



**ARCAL**

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

**INFORME ANUAL 2022  
COLOMBIA**



## ARCAL

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

### ***INTRODUCCIÓN***

El presente informe se presentan las actividades realizadas por Colombia en marco de proyectos ARCAL activos en el periodo enero a diciembre de 2022, este reporte ha sido preparado por el Coordinador Nacional de ARCAL sobre la base de los informes presentados por los Coordinadores Nacionales de cada proyecto regional.

Cada informe entregado por los coordinadores nacionales de los proyectos regionales ARCAL de los cuales el país participa, se refleja los progresos realizados y los inconvenientes encontrados en su implementación durante el periodo de 2022, que fueron consolidados en el presente informe, presentado una evaluación nacional de la implementación y avances de los mismos. .



## **CONTENIDO**

- 1. RESUMEN EJECUTIVO**
- 2. PARTICIPACIÓN DEL COORDINADOR NACIONAL EN LAS ACTIVIDADES DE ARCAL**
- 3. IMPACTO DE LAS ACTIVIDADES DE PROYECTO EN EL PAÍS Y RESULTADOS**
- 4. DIFICULTADES Y PROBLEMAS PRESENTADOS DURANTE LA MARCHA DE LOS PROYECTO Y DEL ACUERDO**
- 5. ANEXOS**

Anexo 4.1 – Formato para el Informe Anual de las Actividades de ARCAL en el país

Anexo 4.2 – Tabla de indicadores financieros para valorar el aporte de los países

### **1. RESUMEN EJECUTIVO**

Durante el año 2022, las entidades e instituciones colombianas que actúan como contraparte nacional de los proyectos regionales ARCAL participaron en las actividades programadas como parte del plan de trabajo de estos proyectos.

Se presenta el resumen general de las actividades desarrolladas por Colombia en el marco de este programa.

- a) El país participó en un total de trece (13) proyectos.
- b) El monto total de recursos aportados alcanzó un valor aproximado de 46.650 Euros
- c) Los colombianos participaron en diferentes eventos regionales de capacitación y reuniones de coordinación de proyecto, que se vio favorecido por la virtualidad logrando una mayor participación.

A continuación, se resumen los resultados más relevantes durante 2022 en marco de los proyectos ARCAL a los que Colombia hizo adhesión dentro de las áreas temáticas prioritarias establecidas en el PER 2016-2021:



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

**RLA0/069** *Promoción de la gestión estratégica y la innovación en las instituciones nucleares nacionales mediante la cooperación y la creación de asociaciones Fase II (ARCAL CLXXII)*, Contraparte: Servicio Geológico Colombiano Mauricio López y Ministerio de Minas y Energía Mauricio Mañosca.

Este es un proyecto regional de cooperación con el fin de Promover la sostenibilidad y la creación de redes de instituciones nacionales de energía nuclear, la vigencia del proyecto es de 2 años a partir del 1/1/2020.

Durante el primer y segundo año de ejecución del proyecto se ha promulgado desde el proyecto la necesidad de promover a los jóvenes que tienen capacidades para liderar proyectos sobre procesos nucleares para lo que se han dedicado capacitaciones y desarrollo de módulos de enseñanza.

Estructuración de 7 grupos temáticos Colombia participa en: Reactores nucleares, servicios de dosimetría, plantas gamma, Servicios de ensayos y pruebas y capacitación de recursos humanos a través de asociaciones con universidades, desarrollo de e-learning

Estructuración de 46 cuestionarios

Respecto a la participación de los colaboradores de la contraparte de Colombia en las diferentes en, talleres y capacitaciones durante el año 2022 no se presentó participación.

### **ENERGÍA**

**RLA2/017** *“Apoyo a la preparación de planes de desarrollo de energía sostenible a escala regional (ARCAL CLXVII)”* Contraparte Nacional: Unidad de Planeación Minero-Energética – UPME, Coordinador Lina Patricia Escobar

La contraparte nacional no participó en actividades en marco del proyecto.

### **SEGURIDAD ALIMENTARIA**

**RLA/5/080** *“Fortalecimiento de la colaboración regional entre laboratorios oficiales para hacer frente a nuevos desafíos relacionados con la inocuidad de los alimentos (ARCAL CLXV)”* Contraparte Nacional: Instituto Colombiano Agropecuario - ICA. Coordinador Nacional: David Esquivel.

En el transcurso del año 2022 se realizaron las siguientes actividades dentro de la ejecución del proyecto RLA5080 para el Fortalecimiento de la colaboración regional entre laboratorios oficiales para hacer frente a nuevos desafíos relacionados con la inocuidad de los alimentos (ARCAL CLXV), en las cuales participamos como contraparte:



1. RLA5080 RALACA-DSC Presentación y revisión del marco legal propuesto: Preguntas y respuestas
2. RLA5080 Presentación Estatus LIMS
3. RLA5080 Presentación y consultas: Primera versión de la base de datos RALACA-DSC
4. RLA5080 RALACA-DSC Presentación y revisión del marco legal propuesto: Preguntas y respuestas - Segunda sesión
5. RLA5080 RALACA-DSC Reunión petit comité: Pre-discusión de flujo de trabajo
6. RLA5080 RALACA-DSC Reunión petit comité (2): Pre-discusión de flujo de trabajo

**RLA/5/081 “Mejora de las capacidades regionales de análisis y los programas de vigilancia de residuos/contaminantes en los alimentos mediante técnicas nucleares/isotópicas y complementarias (ARCAL CLXX)”** Contraparte Nacional: Universidad Nacional de Colombia. Coordinador Nacional: Jairo Arturo Guerrero Dallos.

El plan de trabajo para El Proyecto RLA5081 “Estrategias para mejorar la productividad y eficiencia de los laboratorios de América Latina y el Caribe por medio de metodologías screening en la determinación de contaminantes” consistió en el desarrollo y montaje de metodologías para determinación de plaguicidas, micotoxinas, residuos de compuestos policlorobifenilos en frutas y hortalizas con el fin de cumplir reglamentación internacional y nacional en cuanto a calidad y seguridad alimentaria.

Reuniones RALACA; Jairo Arturo Guerrero Dallos. Universidad Nacional Reuniones virtuales durante el año 2022

## **SALUD HUMANA**

**RLA/6/084 “Fortalecimiento del desarrollo de recursos humanos a nivel regional en las diferentes ramas de la radiofarmacia (ARCALCLXIX)”**. Contraparte Nacional Instituto Nacional de Cancerología, Coordinador Nacional Nidia Delgado

El Instituto Nacional de Cancerología participó activamente en el proyecto RLA6084 Strengthening Regional Human Resource Development in Different Areas of Radiopharmacy (ARCAL CLXIX) en cabeza del grupo de Radiofarmacia del Instituto Nacional de Cancerología bajo la dirección de la Química farmacéutica Nidia Esperanza Delgado.

Se participó en las siguientes actividades:

1. Se constituyó un comité dentro de los miembros de los países participantes para elaborar la estrategia de capacitación en Radiofarmacia para la región. En este comité participaron Uruguay, Cuba, Colombia, Panamá, Jamaica, Argentina y Méjico, se realizaron más de 10 reuniones y se obtuvo un programa preliminar de 5 módulos en la modalidad de capacitación semipresencial y prácticas de laboratorio. Colombia participó en el desarrollo del módulo 1 y 3.

Módulo 1: Bases físicas y biológicas de la Radiofarmacia

Module 2: SPECT Radiopharmaceuticals.

Módulo 3: Radiofármacos PET



Módulo 4: Radiofármacos terapéuticos

Módulo 5 : Buenas Prácticas de Fabricación y validaciones

2. Se realizó el curso virtual regional EVT2000244 Virtual Regional Train-The-Trainers Course in Radiopharmacy, del 13-17 Diciembre de 2021. Colombia envió 3 candidatos para participar, con experiencia mayor a 5 años en producción de radiofármacos PET SPECT y Terapias y experiencia en docencia, pero ninguno aprobado por el Oficial de enlace.
3. Se requirieron dos expertos para evaluar la estrategia de capacitación en Radiofarmacia elaborada por el comité y se han sostenido 2 reuniones que han arrojado un resultado satisfactorio en el desarrollo del programa
4. El Instituto Nacional de Cancerología está adelantado acuerdos marco con la Universidad Nacional de Colombia con el propósito de estudiar la posibilidad de apoyo a un programa nacional en Radiofarmacia.
5. Hubo una reducción en los recursos destinados a este proyecto en el año 2021-2022 por lo que No se pudieron desarrollar varias de las actividades programadas. Por tanto se tomó la decisión de desarrollar únicamente una de las actividades denominada “ regional training course (pilot) on radiopharmaceuticas” del cual será sede el Instituto Nacional de cancerología
6. El Instituto Nacional de Cancerología está organizando “regional training course (pilot) on radiopharmaceuticas” inicialmente del 12-16 de diciembre y su propósito realizar un piloto de formación y evaluación de docentes en producción de radiofármacos SPECT, PET y terapias. Sin embargo, debido a gestiones internas de país este debió posponerse para Marzo de 2023. Se aprobaron 17 candidaturas de países como Argentina, Brasil, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, Jamaica, México, Paraguay, Perú, y Uruguay y el proceso de formación de los docentes, así como la convocatoria de los alumnos relacionada con la producción de radiofármacos sigue en curso

**RLA/6/085 “fortalecimiento de las capacidades los centros Ciclotrón/PET en la región (ARCAL CLXXXIII)”.**

El Instituto Nacional de Cancerología se encuentra participando activamente en el proyecto RLA6085 FORTALECIMIENTO DE LAS CAPACIDADES LOS CENTROS CICLOTRÓN/PET EN LA REGIÓN (ARCAL CLXXXIII) en cabeza del grupo de Radiofarmacia del Instituto Nacional de Cancerología y participación activa de la Química farmacéutica Nidia Esperanza Delgado.

Durante el primer año del proyecto se participó en las siguientes actividades:

1. La primera reunión de coordinación realizada de manera virtual del 6-8 de abril de 2022, junto con los siguientes países: Argentina (ARG), Bolivia (BOL), Brasil (BRA), Chile (CHI), Colombia (COL), Costa Rica (COS), Cuba (CUB), República Dominicana (DOM), Ecuador (ECU), México (MEX), Perú (PER), y Uruguay (URU).



Se realizó la línea base de la región y se discutió un plan detallado de trabajo para los siguientes dos años. Se concluyó que el recurso humano (HR) calificado es esencial para garantizar el funcionamiento óptimo de las instalaciones de ciclotrón para la producción de radionúclidos y radiofármacos para los estudios moleculares PET.

2. Se realizó un cronograma de actividades y Colombia se comprometió a ser sede para una de las actividades programadas que corresponde a producción y control de calidad de FDG y NaF que se realizará en mayo de 2023 en Bogotá en las instalaciones del Instituto Nacional de Cancerología
3. Participará en la reunión de intercambio de experiencias relacionadas a la operación y mantenimiento de ciclotrones Siemens que se llevará a cabo en Argentina en enero de 2023.

***RLA/6/086 “Integrating Nuclear Medicine Techniques in a Multimodality Approach in Cardiology for Early Diagnosis and Risk Stratification of Cardiovascular Disease in Latin American Women (ARCAL CLXXXV)”.***

1. First Regional Virtual Coordination Meeting of Project RLA6086 “Integrating Nuclear Medicine Techniques in a Multimodality Approach in Cardiology for Early Diagnosis and Risk Stratification of Cardiovascular Disease in Latin American Women (ARCAL CLXXXV)” 29 to 31 March 2022.
2. Asistencia virtual para preparación y presentación del proyecto: Claudia T Gutierrez V. Coordinadora por Colombia.
3. Integrating Nuclear Medicine Techniques in a Multimodality Approach in Cardiology for Early Diagnosis and Risk Stratification of Cardiovascular Disease in Latin American Women (ARCAL CLXXXV). Viena, Austria. 13 – 17 June, 2022.
4. Colombia: 2 participantes (C Gutierrez y K Dueñas). Análisis de datos demográficos de países de Latinoamérica participantes en el proyecto. Borrador de 2 manuscritos uno de ellos ya publicado, el otro en proceso de publicación.
5. Curso regional de capacitación sobre técnicas de imagenología en la gestión de complicaciones debidas a la cardiotoxicidad/ radioterapia en pacientes con cáncer de mama” enlazado con el “Summit Internacional de CardioOncología y riesgo cardiovascular en la mujer” de la Fundación Cardioinfantil”. 16 al 20 de agosto de 2022 Bogotá, Colombia. Organizadores. Asistentes: Curso: promedio 46. Summit: 334 asistentes.
6. Regional Training Course on the Utilization of Imaging Techniques in the Management of Cardiovascular Diseases in Women. Rio Janeiro. Brasil. Asistentes: 2 por Colombia. Dr. Víctor Marín (FCI Bogotá) y Dra. Emperatriz Angarita (Fundación Cardiovascular de Bucaramanga).



7. International Conference on Integrated Medical Imaging in Cardiovascular Diseases (IMIC-2022). Viena- Austria. Dic 13-16 de 2022. Asistente por Colombia: Amelia De los Reyes (Instituto Nacional de Cancerología- Bogotá).

## **MEDIO AMBIENTE**

**RLA/7/025 “Fortalecimiento de la Red de Vigilancia y Respuesta para la sostenibilidad de los ambientes marinos y costeros)”** Contraparte nacional: Invemar Luisa Espinosa

1. Del 1 al 3 marzo del 2022, la contraparte nacional y coordinadora del proyecto Luisa F. Espinosa Díaz junto al representante del equipo de acidificación de océanos Cesar A. Bernal, participaron la tercera reunión de coordinadores de proyecto, la cual se realizó de manera virtual a través de la plataforma Teams.
2. El Jefe de la Unidad de Laboratorios de Calidad Ambiental Marina – LABCAM de INVEMAR en 2022 fue ratificado como integrante del comité ejecutivo de REMARCO. Durante 2022, se coordinaron las reuniones virtuales del componente de acidificación de océanos.
3. En 2022 por solicitud de IAEA a INVEMAR, el Jefe de la Unidad de Laboratorios de Calidad Ambiental Marina asistió a Cuba como experto en la implementación de la metodologías analítica para la determinación de carbono inorgánico disuelto en agua de mar y estuarina.
4. Del 13 al 16 de septiembre en Lima, Perú se participó con ponencia en el 5th INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE OCEAN IN A HIGH CO2 WORLD donde se presentaron los avances en la generación de capacidades del componente de acidificación de océanos en la región (armonización de protocolos, observatorio regional REMARCO y reporte indicador 14.3.1, purificación de m-cresol purpura para análisis de pH, cursos dictados, kit de análisis).
5. INVEMAR coordinó el “Curso regional de capacitación y entrenamiento sobre medición del sistema de carbonatos para la evaluación del indicador de acidez media del mar (ODS 14.3.1)”, en el cual el jefe del laboratorio de calidad Ambiental marina participó como docente. Este curso fue virtual, soportado en la plataforma de Ocean Teacher Global Academy - OTGA de UNESCO. En 2021, el curso fue cofinanciado con recursos del proyecto RLA7025 y fue cerrado para el personal técnico de REMARCO (60 participantes); en 2022 fue abierto al público general (60 participantes), generando capacidades regionales para el reporte del indicador 14.3.1 del ODS 14.

## **INFRAESTRUCTURA REGULATORIA**

**RLA/9/086 “Fortalecimiento de la infraestructura de seguridad radiológica”.** Ministerio de Minas y Energía Juan Pablo Parra



Se participo en las siguientes actividades.

1. Regional Virtual Meeting on the Safe Management of Public Exposure Scenarios against Waste from Non-nuclear Industries with the Presence of Natural Radioactive Materials (gas, oil and mining) Field: Gov Reg Infra for Rad Safety (Gov Reg Infra for Rad Safety).
2. Virtual Coordination Meeting of Project RLA9086 Field: Gov Reg Infra for Rad Safety (Gov Reg Infra for Rad Safety).
3. Virtual Participation on Basic Course on Radiological Protection (CBPR), Field: Gov Reg Infra for Rad Safety (Gov Reg Infra for Rad Safety).

Además, se recibieron los siguientes equipos para el trabajo de la autoridad reguladora nacional:

1. Un (1) detector de espectroscopia de mano, con accesorios estándar. HM-5 / identiFINDER. Fabricante: FLIR
2. Diez (10) dosímetros electrónicos de lectura directa, incluyendo módulo para neutrones, con dos (2) baterías para cada equipo. DMC 3000 Fabricante: Canberra Packard
3. Tres (3) RadEye B20. Detectores de contaminación, con filtros alfa y gamma. Extensión telescópica, Fabricante: Thermo Fisher Scientific Messtechnik GmbH

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

Las principales actividades realizadas por el Coordinador Nacional en apoyo a la ejecución del Programa durante el 2022 estuvieron enmarcadas en:

Trámite de las nominaciones para cursos, talleres, reuniones de expertos, y demás actividades, de acuerdo con las solicitudes de los coordinadores nacionales de proyectos y en cumplimiento de los planes de actividades de los proyectos.

Reuniones periódicas con los coordinadores de proyecto, para revisar los planes de trabajo, los cronogramas y evaluar el nivel de ejecución de estos.

Recepción y distribución de la información y materiales recibidos.

Comunicación periódica con cada uno de los coordinadores de proyecto.

Se participó en las reuniones convocadas por ARCAL en marco del RLA9086:

- Reunión Virtual de Coordinadores Nacionales de ARCAL.



### **3. IMPACTO DE LAS ACTIVIDADES DE PROYECTO EN EL PAÍS Y RESULTADOS**

#### **Impacto de las actividades del proyecto en el País**

**RLA0/069** *Promoción de la gestión estratégica y la innovación en las instituciones nucleares nacionales mediante la cooperación y la creación de asociaciones Fase II (ARCAL CLXXII).*

En el presente apartado se destacan los principales logros y aportes del proyecto RLA0069 como herramienta para establecer las oportunidades, logros, medios de divulgación y estrategias de capacitación de personal, para mejorar las capacidades de las INN.

#### Reuniones de coordinación del proyecto

Se realizó una reunión de coordinación durante el 2022, con el fin de establecer el avance del proyecto ARCAL, actividades pendientes y próximos eventos.

Para el caso Colombia en el que se adjuntó a varios grupos temáticos, a cada uno de estos grupos se le entregó un cuestionario para hacer un reconocimiento de capacidades por grupo temático y país, a partir de los resultados de las encuestas se citaron a reunión para mostrar cada uno de los resultados obtenidos tendencias y recomendaciones generales

#### Capacitaciones y entrenamientos

-No se participó en actividades.

### **RESULTADOS**

Este proyecto regional es de gran importancia para el país, específicamente para la dirección de Asuntos Nucleares del Servicio Geológico Colombiano, ya que permite la magnificación de la divulgación de los servicios, capacidades y personal profesional con el que cuenta, esto con el fin de prestar servicios y desarrollo de la investigación con buenas prácticas en los procesos y servicios prestados

Se han ejecutado actividades de identificación de las necesidades a cubrir a través de un formulario de estructura documental dirigido a los participantes,

Mediante estos cuestionarios se pretende conocer el tipo de INN, con el fin de fortalecer las investigaciones y servicios, así mismo realizar la prestación de servicios en todos los sectores productivos del país, todo esto gracias al intercambio de información científica y el entrenamiento de personal.

Al final de proyecto se espera tener las herramientas para fortalecer los procesos de investigación y desarrollo del país.



## **SEGURIDAD ALIMENTARIA**

### ***RLA/5/080 “Fortalecimiento de la colaboración regional entre laboratorios oficiales para hacer frente a nuevos desafíos relacionados con la inocuidad de los alimentos (ARCAL CLXV)”***

En el desarrollo de las actividades del proyecto en el 2022, se logró la creación de una herramienta regional (1 base de datos regional) y a su vez apoyo de una comunidad de laboratorios oficiales para enfrentar los retos emergentes en inocuidad alimentaria buscando el enfoque de riesgo. De este modo, aprovechando los datos de forma agregada y sistematizada se podrá brindar a los tomadores de decisiones evidencia para la formulación de Buenas Prácticas Agrícolas (BPAs) y mejoramiento e implementación de estándares de calidad en la producción alimentaria facilitando a su vez la admisibilidad de los productos en otros mercados y al mismo tiempo asegurando alimentos inocuos a las poblaciones de cada país.

La Base de datos regional permitirá optimizar trabajo e los organismos de control oficial con una gestión de recursos eficiente. En este orden de ideas también se logró el desarrollo de un (1) marco legal para facilitar y asegurar la confidencialidad de los datos compartidos.

## **RESULTADOS**

Base de datos regional para compartir los datos de los planes de monitoreo de contaminantes en alimentos.

### ***RLA/5/081 “Mejora de las capacidades regionales de análisis y los programas de vigilancia de residuos/contaminantes en los alimentos mediante técnicas nucleares/isotópicas y complementarias (ARCAL CLXX)”***

En este proyecto se ha recibido la capacitación suficiente para desarrollarlo. Se han recibido las herramientas necesarias para el conocimiento de las propiedades físicas, toxicologías de los compuestos objetivo. Se ha recibido capacitación en montaje y validación de metodologías. Se han montado metodologías para determinación de residuos de plaguicidas por cromatografía de gases y por cromatografía líquida acoplado a espectrometría de masas de alta resolución Orbitrap y cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas con triple cuadrupolo.

Se ha tenido comunicación constante con instituciones gubernamentales colombianas donde se vienen intercambiando conocimiento. Dentro de estas instituciones tenemos: Invima, Agrosavia, ICA.

Nos hemos unido con el personal del laboratorio LANIA del Instituto Colombiano Agropecuario para trabajar en conjunto y tener conocimiento tanto de metodologías como de los planes de monitoreo.

En cuanto a la divulgación del proyecto se viene trabajando en el proyecto de grado de dos estudiantes de Química de dos estudiantes de doctorado y Se participo en el congreso Europeo de residuos de plaguicidas el cual se realizó en Bolonia, Italia donde se presentó el



poster: Evaluation of two methodologies for the análisis of mancozeb and propineb fungicide residues in fruits and vegetables. Se publicaron dos artículos:

El impacto social y económico del proyecto es muy importante pues el laboratorio de análisis de residuos de plaguicidas está en capacidad de analizar frutas de exportación que cumplan con los requisitos de calidad, así como los productos de consumo nacional para asegurar su inocuidad.

## RESULTADOS

1. Validación de metodología para determinación de plaguicidas en frutas y hortalizas por Cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masas de alta resolución-Orbitrap.
2. Validación de metodología para determinación de plaguicidas en frutas y hortalizas por cromatografía de gases con triple cuadrupolo.
3. Se publicaron tres artículos
4. Se capacitaron 6 personas

## SALUD HUMANA

### **RLA/6/084 “Fortalecimiento del desarrollo de recursos humanos a nivel regional en las diferentes ramas de la radiofarmacia (ARCALCLXIX)”.**

El Ministerio de Salud y Protección Social, publicó en octubre de 2015 la resolución 4245 de 2015 “por la cual se establecen los requisitos para obtener la Certificación en Buenas Prácticas de Elaboración de radiofármacos e incluye el instrumento de verificación” que determina entre otros: las diferencias entre radiofarmacia industrial, centralizada y hospitalaria, extrae a la radiofarmacia industrial de la normatividad a la cual obliga obtener el certificado de Buenas prácticas de manufactura y tramitar obligatoriamente el registro sanitario de los productos.

Por tanto, crear, diseñar o ajustar un programa de formación teórico-práctico en FARMACIA NUCLEAR en su mayoría on-line para Farmacéuticos con experiencia en radio farmacia que permitirá obtener un título formal que certifique las capacidades y conocimientos en esta área, permitirá el fortalecimiento del recurso humano vital para el desarrollo de esta práctica en el país

Las actividades realizadas arrojaron los siguientes resultados comparativos que muestra la situación de Colombia con los países de la región

	Regulación	Personal docente	Oferta académica	Capacidad instalada
Argentina	✓	✓	✓	✓ A
Brasil	✓	✓	✓	✓ A
Chile	✓	✓	X	✓
Colombia	✓	✓	✓	✓ A



## ARCAL

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

Costa Rica	✓	✓	X	✓ B
Cuba	✓	✓	✓	✓ M
Ecuador	✓	X	X	✓ B
Honduras	✓	X	X	✓ B
Jamaica	✓	✓	X	✓ B
México	✓	✓	X	✓ A
Nicaragua	✓	X	X	✓ B
Panamá	✓	✓	X	✓ B
Paraguay	✓	X	X	✓ B
Perú	✓	✓	X	✓ M
Rep. Dominicana	X	X	X	✓ B
Uruguay	✓	✓	✓	✓ A

En el país existen aproximadamente 100 centros de medicina Nuclear de los cuales 15 incluyen la tecnología PET, de estos el 45% se encuentran concentrados en la capital del país.

Colombia cuenta con 7 Radio farmacias Centralizadas de carácter privado certificado en Buenas Prácticas de Elaboración y dos de ellas exclusivas para la producción de 18F- FDG. También existe una única radio farmacia Hospitalaria de carácter público en el Instituto Nacional de Cancerología, la cual produce radiofármacos para Medicina Nuclear diagnóstica, PET y radiofármacos terapéuticos certificado también en Buenas Prácticas.

Colombia cuenta con 7 Facultades de Química Farmacéutica, 4 públicas y 3 privadas, pero ninguna tiene incluida la formación en Farmacia Nuclear en su pensum académico. La Capacitación y entrenamiento es liderado por el Instituto Nacional de Cancerología que cuenta con 12 Químicos Farmacéuticos capacitados en producción y control de radiofármacos SPECT, PET y Terapias, 8 médicos nucleares y 2 físicos Médicos. Por lo que capacitar el recurso humano docente con conocimientos, formación y experiencia práctica y generar programas de capacitación en Radiofarmacia pueden ser la base para la generación de programas de educación formal en este campo de la ciencia farmacéutica de manera local, lo cual impulsaría el desarrollo científico y tecnológico en este campo. Este proyecto lidera ese enfoque útil para Colombia por cuanto genera capacidades que promueven y permiten el desarrollo y el uso de la energía nuclear con fines médicos.

## RESULTADOS

Se constituyó un programa preliminar de 5 módulos en la modalidad de capacitación semipresencial y prácticas de laboratorio.

- Módulo 1: Bases físicas y biológicas de la Radiofarmacia
- Module 2: SPECT Radiopharmaceuticals.
- Módulo 3: Radiofármacos PET
- Módulo 4: Radiofármacos terapéuticos



## e. Módulo 5: Buenas Prácticas de Fabricación y validaciones

Se organizó un curso de “regional training course (pilot) on radiopharmaceuticas” cuya sede será el Instituto Nacional de cancerología y realizará en marzo de 2023, para capacitar y evaluar 17 docentes de diferentes países y capacitar 20 profesionales farmacéuticos del país.

**RLA/6/085 “fortalecimiento de las capacidades los centros Ciclotrón/PET en la región (ARCAL CLXXXIII)”.**

El Ministerio de salud, publicó en octubre de 2015 la resolución 4245 de 2015 “por la cual se establecen los requisitos para obtener la Certificación en Buenas Prácticas de Elaboración de radiofármacos e incluye el instrumento de verificación” que determina entre otros: las diferencias entre radiofarmacia industrial, centralizada y hospitalaria, extrae a la radiofarmacia industrial de la normatividad a la cual obliga obtener el certificado de Buenas prácticas de manufactura y tramitar obligatoriamente el registro sanitario de los productos.

Por tanto la capacitación de los recursos humanos, que incluyen desde formación de profesionales altamente especializadas y equipamiento sofisticado para hacer frente a la sostenibilidad del funcionamiento de los Centros Ciclotrón –PET es de vital importancia, lo que redundará en el crecimiento de la investigación y desarrollo de esta práctica en el país.

Las actividades analizadas arrojaron los siguientes resultados comparativos que muestra la situación de Colombia en relación con los países de la región.

*Cyclotrons by Country and Estimated Population*

Country	Estimated population 2021 (millions)*	Number of Cyclotrons
Argentina	45.2	10
Bolivia	11.7	2
Brazil	212.5	16
Chile	19.1	3
Colombia	50.9	6
Costa Rica	5.1	1
Cuba	11.3	1
Dominican Republic	10.8	2
Ecuador	17.6	3
Jamaica	3.0	1
México	128.9	10
Panama	4.3	1
Paraguay	7.1	1
Peru	33.0	2
Puerto Rico	2.9	2
Trinidad y Tobago	1.4	1
Uruguay	3.5	2
Venezuela	28.4	3
	Total	67



En el país existen aproximadamente 96 centros de medicina Nuclear de los cuales 15 incluyen la tecnología PET, de estos el 45% se encuentran concentrados en la capital del país. Colombia cuenta con 7 Radiofarmacias Centralizadas de carácter privado certificado en Buenas Prácticas de Elaboración y dos de ellas exclusivas para la producción de  $^{18}\text{F}$ - FDG. También existe una única radiofarmacia Hospitalaria de carácter público en el Instituto Nacional de Cancerología, la cual produce radiofármacos para Medicina Nuclear diagnóstica, PET y radiofármacos terapéuticos certificado también en Buenas Prácticas. Por tanto, este proyecto tendrá un alto impacto en Colombia al facilitar la formación y capacitación del recurso humano local.

## RESULTADOS

1. La primera reunión de coordinación realizada de manera virtual, obtuvo la línea base de la región y el plan detallado de trabajo para los siguientes dos años.
2. El proyecto está desarrollándose con base en los objetivos propuestos.
3. Se concluyó que el recurso humano (HR) calificado es esencial para garantizar el funcionamiento óptimo de las instalaciones de ciclotrón para la producción de radionúclidos y radiofármacos de los estudios moleculares PET.

***RLA/6/086 “Integrating Nuclear Medicine Techniques in a Multimodality Approach in Cardiology for Early Diagnosis and Risk Stratification of Cardiovascular Disease in Latin American Women (ARCAL CLXXXV)”.***

Integración de los grupos de Cardiología, Imágenes Diagnosticas Cardiovasculares y Cardiología Nuclear en relación con la prevención, detección temprana y diagnóstico de los factores de riesgo cardiovascular en la mujer.

- Difusión y entrenamiento de médicos nucleares, radiólogos y cardiólogos en los métodos diagnósticos en enfermedad cardiovascular en la mujer.
- Organización de redes de trabajo integrado nacionales y regionales de Latinoamérica para el estudio y diagnóstico temprano de la enfermedad cardiovascular en la mujer.
- Análisis y diagnóstico temprano de las alteraciones cardiovasculares en la mujer relacionadas con patologías oncológicas.

## RESULTADOS

- Personal médico actualizado en detección temprana y diagnóstico de enfermedad cardiovascular en la mujer.
- Personal médico actualizado en patología cardiovascular relacionada con procesos oncológicos en la mujer.
- Publicación de artículo relacionado con Cardiología nuclear en Latinoamericana.

## MEDIO AMBIENTE

**RLA/7/025 “Fortalecimiento de la Red de Vigilancia y Respuesta para la sostenibilidad de los ambientes marinos y costeros)”****Floraciones Algales Nocivas**

En el marco de los Proyectos financiados por la IAEA RLA7025 y COL7004, con recursos del país se mantuvo el monitoreo de microalgas potencialmente nocivas en cinco (5) estaciones del departamento del Magdalena (Bahía Chengue, Laguna Chengue, Bahía de Santa Marta, Boca de la Barra y Ciénaga la Luna, para continuar con la serie de tiempo que es necesaria en la construcción del sistema de alertas tempranas. Adicionalmente, se le dio continuidad a la ampliación nacional de la red de monitoreo de fitoplancton potencialmente nocivo iniciada en el 2021, a través de la Red de Vigilancia para la Conservación y Protección de las Aguas Marinas y Costeras de Colombia – REDCAM; para lo cual se realizaron salidas de campo en 9 departamentos costeros del Caribe y Pacífico Colombiano, recolectando muestras de fitoplancton en un total de 40 estaciones nuevas, con el propósito de realizar una caracterización nacional sobre la composición y densidad de microalgas potencialmente nocivas, y con base en los resultados, priorizar algunos departamentos costeros e incluirlos en el monitoreo permanente que realiza el INVEMAR en la zona del Magdalena y Valle del Cauca.

**Biotoxinas marinas**

En 2022, dos investigadoras científicas de INVEMAR recibieron entrenamiento en Mónaco en la determinación de biotoxinas marinas por la técnica analítica RBA.

**Eutrofización costera**

Con el propósito de avanzar en la formulación de los índices de eutrofización costera, se elaboró un documento técnico con los resultados de la estimación de los índices de estado trófico TRIX y TSI y el fitoplancton identificado en los departamentos del Caribe y Pacífico (Antioquia, Atlántico, Córdoba, La Guajira, Nariño, San Andrés y Providencia, Sucre y Valle del Cauca) para determinar la correlación existente entre los índices y los atributos del fitoplancton (densidad, diversidad, equidad y riqueza). Los resultados mostraron que las estaciones con los índices de estado trófico TRIX y TSI más altos se caracterizaron por su cercanía a los asentamientos humanos y zonas típicas de agua confinada (ciénagas). La relación de los índices con la comunidad fitoplanctónica, fue baja positiva con la densidad y baja negativa con la diversidad, equidad y la riqueza; comportamientos sugeridos cuando el fitoplancton responde a la presencia de tensores antropogénicos. Estos resultados sugieren el posible uso de estos atributos, para apoyar los resultados de los índices de eutrofización utilizados o para tenerlos en cuenta en el diseño de nuevos índices de estado trófico.

**Microplásticos**

En cuanto a las actividades de monitoreo y determinación en laboratorio, se dio inicio al uso del kit de microplásticos con los arrastres en agua utilizando la red manta y a las primeras pruebas de laboratorio con el uso de la lámpara de luminiscencia utilizando tinción de rojo Nilo en las muestras de cores, siendo un complemento de los compromisos en el componente de contaminación. Como actividades de difusión del proyecto, en el marco del Curso-Taller



REDCAM 2022. “Estrés marino y costero: herramientas para la gestión de la calidad ambiental marina. Énfasis en contaminación por microplásticos” realizado en Colombia bajo los compromisos de INVEMAR en la estrategia del Ocean Teacher Global Academy (OTGA), Sara Purca (representante del componente microplásticos) presentó la importancia de REMARCO como estrategia eficaz para abordar los problemas ambientales comunes en LAC y contribuir a la definición de políticas públicas y alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible, en particular el ODS 14 y el Decenio de las Ciencias Oceánicas para el Desarrollo Sostenible.

#### Contaminación química

Colombia logró implementar la metodología de Pb-210 por espectrometría alfa (Pb-210 total) en sedimentos. Durante el 2022 se logró fechar 4 núcleos sedimentarios del Caribe y Pacífico Colombiano. Se cuenta con capacidades técnicas para radioquímica de Pb-210 total, lo cual permite que el país coopere con la región en entrenamientos relacionados con esta temática.

### **INFRAESTRUCTURA REGULATORIA**

***RLA/9/086 “Fortalecimiento de la infraestructura de seguridad radiológica”.*** Ministerio de Minas y Energía Juan Pablo Parra

Con las capacitaciones virtuales en las cuales participaron diferentes entidades encargadas de la respuesta a emergencias y eventos de seguridad, se ha logrado una mayor articulación entre las entidades nacionales con funciones en la materia.

Con los equipos recibidos se ha logrado mejorar las capacidades de respuesta de la autoridad reguladora nacional.

#### **4. DIFICULTADES Y PROBLEMAS PRESENTADOS DURANTE LA MARCHA DEL PROYECTO Y DEL ACUERDO.**

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

***RLA0/069 Promoción de la gestión estratégica y la innovación en las instituciones nucleares nacionales mediante la cooperación y la creación de asociaciones Fase II (ARCAL CLXXII),***

Al momento de este informe no se presenta dificultades o problemas para el desarrollo del proyecto, los datos obtenidos cumplen con los objetivos trazados.

### **SEGURIDAD ALIMENTARIA**

**RLA/5/080 “Fortalecimiento de la colaboración regional entre laboratorios oficiales para hacer frente a nuevos desafíos relacionados con la inocuidad de los alimentos (ARCAL CLXV)”**

No se presentaron problemas y/o dificultades mayores o de relevancia que obstaculizaran el desarrollo del proyecto.

**RLA/5/081 “Mejora de las capacidades regionales de análisis y los programas de vigilancia de residuos/contaminantes en los alimentos mediante técnicas nucleares/isotópicas y complementarias (ARCAL CLXX)”**

La principal dificultad se ha presentado en la demora de la entrega del cromatógrafo líquido iónico lo cual ha retrasado el montaje de la metodología para determinación de glifosato, compuesto muy importante en Colombia. Además, para el montaje de metodologías de compuestos polares los cuales son bastante difíciles por otras técnicas.

Tampoco se tuvo el taller de monitoreo el cual estaba dentro del plan de trabajo, pues por falta de recursos no se pudo realizar.

El hecho de haber tenido durante el proyecto la pandemia del Covid 19, dificultó el desarrollo de este en cada uno de los países.

**SALUD****RLA/6/084 “Fortalecimiento del desarrollo de recursos humanos a nivel regional en las diferentes ramas de la radiofarmacia (ARCALCLXIX)”**

2.

La pandemia por covid-19 ha permitido el desarrollo de reuniones virtuales con los designados de los países participantes para desarrollo de estrategias que permitan la creación del programa de capacitación para cumplimiento de los objetivos del proyecto

El proyecto está desarrollándose con base en los objetivos propuestos. Varias actividades proyectadas de manera presencial se han cambiado por reuniones virtuales.

El recorte del presupuesto causó cancelamiento de varias actividades del proyecto que afectará los resultados de este.

Si bien los avances tecnológicos han logrado la posibilidad de la comunicación virtual que posibilita agilidad en los procesos, utilizar únicamente este sistema para realizar las reuniones de coordinación, para la discusión de las agendas de trabajo y el uso amplio en las capacitaciones No es una buena estrategia para el éxito de los proyectos, por cuanto no se dispone del tiempo para estar 100% pendiente de las reuniones o cursos por qué se debe compartir ese mismo espacio con el desarrollo de las labores profesionales de la entidad donde se labora.

**RLA/6/085 “fortalecimiento de las capacidades los centros Ciclotrón/PET en la región (ARCAL CLXXXIII)”**



La pandemia por covid-19 ha permitido el desarrollo de comunicación virtual con los designados de los países participantes para desarrollo de estrategias que permitan la creación del programa de capacitación para cumplimiento de los objetivos del proyecto

Si bien los avances tecnológicos han logrado la posibilidad de la comunicación virtual que posibilita agilidad en los procesos, utilizar únicamente este sistema para realizar las reuniones de coordinación y para la discusión de las agendas de trabajo no es una buena estrategia para el éxito de los proyectos, por cuanto no se dispone del tiempo para estar 100% pendiente de las reuniones por qué se debe compartir ese mismo espacio con el desarrollo de las actividades diarias profesionales de la entidad donde se labora.

***RLA/6/086 “Integrating Nuclear Medicine Techniques in a Multimodality Approach in Cardiology for Early Diagnosis and Risk Stratification of Cardiovascular Disease in Latin American Women (ARCAL CLXXXV)”***

Dificultades en la comunicación eficiente para aprobación en tiempos adecuados por parte de la cancillería del país. Este proceso debe ser explicado en forma detallada, los pasos a seguir en el proceso de aprobación.

## **MEDIO AMBIENTE**

***RLA/7/025 “Fortalecimiento de la Red de Vigilancia y Respuesta para la sostenibilidad de los ambientes marinos y costeros)”***

- Hay dificultades para identificar las microalgas nocivas a nivel de especie, considerando que se requieren equipos costosos de mayor alcance analítico (microscopía electrónica o métodos moleculares), por lo tanto, actualmente se realizan identificaciones hasta el nivel de género.
- Aunque se continúan desarrollando actividades respecto a eutrofización en las zonas marinas de Colombia, sería importante conocer los lineamientos que se tienen a nivel regional con respecto a esta temática, lo que permitiría armonizar protocolos y metodologías, e intercambio de experiencia a nivel regional en pro de generar información comparable.
- Se tiene la gran dificultad de carencia de los materiales de referencia certificados para la medición de las variables del sistema de carbonatos Carbono inorgánico disuelto y alcalinidad total. La solicitud realizada en el proyecto RLA7025 de estos materiales de referencia no ha llegado y es incierto el envío lo cual pone en peligro el continuar con el compromiso del reporte del indicador 14.3.1 del ODS 14.
- El kit de microplásticos donado por la IAEA y recibido en febrero del 2022 llegó incompleto; lo cual fue notificado a la líder del componente de microplásticos a través de correo electrónico el 06 de marzo de 2022.



- El componente de contaminación relacionado con fechado con Pb-210 tiene la gran dificultad de adquirir el trazador de Po-209 con actividad diluida. En este momento en Colombia, no es viable adquirir este material radiactivo con actividad concentrada, debido a que se requieren trámites y permisos de la autoridad reguladora para su importación.

## **INFRAESTRUCTURA REGULATORIA**

**RLA/9/086 “Fortalecimiento de la infraestructura de seguridad radiológica”.** Ministerio de Minas y Energía Juan Pablo Parra.

No se presentaron problemas y/o dificultades mayores o de relevancia que obstaculizaran el desarrollo del proyecto.

## **4. ANEXOS**

**4.1 Recursos aportados por el país al programa (incluye la estimación detallada según tabla de indicadores financieros en especie presentada por las contrapartes nacionales).**

<b>CÓDIGO Y TÍTULO DE PROYECTO</b>	<b>COORDINADOR DEL PROYECTO</b>	<b>APORTE VALORADO</b>
RLA/5/081 “Mejora de las capacidades regionales de análisis y los programas de vigilancia de residuos/contaminantes en los alimentos mediante técnicas nucleares/isotópicas y complementarias (ARCAL CLXX)”	Universidad Nacional de Colombia. Jairo Arturo Guerrero Dallos.	19000 €
RLA/5/080 “Fortalecimiento de la colaboración regional entre laboratorios oficiales para hacer frente a nuevos desafíos relacionados con la inocuidad de los alimentos (ARCAL CLXV)”	Instituto Colombiano Agropecuario ICA, David Esquivel	3650 €
RLA/6/084 “Fortalecimiento del desarrollo de recursos humanos a nivel regional en las diferentes ramas de la radiofarmacia (ARCALCLXIX)”.	Instituto Nacional de Cancerología – Dra Nidia Delgado.	4.500 €



## ARCAL

ACUERDO REGIONAL DE COOPERACIÓN PARA LA PROMOCIÓN DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA

NUCLEARES EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE

RLA/6/085 “ <i>fortalecimiento de las capacidades los centros Ciclotrón/PET en la región (ARCAL CLXXXIII)</i> ”.	Instituto Nacional de Cancerología – Dra Nidia Delgado.	1000 €
RLA/6/086 “ <i>Integrating Nuclear Medicine Techniques in a Multimodality Approach in Cardiology for Early Diagnosis and Risk Stratification of Cardiovascular Disease in Latin American Women (ARCAL CLXXXV)</i> ”	Fundación Cardio Infantil	3.500 €
RLA/7/025 “ <i>Fortalecimiento de la Red de Vigilancia y Respuesta para la sostenibilidad de los ambientes marinos y costeros)</i> ”	INVEMAR. Dra Luisa Espinosa	20.000 €
RLA/9/086 “ <i>Fortalecimiento de la infraestructura de seguridad radiológica</i> ”.	Ministerio de Minas y Energía Juan Pablo Parra.	0 €
Total		46.650 €

**ANEXO 4.2 – TABLA INDICADORES FINANCIEROS PARA VALORAR EL APOORTE DE LOS PAÍSES AL PROGRAMA ARCAL**

ITEM	VALOR DE REFERENCIA	CANTIDAD en Euros
1. Expertos/Conferencistas enviados al exterior por el Organismo (OIEA)	EUR 300 por persona por día (se incluye días de viaje)	€
2. Grupo Directivo del OCTA, Grupos de Trabajo del OCTA y Puntos Focales	EUR 300 por persona por día (se incluye días de viaje)	€
3. Gastos locales por sede de evento regional en el país (Grupo de Trabajo/Cursos de Capacitación/Talleres/Seminarios)	EUR 5.000 por semana	€
4. Gastos locales en eventos nacionales, que se encuentren en el Plan de Actividades	EUR 3.000 por semana	€
5. Becario cuyos gastos locales son asumidos por el país	EUR 3.500 por mes por becario	€
6. Publicaciones	Hasta EUR 3.000	2000€
7. Creación y/o actualización de Base de Datos	Hasta EUR 5.000	3500€
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	€
10. Realización de servicios (p.ej. irradiación de materiales)	Hasta EUR 5.000	€
11. Tiempo trabajado como Coordinador Nacional y su equipo de soporte	Máximo EUR 1.500 por mes	10.350 €
12. Tiempo trabajado como DTM	Máximo EUR 700 por mes	7000€
13. Tiempo trabajado como Coordinador de Proyecto	Máximo EUR 500 por mes	€
14. Tiempo trabajado como Especialistas locales que colaboran con el proyecto (máximo 3 especialistas por proyecto)	Máximo EUR 300 por mes por especialista	1.300 €
15. Aportes en la ejecución de cada Proyecto comprendiendo los siguientes puntos: <ul style="list-style-type: none"><li>• Viáticos internos/externo</li><li>• Transporte interno/externo</li></ul>	Máximo EUR 7.500/proyecto	7.500 €
16. Gastos del país para el proyecto (infraestructura, equipo, etc.)	Máximo EUR 10.000	20.000 €
<b>TOTAL</b>		<b>46.650 €</b>

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