el municipio de Almoloya del río, México, los resultados del estudio se presentaron en dos congresos nacionales, los resultados permitieron calcular la masa de suelo que se pierde anualmente en las laderas dedicadas al pastoreo y cultivo de maíz, con la realización de acciones para conservar el suelo con la reforestación con *Pinus cembroides* y frenar el transporte de sedimentos hacia el embalse Ignacio Ramírez, que coloca en riesgo el almacenamiento de agua para la población de Almoloya de Juárez y Toluca del estado de México.

El Dr. Samuel Tejeda Vega en colaboración con profesionistas del ININ calcularon la masa de suelo perdido anualmente en las laderas del ejido la Gavia, realizaron acciones estratégicas de terraceo y reforestación para la conservación de los suelos y evitar el azolve del embalse Ignacio Ramírez que almacena agua para la distribución a la zona metropolitana.

RLA/5/077 Enhancing Livelihood through Improving Water Use Efficiency Associated with Adaptation Strategies and Climate Change Mitigation in Agriculture (ARCAL CLVIII)

La contraparte nacional, Sergio de los Santos Villalobos, que se desempeña como catedrático en el Instituto Tecnológico de Sonora.

La presente investigación es la primera en emplear un inoculante microbiano conformado de 3 bacterias promotoras del crecimiento vegetal y biocontroladoras, nativas del Valle del Yaqui a diferentes dosis de N en trigo duro (*Triticum turgidum L. subsp. durum*). El consorcio está conformado por TE3T *Bacillus cabrialesii*, TRQ8 *Bacillus megaterium* y TRQ65 *Bacillus paralicheniformis*. Se empleará la técnica isotópica de ^{15}N (nitrógeno-15, isótopo estable), utilizando un fertilizante nitrogenado (urea) enriquecido isotópicamente en 1% átomos de ^{15}N , para rastrear el destino del mismo en el agrosistema suelo-planta.

Se rastrea la abundancia natural de isótopos de ^{18}O y ^2H (oxígeno-18 y deuterio), mediante el muestreo de fuentes como el agua de lluvia y riego, así como también de la matriz del suelo a distintas profundidades y en 5 etapas fenológicas (pre-siembra, emergencia, fase exponencial, cobertura total y cosecha).

RLA/5/078 Improving Fertilization Practices in Crops through the Use of Efficient Genotypes in the Use of Macronutrients and Plant Growth Promoting Bacteria (ARCAL CLVII)

El coordinador del proyecto Eulogio de la Cruz Torres, funcionario en el Instituto Nacional de investigaciones Nucleares, organizó y participó en el Curso-Taller Mutagénesis en



Fitomejoramiento, auspiciado por el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, el Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas y el Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, del 24 al 26 de Julio de 2019, con la asistencia de 42 participantes, procedentes de 11 instituciones de investigación y enseñanza agrícola. En este curso además del fundamento teórico, los participantes traen semillas, propágulos y cultivos in vitro de las especies de interés en su región, para iniciar el proceso de fitomejoramiento. El ININ continúa asesorando en la medida que avanzan los ciclos de cultivo.



Figura 8. Participantes en el 5to. Curso Taller Mutagénesis en Fitomejoramiento. Primera Reunión de Coordinación del Proyecto RLA 5/078.

Así mismo se tuvo la participación de la Dra. Maribel Contreras Ramos del Departamento de Biotecnología, del Centro de Investigación y Asesoría en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ), en el Entrenamiento regional avanzado en el uso de ^{15}N para evaluar la eficiencia de los fertilizantes nitrogenados y los agentes de crecimiento vegetal, realizado en el Centro de Estudios Nucleares Aplicados a la Agricultura (CENA), de la Universidad de Sao Paulo, en Piracicaba, Brasil del 26-30 de agosto 2019 y de la M. en C. Marisol Ayala Zepeda, colaboradora en el proyecto por parte del Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON), participó en el Curso Regional de Capacitación Avanzada Sobre Bioestimulantes y Biofertilizantes para Mejorar el Crecimiento de los cultivos. Este curso se desarrolló también en el Centro de Estudios Nucleares Aplicados a la Agricultura (CENA, Universidad de Sao Paulo), Piracicaba, Brasil del 2 al 6 de septiembre de 2019.

Ambas capacitaciones, recibidas por los colaboradores del CIATEJ y del ITSON han sido muy significativas para el aislamiento y tipificación de biofertilizantes y bioestimulantes y para el establecimiento de los experimentos relacionados con el uso de ^{15}N en los estudios sobre dinámica del nitrógeno en los cultivos. Asimismo los participantes de México en los cursos, han impartido seminarios en sus instituciones y área de influencia, para difundir los conocimientos, técnicas y capacitación recibida.

**RLA/6/077 Taking Strategic Actions to Strengthen Capacities in the Diagnostics and Treatment of Cancer with a Comprehensive Approach (ARCAL CXLVIII)**

El objetivo principal es mejorar la cantidad y calidad de los recursos humanos existente para el uso de tecnología avanzada en el diagnóstico y tratamiento del cáncer en condiciones de “buenas prácticas”, siguiendo las normas de protección radiológica.

Un factor importante para el cumplimiento de los objetivos del proyecto RLA6077 es la integración de instituciones, profesionales de la salud y autoridades que sumen esfuerzos en pro de mejorar la cantidad y calidad del recurso humano que brinda atención diagnóstica y terapéutica a pacientes oncológicos, motivo por el cual durante el 2019 se invitó a las instituciones a participar en las acciones dictadas en el Plan de Actividades del periodo 2018-2020, como se muestra a continuación:

- Participación del Médico Nuclear, Manlio Gerardo Gama Moreno en el “Curso Regional de Capacitación sobre Técnicas de Diagnóstico y de Nueva Terapia en Medicina Nuclear para Enfermedades no Transmisibles” celebrado en Perú del 12 al 26 de noviembre de 2019.
- Participación de la Físico Médico Alicia Guillermina González Noguez en el Curso Regional de Capacitación en Imágenes de Radioterapia” celebrado en Houston Texas, USA, del 29 de abril al 4 de mayo de 2019.
- Participación de Gisela Estrada Sánchez, Médico Nuclear, en el “Curso Regional de Entrenamiento en Uso de Nuevas Aplicaciones Clínicas de la Medicina Nuclear” realizado en Lima, Perú del 12-16 noviembre 2019.
- Participación de Miguel Valle González, Físico Médico, en el “Curso Regional de Transición de Braquiterapia del Alta Tasa de Dosis de 2D a 3D” celebrado en Perú del 25 al 28 de octubre del 2019
- Participación de Violeta Ofelia Cortés Hernández, Médico Nuclear en el “Curso Regional de Entrenamiento en Uso de Nuevas Aplicaciones Clínicas de la Medicina Nuclear” en Lima, Perú del 12-16 noviembre 2019.
- Participación de Alfonso Mayer González, Físico Médico en el “Curso Regional de Capacitación en Imágenes de Radioterapia” en Houston Texas, USA. del 29 de abril al 4 de mayo de 2019
- Participación de Dharely Raquel Cid Sánchez, Radio Oncóloga Pediatra en el “Curso Regional de Prevención de Accidentes e Incidentes en Radioterapia” en Houston Texas, USA. Del 21 al 25 de octubre del 2019.

RLA/6/080 Harmonizing Criteria on Good Manufacturing Practices and Quality Control of Radioisotopes and Radiopharmaceuticals (ARCAL CLII)

Durante el año 2019, se inició el proceso de capacitación de 28 reguladores de los países participantes excepto Venezuela, que permitió ampliar su entendimiento en las diferencias entre fármacos convencionales y radiofármacos y la incidencia que dichas diferencias deben tener en la implementación de normatividad asociada a Buenas prácticas. También se manifestó la importancia de establecer mesas de concertación donde se definieran estrategias que contribuyan con la gestión e implementación de la normativa en los países y que el diálogo entre los reguladores e inspectores con los fabricantes llevaran al compromiso de ambas partes a fin de lograr capacidad y experiencia en las Buenas Prácticas de Fabricación asociada a la



producción y control de radiofármacos. Posterior a las reuniones realizadas se esperan revisiones de normativas, generación de normatividad y acercamientos con las entidades regulatorias en varios países.

Se capacitaron 33 profesionales en validaciones, se entregó material suministrado por los docentes de temas teóricos y guías prácticos.

El coordinador del proyecto, Noe Cruz Picahrdó participó en la Reunión Final de Coordinación ME-RLA6080-1902687 celebrada en La Habana, Cuba del 16 al 20 de diciembre de 2019.

Así mismo se tuvo la participación de los Colaboradores en los siguientes eventos ARCAL:

Se tuvo la participación de la colaboradora Miriam Yolanda Pérez Palma en el “*Regional Training Course on Good Manufacturing Practices in the Production of Radiopharmaceuticals Used in Positron Emission Tomography (PET)*” realizado en Sao Paulo, Brasil del 30 de septiembre al 4 de octubre de 2019.

Se tuvo la participación del colaborador Luis Alberto Serrano Espinoza en el “*Regional Training Course on Good Manufacturing Practices in the Production of Radiopharmaceuticals Used in Single-Photon Emission Computed Tomography (SPECT)*” realizado en Montevideo, Uruguay del 14 al 18 de octubre de 2019.

RLA/7/022 Strengthening Regional Monitoring and Response for Sustainable Marine and Coastal Environments (ARCAL CXLV)

El proyecto RLA/7/022 Fortalecimiento de la Red de Vigilancia y Respuesta para la sostenibilidad de los ambientes marinos y costeros (ARCAL CXLV), realizado de enero 2018 a diciembre 2019, tuvo como objetivo general, contribuir a la construcción de una política ambiental efectiva para la gestión sostenible de los recursos marinos.

La contraparte nacional, Ana Carolina Ruiz Fernández, quien se desempeña como catedrática de la Universidad Nacional Autónoma de México en el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, participó en el “*Regional Meeting on Designing Communication Products on Marine-Coastal Environment*” celebrado en Santa Marta, Colombia, del 29 abril al 03 mayo de 2019, así como en la Reunión Final de Coordinación celebrada en, Panamá, Panamá, del 14 al 18 de octubre de 2019.

RLA/7/023 Assessing Atmospheric Aerosol Components in Urban Areas to Improve Air Pollution and Climate Change Management (ARCAL CLIV)

Las autoridades locales y federales están al tanto del desarrollo de las actividades del proyecto RLA7023, y participan activamente en el mismo a través de la Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México (SEDEMA-CDMX) y el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). El proyecto se ha desarrollado adecuadamente en tiempo y forma. Se acondicionó el sitio de muestreo y se instalaron los equipos de colección de muestras de alto y bajo volumen (AV y BV). Los equipos se calibraron y verificaron mediante la colaboración de personal del ININ, INECC y SEDEMA-CDMX. De abril a diciembre de 2019 se colectaron



88 muestras de cada tamaño, AV y BV. Se analizaron 60 muestras de AV para determinar la razón de carbón elemental a carbón orgánico EC/OC, hidrocarburos poliaromáticos PAH, así como aniones y cationes. Se analizaron 70 muestras de BV para medir el contenido de carboncillo (*black smoke*) utilizando un reflectómetro y se analizaron 40 muestras para determinar su contenido elemental mediante la técnica PIXE. El coordinador ha colaborado activamente en el proyecto aportando información para la Reunión de Coordinación de 2019, videoconferencia, e intercambio de información y experiencias con investigadores de otros países participantes, limitando su participación a su lugar de trabajo.

2. PARTICIPACIÓN DEL COORDINADOR NACIONAL EN LAS ACTIVIDADES DE ARCAL

Del 4 al 8 de marzo de 2019 en la sede del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) en Viena, Austria, se llevó a cabo el Taller de Capacitación Regional para Oficiales Nacionales de Enlace de reciente nombramiento, al que se unieron también de los nuevos coordinadores nacionales de ARCAL.

En 2019, México participó activamente en la Coordinación de ARCAL y en la XX reunión del Órgano de Coordinación Técnica de ARCAL (OCTA) celebrada en Varadero, Cuba del 15 al 17 de mayo 2019 en la cual México transfirió la Presidencia al Coordinador Nacional de Cuba. A partir de ese momento, México forma parte del grupo directivo ocupando la Secretaria.

Este periodo se ha caracterizado por la dinámica ejecución de los planes de trabajo de proyectos de continuación regionales del ciclo 2018-2019. Es importante remarcar que México hospedó 5 reuniones dentro de los proyectos ARCAL y ha permitido la capacitación de recursos humanos en diferentes países pertenecientes al Acuerdo de Cooperación

En la XX Reunión del OCTA se estableció un consenso de apoyar la creación del capítulo regional WiN-ARCAL para promover la participación de más mujeres en el ámbito de la ciencia y tecnologías nucleares, dando un enfoque de género en los proyectos de cooperación técnica e impulsar la participación de las mujeres y jóvenes en los sectores productivos promoviendo el uso de la tecnología nuclear.

En el marco de la 63^a Conferencia Anual del Organismo Internacional de Energía Atómica que se llevó a cabo en Viena, Austria del 16 al 20 de septiembre de 2019, México presidió dicha asamblea la Embajadora y Representante Permanente de México Alicia Buenrostro; el Dr. Javier Palacios Hernández pronunció su discurso en el debate general, en el cual refrendó el compromiso de nuestro país con el desarme y la no-proliferación nuclear; así como con el uso pacífico de las ciencias nucleares, incluyendo el combate al cáncer.

En el marco de dicha Conferencia Anual del Organismo Internacional de Energía Atómica se asistió a las siguientes reuniones de trabajo:

- como parte de la Delegación de México se asistió a la 63^a Conferencia General y al Comité Plenario (CoW) del OIEA del 16 al 20 de septiembre;



Figura 9. Participación de la Coordinadora Nacional en la 63ª Conferencia General

- se asistió al evento paralelo organizado por Bélgica “*Nuclear Medicine from the Lab to the Patient: Innovative and Proven Highlights of Belgian Contributions to Nuclear Medicine*”
- se asistió a la Recepción con el “Group of Friends - Women in Nuclear”
- se asistió al evento paralelo organizado por el NAM “*International Day for the Total Elimination of Nuclear Weapons*”
- se asistió a la Apertura del stand del Foro Iberoamericano de Organismos Reguladores Radiológicos y Nucleares (FORO)
- se asistió a la Firma de Memorando de Entendimiento entre el ININ y los Estados Unidos de América el 18 de septiembre de 2019
- se asistió al Foro Científico “*A Decade of Action on Cancer Control*” del 18 al 19 de septiembre 2019.
- se atendió la reunión de trabajo con el Departamento de Cooperación Técnica del OIEA para revisar el avance de los proyectos nacionales de contraparte del ININ;
- se participó en la XX Reunión Ordinaria del Órgano de representantes de ARCAL (ORA) en la cual México traspasó la Presidencia a Cuba así como en la celebración del 35 aniversario de ARCAL



Figura 10. Participación en la XX Reunión Ordinaria del Órgano de representantes de ARCAL

La Embajadora de México Alicia Buenrostro Massieu, Presidenta del Órgano de Representantes Nacionales (ORA), dio un mensaje a través de su representante Sr. Alberto Glender, sobre la contribución de ARCAL a las actividades de desarrollo de sus países miembros durante 35 años y destacó la exitosa implementación de más de 150 proyectos.



ARCAL

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

A su vez, ARCAL ofreció un brindis al finalizar la Reunión Ordinaria, que contó con la presencia del Director General Adjunto y Jefe del Departamento de Ciencias y Aplicaciones Nucleares, Sr. Aldo Malavasi, el Director General Adjunto y Jefe del Departamento de Cooperación Técnica, Sr. Dazhu Yang, varios Embajadores de los Estados Miembros de ARCAL, el Director de la División de América Latina y el Caribe del Departamento de Cooperación Técnica, Sr. Luis Carlos Longoria, otros funcionarios del organismo y diversos Coordinadores Nacionales de ARCAL.

En noviembre de 2019 se envió la convocatoria para la presentación de conceptos de proyectos para el ciclo 2021-2022; en febrero de 2020 para hacer la primera recolección de interés de adhesión de los países a las propuestas de ARCAL. Con esta información se prepararon los cuadros para los Coordinadores de área Temática para la revisión de los proyectos y se les enviaron todos los proyectos para su evaluación.

Durante el año 2019, la Coordinadora Nacional participó en la inauguración de varias de las reuniones de los proyectos ARCAL que se llevaron a cabo en el país y se dio un puntual seguimiento. Uno de los eventos en los que se participó fue la Reunión Final de Coordinación del Proyecto Regional ARCAL, RLA/1/012.- *“Developing a Capacity Building Programme to Ensure Sustainable Operation of Nuclear Research Reactors through Personnel Training”* realizada en el ININ del 11 al 15 de febrero de 2019.

Otro de los eventos importantes a los que asistió fue la segunda Reunión de coordinación del Proyecto ARCAL RLA/1/014 *“Advancing Non-Destructive Testing Technologies for the Inspection of Civil and Industrial Structures”*, del 21 al 25 de octubre la cual se llevó a cabo en la Expo Reforma, Ciudad de México.



3. RESULTADOS

RLA/0/059 Strengthening Regional Cooperation (ARCAL CLXII). México asumió en 2017 la Presidencia de ARCAL en el marco del cual se han desarrollado proyectos en las áreas de salud humana, seguridad alimentaria, medio ambiente, energía, tecnología con radiación y protección radiológica.

RLA/0/062 Promoting the Sustainability and Networking of National Nuclear Energy Institutions (ARCAL CLXIII).

Se identificó la existencia de redes a nivel regional y la necesidad de relevar las mismas con miras a optimizar su complementación con los esfuerzos nacionales

RLA/1/013 Creating Expertise in the Use of Radiation Technology for Improving Industrial Performance, Developing New Materials and Products, and Reducing the Environmental Impact of the Industry (ARCAL CXLVI)

Las estrategias para cumplir con los objetivos del Proyecto ARCAL RLA1013, fueron: identificar, delinear y difundir oportunidades y desafíos específicos en la región, para la promoción, uso y establecimiento de tecnologías de radiación y radioisótopos en aplicaciones prioritarias; aumentar la competitividad de las industrias regionales y reducir el impacto ambiental; y mejorar el uso de recursos renovables, naturales y no tóxicos en la región de América Latina y el Caribe para el desarrollo sostenible tiene el progreso esperado.

La participación de México en este proyecto ha cumplido con las expectativas tanto en la parte de Tecnología de radionúclidos como en la parte de Tecnología de procesamiento por irradiación. Se ha tenido participación en diferentes cursos de capacitación y se participó en la reunión final del proyecto.

Este año, México tuvo la oportunidad de realizar un curso regional en el marco de este proyecto. Gracias a la participación en los eventos y actividades del proyecto RLA-1013, se ha aumentado la capacidad en las diferentes aplicaciones de las técnicas nucleares en la industria, este año se capacitó a 9 profesionales mexicanos en el uso de los equipos y técnicas de radiotrazado gracias al *Regional Workshop on Advanced Emerging Technologies for Industrial Applications*, realizado en el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ).

Se han identificado las capacidades tecnológicas de los diferentes países de Latinoamérica en cuestión del uso de radiotrazadores, además se crearon vínculos con países como Brasil, Chile, Perú, en el intercambio de conocimientos, de nuevas tecnologías y nuevas aplicaciones de las técnicas nucleares en la industria.

En lo que respecta al Procesamiento por Irradiación, en este último año del proyecto, se pudo realizar una evaluación de los avances que se obtuvieron con la participación en las diferentes actividades del proyecto. Se han identificado las capacidades tecnológicas de los diferentes países que forman parte del proyecto, y se pudieron compartir experiencias y recomendaciones que impactan directamente en los procesos de irradiación y en el desarrollo de nuevos proyectos enfocados a la irradiación de nuevos materiales.



No se pudo participar en el *Regional Training Course (RTC) to Review Dosimetry Inter-comparison Results and establish Quality Control in Industrial Irradiators*, en Buenos Aires, Argentina, debido a que no se obtuvo la autorización por parte de las autoridades del país, pero sí se realizó el envío de los dosímetros correspondientes al 2do ejercicio de intercomparación a Buenos Aires, Argentina y se obtuvieron excelentes resultados. Estos ejercicios de intercomparación dosimétrica, han sido un mecanismo de mejora continua en los controles de garantía de calidad y en la aplicación de buenas prácticas en los servicios de irradiación en México y en América Latina.

RLA/1/014 Advancing Non-Destructive Testing Technologies for the Inspection of Civil and Industrial Structures (ARCAL CLIX)

En este informe se presentan los resultados de la segunda etapa (año 2019) del Proyecto Regional de Cooperación Técnica RLA/1/014 “Promoción de Tecnologías de Ensayos no Destructivos para la Inspección de Estructuras Civiles e Industriales (ARCAL CLVIX)”, del cual México es el país líder, siendo la contraparte principal (DTM) del proyecto regional, por lo que debemos coordinarnos con el resto de las contrapartes del proyecto en los otros estados miembros; Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Costa Rica, Cuba, Ecuador, Perú, República Dominicana, Uruguay y Venezuela, para facilitar el desarrollo del proyecto ARCAL.

Para cumplir con las metas programadas, se canalizó el apoyo que proporcionó el OIEA en cuanto a conocimientos, asesoramiento y financiamiento para la capacitación del personal y la adquisición de equipos. En base al programa de trabajo que se detalló en la primera reunión de coordinación, en conjunto con la Oficial Gerente y el Oficial Técnico del proyecto, se coordinará la logística de implementación de los cursos de capacitación sobre técnicas avanzadas de END y los talleres programados, así como la adquisición de los equipos y artículos complementarios para la implementación de estas técnicas.

En paralelo, se implementaron a nivel laboratorio las técnicas de caracterización para la evaluación del envejecimiento de estructuras de acero embebidas en concreto, poniendo énfasis en las técnicas electroquímicas, con el fin de elaborar los procedimientos experimentales correspondientes, para posteriormente extrapolar su aplicación en sitio para evaluar el grado de envejecimiento sufrido por dichas estructuras metálicas.

Se logró financiamiento por parte del OIEA, mediante la Orden Compra No. 201912910-RK, para que la empresa Grupo KB de México, representante nacional de la compañía suiza Proceq, imparta un curso de capacitación en el uso y manejo de equipos de la línea Proceq (cinco equipos) con duración de 30 horas, en las instalaciones del ININ. Así mismo, durante el año 2019 se logró concretar la donación por parte del OIEA al ININ de materiales de referencia, patrones de calibración, un sistema de radiografía digital y un escáner láser, que sumados tienen un costo de \$186,369.91 USD y se logró que el OIEA concediera al ININ el estatus de Centro Subregional de Referencia para la Inspección de Estructuras Civiles.

En relación a los cursos de Ultrasonido con Arreglo de Fases Niveles 1 (UTPA-N1) y 2 (UTPA-N2), se convino durante la segunda reunión de coordinación (Mid-term Coordination Meeting) que era de mayor utilidad reorientar los recursos para que se realizaran los cursos de capacitación en la operación de los equipos donados al ININ por el OIEA, y que no habían sido contemplados inicialmente en las órdenes de compra emitidas por el OIEA, específicamente



para el Georadar Marca PROCEQ, Modelo GRP-Live, el equipo de ultrasonido con arreglo de fases Marca PROCEQ, Modelo Pundit 250 Array, el medidor de resistividad eléctrica Marca PROCEQ, Modelo Resipod, el medidor de coberturas marca PROCEQ, Modelo Profometer PM-650, el esclerómetro Marca PROCEQ, Modelo DIGI Schmidt, Tipo ND, la media celda para medición de potencial electroquímico, Marca Giatec, Modelo XCell, la cámara termográfica Marca FLIR, Modelo T540, y el escáner láser Zoller+Fröhlich, Modelo Z+F 5010C. Como resultado de esto, se tiene que el OIEA emitió la Orden Compra No. 201912910-RK, donde se está solicitando a la empresa Grupo KB de México, representante nacional de la compañía suiza Proceq, la impartición del curso de capacitación en el usos y manejo de equipos de la línea Proceq (cinco equipos) con duración de 30 horas, en las instalaciones del ININ, el cual se realizará para el primer trimestre del 2020.

En cuanto a la adquisición del equipo requerido y materiales complementarios para la inspección mediante END de estructuras civiles, durante el mes de enero se recibieron los materiales de referencia donados por el OIEA mediante la orden compra No. 201806756-YL; un conjunto de penetrámetros dúplex tipo alambre del No. 15 usados para el control de calidad de las exposiciones radiográficas, un bloque de calibración para el ensayo de ultrasonido con arreglo de fases (PAUT) con estuche de transporte, y un poster con radiografías de referencia desarrolladas por el Instituto de Investigaciones en Energía Eléctrica (EPRI) y comercializadas por la Compañía Tecnología de Información Computarizada (CIT) empleadas para la calificación de sistemas de radiografía digital.

El 11 de julio del 2019 fue entregado en las instalaciones del Centro Nuclear del ININ el sistema portátil de radiografía digital NOVO 22 (orden de compra del OIEA No. 201812329-TT) y como parte de los servicios contratados por el OIEA, el proveedor del equipo NOVO Digital Radiography, en el mes de agosto se impartió el curso de capacitación para la operación de dicho sistema, en el cual participó el siguiente personal del ININ; José María Ramírez Campos, Jesús de la Torre Orozco, Héctor Rojas Castro, Roberto Carlos González Díaz, Raúl Ramírez Suárez, Alberto Medrano Beltrán, Ricardo García Ruíz, Eduardo Francisco Robles Piedras, Julio César Zenteno Suárez y Enrique Domínguez Anaya.



Figura 1. Curso de capacitación en la operación del sistema de radiografía digital NOVO 22.

A este respecto, por requerimiento de la CNSNS, se han iniciado las actividades para poder obtener la licencia de operación móvil para poder hacer uso de este equipo en inspecciones de campo.

El 10 de octubre del 2019 fue recibido en las instalaciones del ININ el escáner láser Zoller+Fröhlich, Modelo Z+F 5010C (Orden de Compra del OIEA No. 201902699-TT). En relación a este equipamiento cabe mencionar que se requiere una laptop de alto rendimiento para poder utilizarlo, ya que el escáner es para trabajo de campo, esto ya fue establecido en los



requerimientos de equipos de cómputo y notificado a la Gerencia de Sistemas del ININ, donde se mencionó que una opción podría ser una laptop con las siguientes características; Pantalla de 17 pulgadas, Procesador Intel Core i9-9900K, Tarjeta gráfica GeForce RTX 2080, Discos duros de 256GB PCIe SSD + 1TB HDD, Memoria interna 32GB RAM.

Con la donación del sistema de radiografía digital y del escáner láser, el OIEA al ININ estaría en condiciones de obtener el estatus de Centro Subregional de Referencia para la Inspección de Estructuras Civiles. En este sentido, a invitación de personal de la Central Nucleoeléctrica Laguna Verde, los días 16 y 17 de octubre del 2019, se tuvo una reunión de trabajo con expertos del OIEA sobre el tema del envejecimiento de estructuras civiles en la CNLV, realizada en las instalaciones de la Subgerencia de Ingeniería, ubicada en Dos Bocas, Veracruz.



Figura 2. Reunión de trabajo sobre estructuras civiles en la CNLV

RLA/1/015 Harmonizing Integrated Management Systems and Good Irradiation Practice Procedures in Irradiation Facilities (ARCAL CLX).

Como parte del Sistema de Gestión de Calidad, es de vital importancia la capacitación del personal involucrado en el proceso de irradiación, con la finalidad de contar con la calificación del mismo, el poder ser capacitados por expertos a nivel internacional es enriquecedor para la mejora del servicio de irradiación que brinda el ININ, así como contar con las bases de la normativa internacional aplicable, ya que a nivel nacional actualmente no se cuenta con normas nacionales específicas para el proceso de irradiación de los diversos productos procesados con radiación gamma.

La Planta de Irradiación Gamma se encuentra implementando el Análisis de Riesgo desde el punto de vista operacional, con la finalidad de mejorar y controlar el proceso de irradiación y así contribuir con los fabricantes y poder proporcionar productos seguros para el uso y consumo humano, tal es el caso de los dispositivos médicos y otros insumos para la salud.

Como parte de los Sistemas de gestión Integral, actualmente se está trabajando con la integración de las Buenas Prácticas de Fabricación para Dispositivos Médicos, con la finalidad de obtener dicha Certificación y se pueda continuar irradiando estos productos.

Dentro de los inconvenientes, en la reunión final de coordinación, nos pudimos dar cuenta que varias de las actividades programadas no se había llevado a cabo y se estableció como un punto a mejorar para dar un mejor seguimiento y retroalimentación a los países participantes.



RLA/1/016 Certifying Flow Measurement Methods and Calibration Techniques of Flow Meters Used in the Oil and Gas Industries by Radiotracers ARCAL CLXI

Los Coordinadores Nacionales de cada país participante dirigieron sus esfuerzos a aumentar la capacidad y competencia de los grupos de aplicación de la tecnología de trazadores, en los aspectos de normalización, estandarización y calibración de las técnicas de medición y calibración de los medidores de flujo de uso industrial, y diseminar el conocimiento existente y por generar, promoviendo su desarrollo para expandir la utilización de estas técnicas en la resolución de problemas reales (i.e. industria), con la finalidad de lograr su eficaz transferencia a los usuarios finales. Destaca la consideración de lograr productos de soporte de gran importancia para la transferencia de tecnologías, a partir de experiencias de países de la Región y los avances en la normatividad internacional sobre el particular.

En cada país, las agencias responsables de la regulación y supervisión de las actividades de los miembros de la industria del petróleo y el gas requieren que los medidores de flujo utilizados para medir el flujo a través de un oleoducto se calibren periódicamente. Los métodos de radiotrazadores representan una alternativa más atractiva en el ámbito de métodos no invasivos. El uso de un radiotrazador adecuado para el material específico que se mueve dentro de la tubería, posibilita medir con precisión el flujo sin ninguna perturbación en el funcionamiento normal de la tubería.

En Brasil, por ejemplo, según la agencia nacional de petróleo / gas, los impuestos para las operaciones de producción de petróleo y gas se recaudan cada seis meses y cada dos años para las operaciones de venta de petróleo y gas.

Dentro del proyecto se encuentra el grupo de radiotrazado del ININ con la participación de Jorge Flores Montoya, José Angel Benitez Salinas y Teodoro García Medina. Los cuales participaron en una práctica que se efectuó en el mes de julio de 2019, dentro de las instalaciones del ININ. Se trató de una práctica de medición de flujo con la finalidad de usar el equipo donado por el organismo y la técnica de medición correspondiente. Se está al corriente de la técnica y se estudian nuevas aplicaciones en plantas de tratamiento de aguas residuales.

La poca información de esta técnica que se tiene a niveles del nuevo gobierno Federal y por otro lado, la implicación administrativa y económica para la implementación de esta metodología y la creación de un laboratorio de referencia y una unidad de verificación que diera los servicios correspondientes, no se ha podido concretar.

Por otro lado, también por el momento no se tiene la certeza de que se haya actualizado el ISO 4053/IV e ISO 2975/VII por parte del grupo internacional (P- members) para su aplicación o adopción como una técnica alternativa para todos los países asociados al ISO incluyendo México. Por lo tanto, se espera tener nuevamente contacto con la Dirección General de Normas o ante la Secretaría de Energía, para plantear el proyecto y tener la posibilidad de aplicar este tipo de técnica a la industria en general, y tener una alternativa económica viable y con una precisión efectiva. Esta aplicación tendría grandes beneficios para las industrias petroleras donde se requiere tener la certeza de la cantidad de fluido entregado así como el correspondiente cobro fiscal. Además, la aplicación de esta técnica puede indicar la mejora en el rendimiento de procesos en la industria química.

**RLA/2/016 Supporting Formulation of Plans for Sustainable Energy Development at a Subregional Level - Stage II (ARCAL CLIII)**

El estudio actualizado de la demanda y suministro de energía a nivel nacional y subregional, ha permitido vislumbrar las necesidades energéticas de manera sectorial y así proponer alternativas para su solución. Tras desarrollar los estudios energéticos, en donde se incluyen premisas basadas en los ODS, las enmarcadas en el Acuerdo de París y en los objetivos de la Ley de Transición Energética, hemos podido detectar qué actividades económicas requieren mayor atención respecto al uso de los combustibles tradicionales, ejemplo de ello, son las metas presentadas en la Estrategia Municipal para el Cumplimiento de la Agenda 2030, del municipio de Toluca, referentes al ODS-7 “Energía Asequible y No Contaminante”.

La cooperación entre los países participantes sigue siendo un aspecto importante a destacar, toda vez que al realizar estudios sub-regionales, la retroalimentación entre los actores involucrados ha sido de suma importancia para cumplir con los objetivos del proyecto, incluyendo la elaboración y entrega de reportes por región. Así mismo, la contribución nacional, ha permitido ampliar y dar a conocer los estudios desarrollados entre instituciones académicas, privadas y gubernamentales, dando como resultado la creación de vínculos inter-institucionales que permitan fortalecer el desarrollo de los estudios, así como la oportunidad de formación de recursos humanos en el país, ya que, la demanda energética, por ser un tema multidisciplinario, ha permitido la interacción con entidades del sector energético, ambiental y social.

Dentro del fortalecimiento de las capacidades en el país, las actividades del proyecto han permitido entrenar, en total, a cuarenta y dos personas en el uso de las herramientas MAED y MESSAGE, así como en la metodología ISED. De tal manera que para la herramienta MAED, se capacitaron a treinta y cinco, siendo el área con más personas habilitadas, gracias al taller impartido a alumnos y profesores de la UAEMex; en el uso de la herramienta MESSAGE se capacitaron a seis personas y para la metodología ISED, se involucraron a cinco personas.

Los principales resultados se centraron en el estudio de la demanda energética realizado durante el proyecto RLA/2/015, en el cual se desarrolló la actualización del mismo, manteniendo el horizonte de estudio hasta el año 2050. Las modificaciones incluyeron cambiar el año base del 2012 al 2015, actualizar los datos demográficos y desagregar las actividades económicas como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Actividades económicas en México

SECTOR ECONÓMICO	SUBSECTOR ECONÓMICO
Agropecuario	Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza.
Construcción	
Minería	
Manufactura	Alimentos, bebidas y tabaco, maquinaria y equipo, petróleo, carbón e industrias químicas, metálicas, minerales no metálicos, papel, otras ramas.
Transporte	Transportes, correos y almacenamiento.
Energía	Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica.
Comercio	Comercio al por mayor, comercio al por menor.



Servicios	<p>Información en medios masivos, servicios financieros y de seguros, servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles, servicios profesionales, científicos y técnicos, corporativos, servicios de apoyo a los negocios y manejo de residuos y desechos, y servicios de remediación, servicios educativos, servicios de salud y de asistencia social, servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos, servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas, otros servicios excepto actividades gubernamentales, actividades legislativas, gubernamentales, de impartición de justicia y de organismos internacionales y extraterritoriales.</p>
-----------	--

Con la desagregación actualizada de las actividades para cada uno de los sectores económicos, se estableció el uso de los combustibles en cada labor, afinando el estudio de demanda energética. Los resultados obtenidos con MAED se compararon con los publicados en el Sistema de Información Energética (SIE) de la SENER, estimando un error porcentual de 0.9% para el sector agricultura, 0.04% para la construcción, 0.6% para la minería, 0.5% en el sector manufacturero, 4.6% para el transporte y de 0.5% y 2.2% para los sectores servicios y residencial, respectivamente.

El estudio de la demanda de energía en la región MEC, considera dos escenarios, el primero es el escenario MESOCAR, cuyo principal objetivo es la reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero, así como el dar cumplimiento a los ODS, a través de los sectores residencial, transporte y servicios, principalmente. El segundo escenario llamado CARIBE, tiene como meta el superar los puntos planteados en el escenario MESOCAR, además de mejorar la eficiencia en los procesos de cocción en el sector residencial, poner en práctica el uso de energías renovables para autoconsumo de electricidad en los sectores residencial, comercial y público. Asimismo, se incluye uno de los aspectos más relevantes del estudio y enfoque del proyecto, que es el lograr la integración de Mesoamérica y el Caribe a través del intercambio energético. En este sentido, los supuestos planteados para atender las premisas de cada escenario son los siguientes (Tabla 2):

Tabla 2. Premisas de los escenarios para el estudio de la demanda de energía.

ESCENARIO	SECTOR	SUPUESTOS
MESOCAR	Residencial	Uso de calentadores solares. Autoconsumo de electricidad mediante el uso de paneles solares. Programa de cambio de lámparas fluorescentes a LED.
	Transporte	Mejoras en el transporte público: tren eléctrico. Inclusión de autos híbridos/eléctricos.
	Servicios	Programa de incremento en líneas de transmisión de energía eléctrica en comunidades rurales.
CARIBE	Residencial	Uso de GLP para cocción: disminución del uso de leña. Calentamiento de agua mediante paneles solares. Cambio de estufas de GLP a eléctricas/inducción.
	Transporte	Uso de GLP en autotransporte de carga. Inclusión de trenes eléctricos. Aumento de la flota de transporte público eléctrico.



En el consumo final de energía proyectado al año 2050, resulta notorio el crecimiento de la demanda energética en el escenario MESOCAR, sin embargo, es notoria la disminución del consumo en el escenario CARIBE, ya que se establecen mayores medidas de eficiencia energética, sobre todo en los sectores residencial, servicios y comercial, así como la puesta en marcha de la electromovilidad.

Las dificultades y problemas presentados durante la marcha del proyecto fueron, la falta de información en las estadísticas energéticas nacionales y/o su desactualización, es una de las principales desventajas encontradas, tanto por la parte nacional, como de la región para el desarrollo de los estudios de planificación energética.

En el caso mexicano, hemos visto una evolución en el desarrollo y publicación de información socioeconómica y energética en dos bases de datos principales, a través del SIE de la SENER y de la Base de Indicadores de Eficiencia Energética (BIEE) de la CONUEE. Ambas herramientas de consulta, poco a poco están siendo actualizadas, lo que ha propiciado que se conviertan en la principal fuente de consulta para los estudios desarrollados. Sin embargo, es importante destacar la necesidad de mantener actualizada la información demográfica, socioeconómica y del país.

RLA/5/068 Improving Yield and Commercial Potential of Crops of Economic Importance (ARCAL CL)

Se organizaron Foros Regionales “Alternativas agro-biotecnológicas de vanguardia para contribuir a la seguridad alimentaria de forma sostenible”, a los que se invitaron a productores e instituciones de gran importancia para la región, tales como: Junta local de Sanidad Vegetal, Distrito de Riego, Asociación de Productores de Hortalizas del Yaqui y Mayo, Agrícola AGROBO, entre otras.



Figura 11. Participación de un colaborador en el 1er. Foro “Alternativas agro-biotecnológicas de vanguardia para contribuir a la seguridad alimentaria de forma sostenible”.

Los principales resultados se centraron en el estudio de la generación M4 en la que se indujo a estrés térmico al desfasar la fecha de siembra de noviembre a marzo para la inducción de estrés térmico dando como resultado un diferencial de temperatura de 4 °C tanto de día como de noche. Se sembraron 259 líneas, las cuales fueron evaluadas durante el ciclo 2019, obteniendo así 43 líneas con rendimientos mayores al 15 % y 22 líneas con rendimientos mayores a 5 % y



menores que 15% comparado con el testigo bajo condiciones de estrés. La selección de líneas avanzadas se realizó tomando en cuenta el número de granos por espiga, número de macollos y peso kernel. De las 43 líneas con rendimientos mayores al 15% se encontró la P1-259, la cual tiene un rendimiento de 4.57 g/planta mientras que el testigo tiene un rendimiento de 1.48 g/planta.

Generación M4

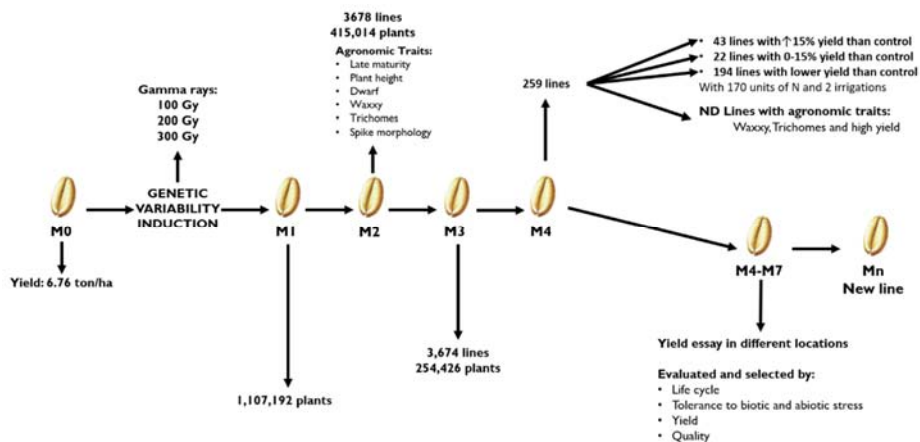


Figura 12. Esquema de selección de mutantes para tolerancia a estrés térmico.

A su vez se colectaron mutantes waxy y de tricomas del experimento masal en las dosis de 100 Gy y 300 Gy para la reproducción del material.

Se mencionarán los problemas y dificultades presentados durante el desarrollo del proyecto, haciéndose énfasis en las soluciones.

No existieron problemas en la duración del experimento de campo.

RLA/5/069 Improving Pollution Management of Persistent Organic Pollutants to Reduce the Impact on People and the Environment (ARCAL CXLII)

Se ha logrado una mejor comprensión de las vías de Exposición a COPs y el proceso de Evaluación de Riesgo a COP's necesaria para la ejecución del proyecto regional.

Actualmente se han obtenido 50 muestras de leche materna de la zona rural y 35 de la zona urbana, se cuenta ya con los estándares de los plaguicidas para realizar la cuantificación de los COP's y también con los reactivos necesarios para el proceso de extracción.

Hasta el momento se tienen las muestras de leche materna en un 90%, se ha implementado la metodología para la cuantificación de grasa y estamos al 80% del método cromatográfico para cuantificación de COP's.

Se mencionan a continuación algunos de los problemas y dificultades presentados durante el desarrollo del proyecto, haciéndose énfasis en las soluciones.



- Unos de los problemas principales ha sido el límite de detección del equipo cromatográfico, así como la cantidad de grasa en las muestras de leche, lo que ha ocasionado el retraso en la obtención de los resultados debido a que existe un solapamiento con la señal de la grasa y algunos de los compuestos.
- Conseguir los mL de leche materna de mamás que cumplan con las especificaciones establecidas (madres primerizas, con bebés de entre 1 y 2 meses de nacido, mamás que hayan vivido en la zona al menos 10 años).
- Convencer a las mamás de que participen en el estudio.

RLA/5/071 Decreasing the Parasite Infestation Rate of Sheep (ARCAL CXLIV)

- En las ganaderías ovinas participantes se les hizo un levantamiento ecológico: altura sobre el nivel del mar, toma de agua, temperatura ambiental, humedad, relieve, pasto, etc. Se les registró en los animales los rasgos fenotípicos: raza, condición corporal, FAMACHA y se les tomaron muestras de sangre y heces.
- Los programas reproductivos no se aplican en la mayoría de las ganaderías. Mayormente es monta natural, y descartan al macho por baja tasa de preñez, las ovejas en su mayoría son descartadas después de 4 partos, o por problemas reproductivos y muchas mueren por problemas de parásitos.
- Se ha detectado 13.2% de la población ovina con *fascioliasis*. Se ha desarrollado una técnica para su control e inducir a la resistencia a este parásito.
- Las posibilidades de obtener apoyo institucional y nacional son muy altas. al igual de recursos humanos y posiblemente económicos para hacer de este proyecto sustentable. Es posible obtener recursos de otras instituciones; lo importante es que las técnicas implementadas sean utilizadas y las mismas generen conocimientos.
- El programa de cooperación técnica del OIEA para este año se ha convertido hasta cierto punto sustentable, ya que a la raíz de la difusión de los mismos con ganaderos, se han incrementado las fincas que quieren incorporarse al programa de control parasitario y resistencia parasitaria en varias zonas zoogeográficas de México.
- El laboratorio fue considerado como laboratorio de referencia en el diagnóstico parasitario y ha sido el primero en detectar prevalencias de parásitos por raza y zonas ecológicas, así como también determinar los efectos de cada parásito en la metabolómica, a través de genes que regulan determinados metabolitos.
- Se logró una disminución de la carga parasitaria en ciertas zonas ecológicas con la determinación de la diversidad parasitaria así como la detección a la resistencia a determinados desparasitantes y la resistencia parasitaria en determinados hatos. Con esto se obtuvo el material básico para el diagnóstico parasitario.

A continuación se mencionan los problemas y dificultades presentados durante el desarrollo del proyecto, haciéndose énfasis en las soluciones.

- Falta de registros en los establecimientos y falta de recursos económicos para la recolección de datos fenotípicos e inexistencia de una base de datos que unifique estos datos;



- Limitados recursos económicos para genotipados y formación técnica insuficiente en análisis de datos de genotipados para realizar análisis poblacionales y asociación genotipo-fenotipo;
- Falta de programas de selección genética para identificar e incorporar los machos superiores;
- Falta de promoción por las entidades públicas y privadas nacionales para la creación de asociaciones de productores.
- Recursos humanos insuficientes para el análisis del ADN

Nota: Se nos notificó en Octubre del año pasado 2019, el envío de un equipo y Reactivos a México correspondiente al Proyecto ARCAL/5/071, el mismo a la fecha no ha llegado y se nos ha notificado que él envió esta atrasado. La orden de compra es OIEA201910399-DDREQ86365, suministro de laboratorio para entregar a México; MRC-606400/CT/901261-JOB.

RLA/5/076 Strengthening Surveillance Systems and Monitoring Programmes of Hydraulic Facilities Using Nuclear Techniques to Assess Sedimentation Impacts as Environmental and Social Risks (ARCAL CLV)

El Dr. Samuel Tejada Vega participó como coordinador de México en el proyecto RLA5076 y en colaboración con profesionistas del ININ calcularon la masa de suelo perdido anualmente en las laderas del ejido la Gavia, realizaron acciones estratégicas de terraceo y reforestación para la conservación de los suelos y evitar el azolve del embalse Ignacio Ramírez que almacena agua para la distribución a la zona metropolitana.

El país participó con el personal técnico y profesionista para la obtención de 40 muestras de suelo de una ladera degradada y 40 muestras de suelo de referencia para la medición de ^{137}Cs y obtener el inventario del sitio de estudio. Para estas actividades el personal del ININ utilizó vehículo todo terreno, material y equipo para el muestreo de los suelos y sedimentos, así como tamices, morteros de porcelana para la preparación de las muestras para analizarse por fluorescencia de rayos X del Departamento de Estudios del Ambiente y por fluorescencia de rayos X en energía dispersiva, así como espectrometría gama del Laboratorio Nacional de Forensica Nuclear del ININ. Se participó en dos congresos nacionales, el apoyo a un estudiante para obtener su grado, con la aportación total de México de \$25,900.00 euros durante el año 2019, como se observa en la tabla.

Se iniciaron los trabajos de reforestación para frenar el azolve del embalse Ignacio Ramírez que almacena agua potencialmente para extraer y potabilizar 2 m³/s para el abastecimiento de la población de Almoloya de Juárez y Toluca. Se pretende calcular la velocidad de sedimentación.

Se entregó un informe final “Fortalecimiento en la región de los sistemas de vigilancia de obras hidráulicas, mediante el empleo de las técnicas nucleares para estimar el impacto de sedimentación como riesgo ambiental y social”, a la biblioteca del ININ y se presentó el informe a la comunidad científica de la institución y a funcionarios de la presidencia de la república, quienes analizan los resultados para buscar oportunidad de remediación de los suelos



y evitar la degradación de la tierra por el cambio de uso del suelo de forestal a cultivo de maíz y pecuario.

A continuación se mencionan los problemas y dificultades presentados durante el desarrollo del proyecto, haciéndose énfasis en las soluciones.

Se presentaron algunas dificultades durante la obtención de muestras de sedimento del embalse Ignacio Ramírez para cuantificar ^{137}Cs , debido a que no se cuenta actualmente con un nucleador motorizado de percusión para obtener sedimentos a profundidades de 1 metro con cortes de 5 cm, por lo que es necesario la adquisición del nucleador de sedimentos.

Para la cuantificación de ^{137}Cs en suelo se requiere un sistema de espectrometría gamma de alta eficiencia y con blindaje de plomo, para aumentar el número de mediciones, garantizar los resultados necesarios para estimar la tasa de erosión en la cuenca y realizar el estudio en menor tiempo.

RLA/5/077 Enhancing Livelihood through Improving Water Use Efficiency Associated with Adaptation Strategies and Climate Change Mitigation in Agriculture (ARCAL CLVIII)

Se llevaron a cabo foros agrícolas para dar a conocer los resultados del proyecto de interés para la región noroeste de México, para hacer más entendible y disponible las agro-biotecnologías abordadas en la presente investigación que permiten incrementar la productividad y controlar patógenos, y para promover las buenas prácticas agrícolas en general. Estos foros permitieron la divulgación de los trabajos de investigación y el intercambio de información relacionada con el uso de microorganismos benéficos en la agricultura y, mediante el testimonio de productores locales que aplican el inoculante microbiano a base de *Bacillus cabrialesii* TE3T, *Bacillus paralicheniformis* TRQ65 y/o *Bacillus megaterium* TRQ8, se motivó a los demás agricultores a implementar esta agrobiotecnología para reducir insumos y mejorar la producción.

Además, se llevaron a cabo reuniones con grupos agrícolas de la región del Valle del Yaqui. Con la Unión de Crédito Agrícola del Yaqui (UCAY), el 30 de septiembre de 2019, se entabló un diálogo con aproximadamente 40 productores de la región, donde se abordaron las problemáticas que enfrentaremos por el cambio climático en la agricultura y los trabajos que se desarrollan en este proyecto para el uso eficiente del agua y el nitrógeno a través de microorganismos benéficos. Los participantes se mostraron interesados y motivados a emplear estas tecnologías sostenibles.

Para iniciar con la transferencia de la tecnología se realizaron encuentros con la Junta Local de Sanidad Vegetal, el primero tuvo lugar el 30 de septiembre de 2019, donde se habló de fusionar esfuerzos para comenzar a aplicar bioinoculantes de una forma más extensa, y a comenzar con una validación amplia de estos productos para una mayor área y cultivos.

Se compararon 3 dosis de fertilización nitrogenada (0, 125, 250 kg N ha⁻¹) en trigo cristalino, con y sin el inoculante microbiano a base de *Bacillus* (5 tratamientos y un control). La fertilización nitrogenada se fraccionó en tres ocasiones 33% (a la siembra, al primero y segundo riego) y se realizó una fertilización con fosfato monoamónico (MAP) pre-siembra a 100 kg de MAP por hectárea. En los microplots se fertilizó con urea enriquecida isotópicamente en 1% átomos de ^{15}N en exceso, en las proporciones antes mencionadas.



Figura 13. Marcado de las parcelas y microplots para ^{15}N

Se analizó el impacto de la inoculación del consorcio de *Bacillus* en el rendimiento a través de la medición de sus componentes (tamaño de la espiga, espigas por metro cuadrado, número de granos por espiga y toneladas de grano por hectárea) contrastando así las características de la producción obtenidas en la cosecha.

Por otro lado, se examinó el efecto en la calidad del grano a través de la medición de sus parámetros (peso hectolítrico, peso de mil granos, porcentaje de proteína, y porcentaje de panza blanca). Se colectaron muestras de suelo, paja y grano; se prepararon y se enviaron a análisis isotópico (^{15}N y ^{13}C).

RLA/5/078 Improving Fertilization Practices in Crops through the Use of Efficient Genotypes in the Use of Macronutrients and Plant Growth Promoting Bacteria (ARCAL CLVII).

Se establecieron experimentos, que involucran fitomejoramiento por mutagénesis, para identificar a los genotipos óptimos para incorporarlos estudios de uso eficiente de nitrógeno mediante técnicas isotópicas.



Figura 14. Experimentos de mutagénesis radioinducida, a partir de los cuales se han seleccionado dos líneas óptimas para incorporarlas a estudios de uso de eficiencia del uso de Nitrógeno mediante técnicas isotópicas.



Dentro de estos experimentos de mutagénesis destaca la línea genética de Chía (*Salvia hispanica*) ININ-M2-50 que presenta maduración temprana, ya que a los 4 meses alcanza la madurez de consumo. Se realizó determinación de ácidos grasos por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas en ésta línea sobresaliente encontrándose que el contenido de ácidos grasos omega 3 se mantiene alto (57-59%, del contenido de lípidos), lo cual tiene gran relevancia desde el ámbito nutracéutico.

Estudios utilizando diferentes fertilizantes marcados con isótopos en sistemas agrícolas han mostrado valores de eficiencia baja: ^{15}N : 10-47%, ^{32}P : 5-21%, ^{35}S : 21-75% y ^{45}Ca : 23-65%. Dichos resultados indican una pérdida nutrimental alta y con base a estimaciones globales *i.e.* cereales fertilizados con N-urea (250 kg N ha⁻¹), equivale a pérdidas de 150 kg N ha⁻¹ ciclo⁻¹, N que representa una fuente de contaminación atmosférica y de cuerpos de agua con implicaciones humanas y ambientales.

Por consiguiente, en este año de desarrollo del proyecto se buscó generar nuevas biotecnologías microbianas *ad hoc* como agentes de promoción del crecimiento de cultivos de importancia agrícola, para su integración en los sistemas de producción con genotipos de alta eficiencia en la absorción macro nutrimental con un enfoque de sustentabilidad.

La única dificultad que se ha tenido en el desarrollo del proyecto es la demora en la liberación del envío que hizo el OIEA del N-15, problema que se resolvió satisfactoriamente a mediados de 2019.

RLA/6/077 Taking Strategic Actions to Strengthen Capacities in the Diagnostics and Treatment of Cancer with a Comprehensive Approach (ARCAL CXLVIII)

Derivado de la estrategia de sumar a más profesionales en tomar acciones estratégicas para fortalecer las capacidades de diagnóstico y tratamiento del cáncer el impacto a nivel nacional ha sido muy importante como se podrá observar en el reporte que a continuación se muestra, toda vez que permitió la descentralización de los conocimientos, oportunidades y permitió el trabajo coordinado y comprometido de cada uno de los asistentes.

RLA/6/080 Harmonizing Criteria on Good Manufacturing Practices and Quality Control of Radioisotopes and Radiopharmaceuticals (ARCAL CLII)

Sensibilización de las autoridades regulatorias en el tema Radiofármacos a través de la participación en actividades de capacitación e intercambio con pares regionales y expertos internacionales compartiendo las regulaciones locales.

Generación de una red de vínculos de autoridades regulatorias de la región tendiente a la armonización de los requisitos y exigencias regulatorias.

Mejora de la capacitación en temas de buenas prácticas, en particular en el tema validación.

Generación de una red de vínculos de personas dedicadas a producción y control de radiofármacos PET y SPECT que permitirá buscar soluciones comunes a temas de interés regional vinculados a buenas prácticas y garantía de calidad

Conocimiento de expertos internacionales a quienes consultar en la temática.

Se avanzó en el diseño de cursos de capacitación en Radiofarmacia de aplicación regional para profesionales del área y reguladores.



Los principales resultados son los siguientes:

Evaluación y publicación de la situación regional en la implementación de BPP, protocolos y métodos de control de calidad de radioisótopos y radiofármacos de interés en la región.

Se analizó la situación en los países participantes en la primera reunión de coordinación con respecto a la armonización de criterios de implementación de buenas prácticas de producción y control. Se redactó el informe final, teniendo en cuenta las problemáticas planteadas de la primera reunión de coordinación del proyecto ARCAL 6/080.

Se distribuyó el informe a todos los coordinadores nacionales del proyecto y a los coordinadores de ARCAL pero no se realizó publicación. La situación regional con respecto a la implementación de BPP quedó descrita en las presentaciones de los países participantes del proyecto, que se adjuntaron en los anexos del informe.

Redacción y publicación de directrices técnicas que describen protocolos de validación y métodos de control de calidad de radioisótopos y radiofármacos seleccionados de acuerdo con las BPP.

Se presentaron y entregaron los documentos asociados a la validación de métodos analíticos, validación de limpieza y llenado aséptico y validación de procesos tanto para producción de radiofármacos PET como SPECT adoptados de los protocolos desarrollados en proyecto RLA 6074. En algunos países de la región se están utilizando como base para desarrollar los procesos de validación propios. Estos estarán disponibles en los países de la región a través de los coordinadores de ARCAL.

Los documentos no han sido publicados. Sería deseable ampliar el acceso de este material a través de métodos de distribución más eficientes.

Capacitación de personal en protocolos de validación y métodos de control de calidad para diseminar conocimiento a nivel nacional y regional.

Se capacitaron 33 profesionales en validaciones, se entregó material suministrado por los docentes de temas teóricos y guías prácticas.

Se diseñaron los contenidos de los cursos en radiofarmacia, que será consensuada con las contrapartes del proyecto RLA 6080.

Establecimiento de una red regional para facilitar la transferencia y preservación del conocimiento en la cadena de suministro de radiofármacos.

Se diseñó una versión de contenidos que será consensuada con las contrapartes del proyecto RLA 6080. Esta actividad deberá ser continuada en el próximo proyecto.

A continuación se enlistan algunas de las dificultades encontradas así como se enuncian las posibilidades de solución.

Principales dificultades	Posibilidades de solución
1.-Carencia de regulación específica que considere los aspectos diferenciales entre radiofármacos y fármacos convencionales.	Gestionar la elaboración de guías ante la OMS, OPS, PICS o algún organismo internacional para que sirva como referencia a las instituciones reguladoras.



2.-Deficiencia reglamentaria y/o ausencia de normatividad asociada a radiofarmacia hospitalaria	Se sugiere que los entes reglamentarios elaboren normas específicas para el área de radiofarmacia hospitalaria.
3.-Necesidad de oportunidad de capacitación para los reguladores en temas específicos como producción y control de radiofármacos	Generar opciones de capacitación al personal del ente regulador programando talleres nacionales y regionales de capacitación continua teórica y práctica, acompañadas de visitas a centros de producción de radiofármacos.
4.-Instalaciones y/o equipos que no cumplen con los requerimientos de Buenas Prácticas de Manufactura	Realizar un plan de mejoras con la posibilidad de ser analizado por los países de la región que cuenten con la experiencia previa en estos temas.
5.-Falta de capacitación académica con acreditación en radiofarmacia	Apoyar el establecimiento de programas especializados en radiofarmacia que incluya los aspectos regulatorios aplicables.

RLA/7/022 Strengthening Regional Monitoring and Response for Sustainable Marine and Coastal Environments (ARCAL CXLV)

A continuación se destacan los aportes reales de las actividades del proyecto, de manera cuantitativa y cualitativa.

- Se fortaleció el Observatorio Costero del Cambio Global (OCCC-UNAM) en Puerto Morelos y se creó la capacidad de medidas de pH y alcalinidad en agua de mar, que en la actualidad se realiza de forma rutinaria; y se creó la capacidad de recolectar y analizar muestras de microplásticos en arenas de playa, y se inició el programa de monitoreo de microplásticos en los OCCC-UNAM. De esta forma, se cuenta con la capacidad de contribuir a los compromisos internacionales de México en relación a la salud de los océanos.
- Se creó la capacidad de recolectar núcleos de coral y de interpretar análisis elementales e isotópicos. Se dispone de las primeras reconstrucciones retrospectivas de variaciones de temperatura y pH en Puerto Morelos, México y una tesis doctoral en proceso.
- Se mejoraron las capacidades para el diseño de productos de comunicación relacionados con proyectos de investigación científica ambiental.
- Se logró formalizar la Red de Investigación de Estresores Marino-Costeros en Latinoamérica y el Caribe (REMARCO), con lo cual se espera fortalecer la colaboración para la realización de estudios ambientales en la región e integración de resultados, con metodologías uniformes, que contribuyan a mejorar la disponibilidad y calidad de información útil para el manejo integral de la zona costera en Latinoamérica y el Caribe.

A continuación se mencionan los problemas y dificultades presentados durante el desarrollo del proyecto, haciéndose énfasis en las soluciones.

- La mayoría de los laboratorios de la región, incluido México, tienen equipos indispensables para continuar con el trabajo de REMARCO que no se han logrado poner



en marcha, que requieren reparación o mantenimiento preventivo, o ser reemplazados, y no se cuenta con recursos para ello. Se requiere contar con un fondo dedicado a cubrir estas necesidades.

- La publicación de resultados (artículos en revistas de calidad, integración y mantenimiento de una base de datos permanente) sigue siendo limitada en la región. Se recomienda introducir estos aspectos como requisitos indispensables en los proyectos futuros, y si fuera necesario, incluir talleres para la capacitación en publicación de artículos científicos y preparación (o uso) de bases de datos especializadas.
- El análisis elemental e isotópico de corales se realiza fuera de la región, debido a que no se cuenta con un laboratorio con las capacidades necesarias dentro de REMARCO. En México, específicamente en la UNAM, se cuenta con los equipos necesarios, pero hace falta capacitar al personal y asegurar su permanencia.
- Se sigue teniendo mucho problema para la recepción e importación de materiales y consumibles donados por OIEA. Se solicita una reunión con el PMO de OIEA para México, el NLO y la Coordinación de ARCAL en México, con las autoridades de la UNAM implicadas en la formalización de proyectos con OIEA y los trámites de las donaciones, para facilitar estas gestiones.

RLA/7/023 Assessing Atmospheric Aerosol Components in Urban Areas to Improve Air Pollution and Climate Change Management (ARCAL CLIV)

Las autoridades locales y federales están al tanto del desarrollo de las actividades del proyecto RLA7023, y participan activamente en el mismo a través de la Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México (SEDEMA-CDMX) y el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). Los resultados del Proyecto ARCAL RLA7023 aportarán información actualizada y confiable sobre la contaminación atmosférica en la CDMX, misma que en su oportunidad podrá ser utilizada por los tomadores de decisiones y por la comunidad científica, para definir e implementar estrategias de control y mitigación de la contaminación a niveles local y regional, lo que redundará en beneficio de la población en general, ayudando a mejorar su salud, calidad de vida y el medio ambiente local. Asimismo, los resultados ayudarán a entender mejor los fenómenos ambientales de mayor magnitud como el Cambio Climático Global (CCG).

Los principales resultados se centraron en la recolección de muestras y su análisis. Las muestras de BV son analizadas en el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ) para determinar el contenido de carbono negro mediante reflectometría, y el contenido elemental mediante la técnica PIXE. Las muestras de AV son analizadas en el INECC para determinar el contenido de carbón elemental (CE), carbón orgánico (CO), hidrocarburos poliaromáticos (PAH), aniones y cationes.

Cuarenta muestras de BV fueron analizadas por PIXE para identificar y cuantificar su contenido elemental. Se determinaron regularmente los siguientes elementos: S, Cl, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Br, Sr, Pb, Ba. Se analizaron 70 muestras por reflectometría para determinar la opacidad del contenido de carbono negro.

Las muestras de alto volumen (60) se analizaron por cromatografía de iones para determinar aniones y cationes: F⁻; Cl⁻; NO₂⁻; Br⁻; NO₃⁻; F⁻; SO₄²⁻; Li⁺; Na⁺; NH₄⁺; K⁺; Mg²⁺; Ca²⁺. Mediante un método termo-óptico se determinó carbono elemental EC y carbono orgánico OC, la razón EC/OC y carbono total. Mediante ICP-Masas se midieron los elementos:



ARCAL

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

S, Sb, As, Ba, Be, Cd, Co, Cu, Cr, Ag, Mn, Mo, Ni, Se, Ti, V, Pb, Sn. La medición de hidrocarburos poliaromáticos (PAHs) identificaron: acenafteno, acenaftileno, antraceno, benzo(A)antraceno, benzo(A)pireno, benzo(D)fluoranteno, benzo(GHI)perileno, benzo(K)fluoranteno, criseno, dibenzo(AH)antraceno, fenantraceno, fluoranteno, fluoreno, imndeno(1,2,3-cd)pireno, naftaleno, pireno.

Algunas de las dificultades encontradas se relacionaron con la recepción de los muestreadores. Los muestreadores de HV fueron recibidos tardíamente por los países participantes, lo que ocasionó un retraso en el inicio de la campaña de colección de muestras. El suministro de posteriores suministros de laboratorio ya se ha regularizado.



4. ANEXOS

4.1 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 euros
ARCAL CXLVII RLA/0/059 Strengthening Regional Cooperation	Verónica Elizabeth Badillo Almaraz	1,500.00
ARCAL CLXVIII RLA/0/062 Promoting the Sustainability and Networking of National Nuclear Energy Institutions	José Walter Rangel Urrea Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares	3,400.00
ARCAL CXLVI RLA/1/013 Creating Expertise in the Use of Radiation Technology for Improving Industrial Performance, Developing New Materials and Products, and Reducing the Environmental Impact of the Industry	Teodoro García Medina Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares	10,000.00
ARCAL CLIX RLA/1/014 Advancing Non-Destructive Testing Technologies for the Inspection of Civil and Industrial Structures	Eduardo F. Robles Piedras Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares	18,900.00
ARCAL CLX RLA/1/015 Harmonizing Integrated Management Systems and Good Irradiation Practice Procedures in Irradiation Facilities	Edith Hernández Hernández Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares	13,000.00
ARCAL CLXI RLA/1/016 Certifying Flow Measurement Methods and Calibration Techniques of Flow Meters Used in the Oil and Gas Industries by Radiotracers	Marco Antonio Ruiz Cristóbal Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares	1,000.00
ARCAL CLIII RLA/2/016 Supporting Formulation of Plans for Sustainable Energy Development at a Subregional Level - Stage II	Jaime Esquivel Estrada Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares	3,600.00
ARCAL CL RLA/5/068 Improving Yield and Commercial Potential of Crops of Economic Importance	Sergio de los Santos Villalobos Instituto Tecnológico de Sonora	5,500.00
ARCAL CLXII RLA/5/069 Improving Pollution Management of Persistent Organic Pollutants to Reduce the Impact on People and the Environment	Genoveva García Rosales Instituto Tecnológico de Toluca	10,000.00



ARCAL

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

ARCAL CXLIV RLA/5/071 Decreasing the Parasite Infestation Rate of Sheep	Ricardo E. Caicedo Rivas Benemérita Universidad Autónoma de Puebla	6,200.00
ARCAL CLV RLA/5/076 Strengthening Surveillance Systems and Monitoring Programmes of Hydraulic Facilities Using Nuclear Techniques to Assess Sedimentation Impacts as Environmental and Social Risks	Samuel Tejeda Vega Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares	15,700.00
ARCAL CLVIII RLA/5/077 Enhancing Livelihood through Improving Water Use Efficiency Associated with Adaptation Strategies and Climate Change Mitigation in Agriculture	Sergio de los Santos Villalobos Instituto Tecnológico de Sonora	5,200.00
ARCAL CLVII RLA5078 Improving Fertilization Practices in Crops through the Use of Efficient Genotypes in the Use of Macronutrients and Plant Growth Promoting Bacteria	Eulogio de la Cruz Torres Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares	26,200.00
ARCAL CXLVIII RLA/6/077 Taking Strategic Actions to Strengthen Capacities in the Diagnostics and Treatment of Cancer with a Comprehensive Approach	Verónica Hortensia Vélez Donis Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias "Ismael Cosío Villegas"	3,900.00
ARCAL CLII RLA/6/080 Harmonizing Criteria on Good Manufacturing Practices and Quality Control of Radioisotopes and Radiopharmaceuticals	Noé Cruz Pichardo Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares	3,000.00
ARCAL CXLV RLA/7/022 Strengthening Regional Monitoring and Response for Sustainable Marine and Coastal Environments	Ana Carolina Ruiz Fernández Instituto de Ciencias del Mar y Limnología Universidad Nacional Autónoma De México	28,837.50
ARCAL CLIV RLA/7/023 Assessing Atmospheric Aerosol Components in Urban Areas to Improve Air Pollution and Climate Change Management	Javier Flores Maldonado Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares	12,000.00
Total		167.937.00

**ANEXO 4.2 – TABLA INDICADORES FINANCIEROS PARA VALORAR EL APOORTE DEL PAÍS 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)	3,000.00
2. Grupo Directivo del OCTA, Grupos de Trabajo del OCTA y Puntos Focales	EUR 300 por persona por día (se incluye días de viaje)	1,500.00
3. Gastos locales por sede de evento regional en el país (Grupo de Trabajo/Cursos de Capacitación/Talleres/Seminarios)	EUR 5.000 por semana	16,000.00
4. Gastos locales en eventos nacionales, que se encuentren en el Plan de Actividades	EUR 3.000 por semana	5,000.00
5. Becario cuyos gastos locales son asumidos por el país	EUR 3.500 por mes por becario	
6. Publicaciones	Hasta EUR 3.000	100.00
7. Creación y/o actualización de Base de Datos	Hasta EUR 5.000	5,100.00
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	3,237.50
10. Realización de servicios (p.ej. irradiación de materiales)	Hasta EUR 5.000	7,600.00
11. Tiempo trabajado como Coordinador Nacional y su equipo de soporte	Máximo EUR 1.500 por mes	3,000.00
12. Tiempo trabajado como DTM	Máximo EUR 700 por mes	9,100.00
13. Tiempo trabajado como Coordinador de Proyecto	Máximo EUR 500 por mes	42,500.00
14. Tiempo trabajado como Especialistas locales que colaboran con el proyecto (máximo 3 especialistas por proyecto)	Máximo EUR 300 por mes por especialista	26,300.00
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	20,000.00
16. Gastos del país para el proyecto (infraestructura, equipo, etc.)	Máximo EUR 10.000	31,500.00
TOTAL		173,937.50

NOTA: No deben ser contabilizadas otras actividades no incluidas en esta Tabla.