



ARCAL

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

MANUAL DE PROCEDIMIENTOS  
DE ARCAL

INFORME ANUAL

País: ECUADOR

Ecuador, marzo 2016



## ARCAL

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

### CONTENIDO

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

#### 1. RESUMEN EJECUTIVO

El Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER) a través de la Subsecretaría de Control y Aplicaciones Nucleares (SCAN), coordina la gestión de los proyectos que se desarrollan bajo la modalidad del Acuerdo Regional para América Latina y El Caribe con el responsable de la Dirección de Aplicaciones Nucleares y Cooperación Técnica (DANCT) que es encomendado en sus funciones como Coordinador Nacional de ARCAL.

La SCAN articula a los sectores de desarrollo del país y rectores en sus funciones los proyectos de ARCAL para que aporten a los objetivos nacionales mediante una constante coordinación con los puntos focales de coordinación dentro de los ministerios que se alinean a las esferas de cooperación de ARCAL.

Bajo esta modalidad, el Ecuador a través del MEER – SCAN con la DANCT ha impulsado en este último año que los proyectos sean de mayor impacto en el país para lo cual se han organizado reuniones de coordinadores de proyecto para que los sectores conozcan el trabajo que el OIEA impulsa con el uso pacífico de técnicas nucleares al desarrollo del país.

Los Coordinadores de proyecto han informado bajo sus reportes las diferentes actividades que se han desarrollado en el país, como talleres, misiones de expertos, capacitaciones del personal y equipamiento recibido en algunos casos.

Durante la ejecución de las actividades planificadas, el Ecuador a través de sus coordinadores de proyectos han visto de mucho beneficio para el país su participación, y se ha impulsado la difusión interna coordinando los sectores para que los resultados de los proyectos sean utilizados de manera óptima, se agradece al OIEA por el apoyo recibido durante el año 2015 el cual ha sido muy provechoso para el país.

A continuación se detalla lo informado por los coordinadores de proyecto en el Ecuador y su perspectiva en el año 2015.

RLA7018 “Mejora del conocimiento de las aguas subterráneas para su protección, gestión integrada y gobernanza en América Latina“



La Empresa Pública Municipal de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento coordina con el Ing. Oscar Larrea, el proyecto en conjunto con la Subsecretaría de Control, Investigación y Aplicaciones Nucleares (SCAN), del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER), en su calidad de autoridad reguladora y de control del uso de la energía nuclear en el Ecuador.

En este contexto, el OIEA cumplió con una misión en Quito a cargo de la experta argentina, doctora Emilia Bocanegra, entre los días 17 y 19 de marzo del año 2014. Entre otros, los objetivos fueron los siguientes:

- Identificación de las principales instituciones nacionales que podrían participar en el Proyecto
- Revisión del Plan de Trabajo
- Explicar la metodología IWAVE para fortalecer la capacidad nacional de los Estados miembros para realizar evaluaciones hidrológicas de una manera integral

En razón de lo expuesto, la EPMAPS invitó a participar en este encuentro a la mayoría de instituciones nacionales, provinciales y locales involucradas en el tema de agua, así como a varias universidades, reunión que se cumplió entre el 17 y 19 de marzo de 2014. Durante este encuentro, las entidades asistentes se beneficiaron de capacitación e intercambio de experiencias en el manejo integral del agua. Como consecuencia de esta misión, la doctora Bocanegra seleccionó a 4 instituciones representativas del Ecuador para desarrollar el Proyecto y que son: SENAGUA, INAMHI, ESPOL y EPMAPS.

Luego, el Organismo Internacional de Energía Atómica, en cooperación con el Gobierno de Austria realizó la Primera Reunión de Coordinación del Proyecto Regional RLA/7/018 “MEJORA DEL CONOCIMIENTO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS PARA CONTRIBUIR A SU PROTECCIÓN, GESTIÓN INTEGRADA Y GOBERNANZA”. La reunión se llevó a cabo del 25 al 29 de agosto de 2014 en la ciudad de Viena, Austria. El objeto de la reunión fue para evaluar los principales vacíos de información hidrogeológica y definir los planes de trabajo de cada país participante utilizando la metodología iWAVE.

Para el cumplimiento de esta Misión, la EPMAPS autorizó mi participación así como lo hicieron la SENAGUA, el INAMHI y la ESPOL con sus representantes ingenieros: Carlos Villarreal, Aníbal Vaca y Paúl Carrión, respectivamente.

En dicha Reunión, el grupo de profesionales de Ecuador invitados por el OIEA, desarrollamos un proyecto a nivel nacional que pretende transparentar las principales brechas o vacíos de conocimiento detectadas en este tema y las acciones para superar dichos problemas, así como analizar las necesidades de apoyo que ofrece el Organismo. Este proyecto fue aprobado por el OIEA y está liderado por la EPMAPS puesto que es la institución contraparte de Ecuador.

Entonces, el Proyecto fue socializada durante el año 2015 entre las dependencias nacionales involucradas en la gestión y aprovechamiento de los recursos hídricos y se pudo concretar los siguientes talleres y asesorías que contaron con la participación de 5 expertos del Organismo y fueron capacitados más de 200 profesionales ecuatorianos:



- Taller sobre recarga de acuíferos y métodos de balance, 19 al 23 de octubre / 2015 dictada por los profesores Javier Samper y Francisco Alcalá. 40 profesionales capacitados
- Asesoría al Plan Nacional del Agua, 9 al 13 de noviembre / 2015, experto Dr. Héctor Massone. Participaron cerca de 100 profesionales en diversas exposiciones
- Taller sobre gestión integral de acuíferos costeros a cargo de los expertos Dr. Luis Ribeiro y Dra. Teresita Betancur, 16 al 20 de noviembre / 2015 y con 80 participantes.

Una Segunda Reunión de Coordinación se llevó a cabo en la ciudad de Mar del Plata Argentina entre el 30 de noviembre y 4 de diciembre / 2015 para exponer los avances del Proyecto, dificultades encontradas y definir la programación de actividades para los años 2016 y 2017.

En resumen, las actividades planificadas para el segundo año del proyecto se han cumplido satisfactoriamente.

La coordinación del Proyecto se lo realiza de manera sistemática mediante reuniones mensuales de trabajo con la participación de los representantes de las entidades seleccionadas, para conocer el estado de avance y dificultades de las actividades programadas. Adicionalmente, se ha coordinado reuniones de alto nivel con las autoridades institucionales para insistir en el apoyo y cumplimiento del Proyecto.

Como ya se mencionó, se coordinó la realización de los talleres y asesorías descritas en el punto anterior, mismas que se efectuaron exitosamente con la colaboración de las 4 entidades representativas del país: SENAGUA, INAMHI, ESPOL y EPMAPS.

En base a las reuniones de trabajo y con el apoyo de las autoridades institucionales, se preparó la participación del país en la Segunda Reunión en Mar del Plata, a la que asistí como representante del Ecuador.

Finalmente, fue necesaria una coordinación adecuada para obtener la donación de equipos ofrecida por el Organismo a favor del INAMHI, los mismos que están siendo aprovechados en el monitoreo de lluvias en la Red Isotópica del país.

RLA6072 Fomentar la capacidad de los recursos humanos para un enfoque integral de la radioterapia

EL Hospital Carlos Andrade Marín acepta la coordinación de este proyecto dentro del departamento de Radioterapia, inicialmente esta coordinación estuvo a cargo de un funcionario de la Escuela Politécnica Nacional, pero no cumplió los requisitos para poder coordinarlo, en este sentido la SCAN realizó las gestiones para que el Hospital pueda postular un coordinador con la experticia y experiencia requerida, el HCAM nombra al FísMed., William Espinoza para coordinar en el país este proyecto.

Con fecha 18 de diciembre del 2015 la Subsecretaría de Control y Aplicaciones Nucleares realizó una reunión para socializar el Marco Programático Nacional de Ecuador para el sector



nuclear con el apoyo del OIEA, como coordinador del proyecto se presentó una conferencia en la cuál se expuso la experiencia del Hospital Carlos Andrade Marín en proyectos impulsados por el OIEA, gracias a las gestiones realizadas, el hospital esta utilizando muy positivamente las actividades que se enmarcan dentro del mismo.

El Hospital está utilizando el proyecto para replicar la capacitación de los funcionarios en los tratamientos de Radioterapia, adicionalmente es importante recalcar que la coordinación del proyecto no fue oficializada a tiempo por lo que el Ecuador no participo activamente a nivel nacional, sin embargo gracias a las gestiones realizadas se ha reactivado el proyecto, adicionalmente se ha ido tomando experiencia en la gestión del mismo gracias al aporte de las autoridades de la SCAN.

RLA6074 Apoyar el desarrollo de radiofármacos regional producidos para la terapia dirigida contra el cáncer mediante el intercambio de capacidades y conocimientos y mejora de las instalaciones, Networking y la formación

El MEER a través de la SCAN con la la Ing, Iralda Ramos, retomó la coordinación de este proyecto, por los problemas existentes con la anterior contraparte, el Ecuador no ha participado activamente en las actividades del proyecto por ciertas circunstancias internas lo cual no ha permitido gestionar una adecuada coordinación del mismo, se han realizado las solicitudes para revisar el estado de las actividades del proyecto y esperamos que durante este año podamos acceder a algunas de las actividades y reuniones que se realicen a fin de conseguir el mayor beneficio para el país.

RLA5064 Mejoramiento de estrategias de conservación de los recursos suelo y agua a nivel de cuencas para fortalecer la seguridad alimentaria de América Latina y el Caribe.

El MEER a través de la SCAN con el Dr. Omar Suárez, coordinado este proyecto, dentro del cual se realizó la participación en reunión de coordinación realizada en la Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias Químicas, Valdivia Chile del 28 de abril al 2 de mayo de 2014.

Participación en curso de entrenamiento regional “THE USE OF COMPOUND SPECIFIC STABLE ISOTOPE ANALYSIS (CSSI) FOR THE IDENTIFICATION OF HOT SPOTS OF LAND DEGRADATION AT LANDSCAPE LEVEL”. El mencionado curso se realizó en el mismo lugar de la reunión de coordinación del 5 al 16 de mayo de 2014.

Muestreo en la microcuenca del Rio Irquis realizado en septiembre de 2015.

Participación de la reunión final en la ciudad de Mexico del 19 al 25 de enero de 2016.

El proyecto ha presentado interés en la CELEC para continuarlo en la aplicación de las técnicas nucleares para valor el impacto de la sedimentación en las centrales hidroeléctricas.

Dificultades de orden interno relacionadas con los desplazamientos que fueron superadas en 2015.



## RLA5065 Mejoramiento de la producción agrícola a través de uso eficiente de los recursos

El MAGAP, a través del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, con el Ing. Franklin Valverde M.Sc., como Coordinador del proyecto en apoyo del Dr. Yamil Cartagena, la Dra. Soraya Alvarado Ph.D y el Ing. Rafael Parra.

Actividad 1. (Participación en curso OIEA-2015, Yamil Cartagena)

Título del evento: “RLA5065-002 Curso regional de capacitación sobre la aplicación de técnicas basadas en  $^{15}\text{N}$  para cuantificar la Fijación Biológica del Nitrógeno (FBN) y la Eficiencia en el Uso del Nitrógeno (EUN).

Organizadores: El Organismo Internacional de Energía Atómica, en cooperación con la Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria (Embrapa), Centro de Investigación en Agrobiología, Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil.

Lugar: Hotel Promena de Verano Stay. Rua Escultor Sergio Camargo 50 - Barra da Tijuca, Rio de Janeiro, Brasil.

Periodo: De 03 a 14 de Agosto de 2015.

Profesores/conferencistas: Karuppan Sakadevan, Segundo Urquiaga, Bruno J.R. Alves, Robert M. Boddey, Claudia P. Jantalia, Edinaldo S. Araujo, Caio I. Teves, Marcio dos Reis Martins y Rafael Sanches Pacheco

### Contenido del curso

Lunes, 3 Agosto 2015: Introducción sobre la importancia de las técnicas isotópicas en la investigación agrícola y para la sustentabilidad agrícola. Entrega de ejercicios prácticos seleccionados para ser resueltos por los participantes durante el curso. Aplicación de técnicas de  $^{15}\text{N}$  en estudios de fertilidad de suelos y nutrición de plantas: Definición de la terminología aplicada. Aplicación de técnicas de  $^{15}\text{N}$  para estimar la eficiencia de la fertilización nitrogenada.

Martes, 4 Agosto 2015: Cálculo de las necesidades de marcación con  $^{15}\text{N}$  de las fuentes de N para los estudios de eficiencia de la fertilización nitrogenada, y marcación del suelo para cuantificar la FBN. Aplicación de técnicas de  $^{15}\text{N}$  para estimar la eficiencia de la fertilización nitrogenada. Determinación de la eficiencia de uso de la fertilización nitrogenada. Determinación del fraccionamiento adecuado de la fertilización nitrogenada. Influencia de los inhibidores de nitrificación en la eficiencia de la fertilización nitrogenada. Aplicación de técnicas de  $^{15}\text{N}$  para estimar el efecto residual y el balance del N en el sistema suelo-planta. Producción de material vegetal marcado con  $^{15}\text{N}$  y eficiencia de uso del  $^{15}\text{N}$ -abono verde.

Miércoles, 5 Agosto 2015: El nitrógeno en la agricultura. Impacto en la emisión de  $\text{N}_2\text{O}$  por el suelo. Las técnicas isotópicas aplicadas en la cuantificación de la contribución de la Fijación biológica de nitrógeno (FBN) en la nutrición nitrogenada de los cultivos: La Dilución isotópicas de  $^{15}\text{N}$ . La Abundancia natural de  $^{15}\text{N}$ . Estado actual y futuro de la FBN en caña de azúcar:



Jueves, 6 Agosto 2015: Presentación de los experimentos demostrativos de invernadero y campo para evaluar la Eficiencia de Uso del N-fertilizante, y Cuantificar la FBN en leguminosas. A. Estudio de fuentes de N, épocas y formas de aplicación, en el cultivo de maíz. B. Cuantificación de la FBN en frejol común y en *Canavalia ensiformis* por la técnica de Dilución isotópica de  $^{15}\text{N}$  y por técnica de Abundancia natural de  $^{15}\text{N}$ . Desarrollo de ejercicios prácticos aplicando las técnicas de  $^{15}\text{N}$  en la cuantificación de la FBN (simbiótica y asociativa), eficiencia de la fertilización nitrogenada, destacando los estudios con fuentes, épocas, formas de aplicación, efecto residual, balance de N en el sistema suelo-planta, y cálculos para determinar el enriquecimiento de  $^{15}\text{N}$  necesario para estudios de invernadero o de campo.

Viernes, 7 Agosto 2015: Visita a Embrapa Agrobiologia, Seropédica. Cosecha de experimentos de campo e invernadero. Procesamiento de la biomasa cosechada y toma de muestras representativas. Análisis de N total y  $^{15}\text{N}$  por espectrometría de masas (IRMS).

Lunes, 10 Agosto 2015: El papel de la FBN en la economía de N-fertilizante y protección del medio ambiente. Principios y limitaciones del uso de la técnica de abundancia natural de  $^{15}\text{N}$  para diferenciar productos vegetales orgánicos y convencionales. Aplicación de técnicas de  $^{15}\text{N}$  para estimar la eficiencia de fuentes de N no marcadas. Aplicación del concepto de Cantidad disponible de N del suelo para las plantas. Aplicación de la técnica de Dilución isotópica de  $^{15}\text{N}$  para evaluar la disponibilidad de fuentes de N no marcadas con  $^{15}\text{N}$ . Nutrient dynamics and nitrogen use efficiency using  $^{15}\text{N}$ .

Martes, 11 Agosto 2015: A case studies on BNF under different environmental conditions Una nueva cámara para evaluar las pérdidas de N por volatilización de amoníaco. Some experiences on nitrogen use efficiency. Aplicación de técnicas de  $^{13}\text{C}$  en estudios de secuestro de C en el suelo. Sistemas agrícolas conservacionistas basadas en leguminosas de grano. La FBN y el secuestro de C en el suelo. Some aspects of carbon isotope discrimination.

Miércoles, 12 Agosto 2015: Asesoramiento a los proyectos de investigación asociados al proyecto, RLA/5/065 Mejorar los sistemas de producción agrícola a través de la eficiencia de uso los recursos, con especial énfasis en los temas sobre FBN y eficiencia de uso del N en sistemas agrícolas. Procesamiento de los resultados de campo e invernadero. Cálculos e interpretación de resultados. Preparación de la presentación de la investigación realizada.

Jueves, 13 Agosto 2015: Visita a las áreas de investigación, incluido el laboratorio “John Day” de isotopos estables de Embrapa. Procesamiento de los resultados de campo e invernadero.

Viernes, 14 Agosto 2015: Presentación de los resultados de los 4 experimentos por los investigadores participantes. Análisis y discusión de los resultados sobre la aplicación de las técnicas de  $^{15}\text{N}$  aplicadas.

Prueba de evaluación. Entrega de certificados y Clausura del curso.

## Resultados



### Logros Obtenidos.

Actualización de conocimientos sobre la aplicación de técnicas isotópicas basadas en  $^{15}\text{N}$  para determinar la fijación biológica de nitrógeno y la eficiencia en el uso del nitrógeno en la nutrición de plantas y fertilidad de suelos.

Intercambio de experiencias con investigadores que están aplicando la técnica isotópica basada en  $^{15}\text{N}$  en la nutrición de plantas.

### Compromisos adquiridos.

Cooperación científica con los técnicos del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) y de la Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria (EMBRAPA), para la ejecución de investigación relacionada con la aplicación de técnicas isotópicas basadas con  $^{15}\text{N}$ .

Aplicación de los conocimientos en técnicas isotópicas basadas en  $^{15}\text{N}$  para determinar la fijación biológica de nitrógeno y la eficiencia en el uso del nitrógeno en la nutrición de plantas y fertilidad de suelos en los proyectos de investigación del INIAP en Ecuador.

### Beneficios de la Comisión de Servicios al Exterior.

Capacitación en la aplicación de técnicas isotópicas basadas en  $^{15}\text{N}$  para determinar la fijación biológica de nitrógeno y la eficiencia en el uso del nitrógeno en la nutrición de cultivos.

### Observaciones y Recomendaciones.

Mantener el contacto con los científicos de la Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria (EMBRAPA), Centro de Investigación en Agro biología, Seropédica, que permitirán colaborar en el procesamiento y análisis de la investigación relacionada con la aplicación de técnicas isotópicas basadas en  $^{15}\text{N}$  para determinar la fijación biológica de nitrógeno y la eficiencia en el uso del nitrógeno en la nutrición de cultivos y fertilidad de suelos.

### Actividad 2. Cuantificación de la eficiencia en la fijación biológica de nitrógeno atmosférico por leguminosas de clima templado (ensayo exploratorio)

#### 2.1. Objetivos

##### 2.1.1. General

Identificar las leguminosas de clima templado con mayor eficiencia en la fijación biológica de N atmosférico, utilizando las técnicas de dilución isotópica y abundancia natural.

##### 2.1.2. Específicos



- Determinar la cantidad de N proveniente del suelo y de la fijación biológica por la simbiosis leguminosa/*Rhizobium*.
- Evaluar el balance de N bajo condiciones de campo.
- Evaluar la eficiencia de fijación de N de las cepas de rizobio nativa y élite.

## 2.2. Materiales y Métodos

El cultivo seleccionado para la evaluación de la fijación biológica de nitrógeno atmosférico mediante la simbiosis leguminosa/*rhizobium* fue chocho y como testigo trigo. En la Tabla 1 se presenta la ubicación del ensayo.

Tabla 1. Situación política y geográfica de la localidad en Imbabura. 2014.

Ubicación	Localidad
Provincia	Imbabura
Cantón	Otavalo
Parroquia	Ilumán
Localidad	Santa Mónica
Propietario	Universidad Técnica del Norte
Altitud	2460 m
Latitud (Y)*	0° 17' 31" N
Longitud (X)	78° 14' 35" O

\*Zona 17, Proyección UTM, Sistema de referencia WGS84

La distancia de siembra fue a 0.80 m entre surcos y 0.30 m entre plantas, surcos de 2.40 m de largo, la parcela grande fue de seis surcos (4.80 m) con una superficie de 11.52 m<sup>2</sup> y la subparcela de tres surcos (5.76 m<sup>2</sup>). El trigo se sembró dos hileras en cada surco de 0.80 m. La fertilización completa fue con fósforo, potasio, magnesio y azufre (Tabla 2) y el nitrógeno según los tratamientos.

La fuente de nitrógeno fue sulfato de amonio, enriquecido al 10% de átomos en exceso de <sup>15</sup>N y sulfato de amonio normal para completar la parcela experimental. La parcela isotópica se ubicó dentro de la parcela experimental y en el borde se aplicó sulfato de amonio sin marcar en la misma dosis de 1 gramo de nitrógeno por m<sup>2</sup>.

Tabla 2. Tratamientos en estudio para el cultivo de chocho, localidad Santa Mónica, Imbabura. 2015.

Tratamientos			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	S	Mg
No.	Cepas	<sup>15</sup> N	kg/ha			
1	Nativa	10	20	30	30	15
2	Nativa + C8B	10	20	30	30	15
3	Nativa	0	20	30	30	15
4	Nativa + C8B	0	20	30	30	15



Para determinar la eficiencia en la fijación biológica de nitrógeno atmosférico, en la parcela isotópica, se tomaron muestras de grano, vaina, residuo y raíz de las plantas de chocho, las mismas que serán enviadas para el análisis de  $^{15}\text{N}$ .

En la zona de aplicación del fertilizante marcado con  $^{15}\text{N}$ , se tomaron muestras de suelo a diferente profundidad para análisis de  $^{15}\text{N}$ , con el fin de evaluar la movilidad del nitrógeno en el suelo (análisis pendientes).

### 2.3. Resultados (Avance)

#### 2.3.1. Rendimiento de grano

El análisis de varianza para rendimiento de grano de chocho al 14% de humedad, no detectó diferencias significativas para los factores nitrógeno, cepas de rizobio y la interacción entre los factores nitrógeno x cepas; sin embargo, en el Gráfico 1, se observa que la aplicación de 10 kg/ha de nitrógeno marcado con  $^{15}\text{N}$  con la fuente de sulfato de amonio, tiende a disminuir el rendimiento de grano de chocho. Con relación a la cepa élite de chocho se observa un ligero incremento en el rendimiento de grano, atribuido a la mayor capacidad de fijación de nitrógeno atmosférico.

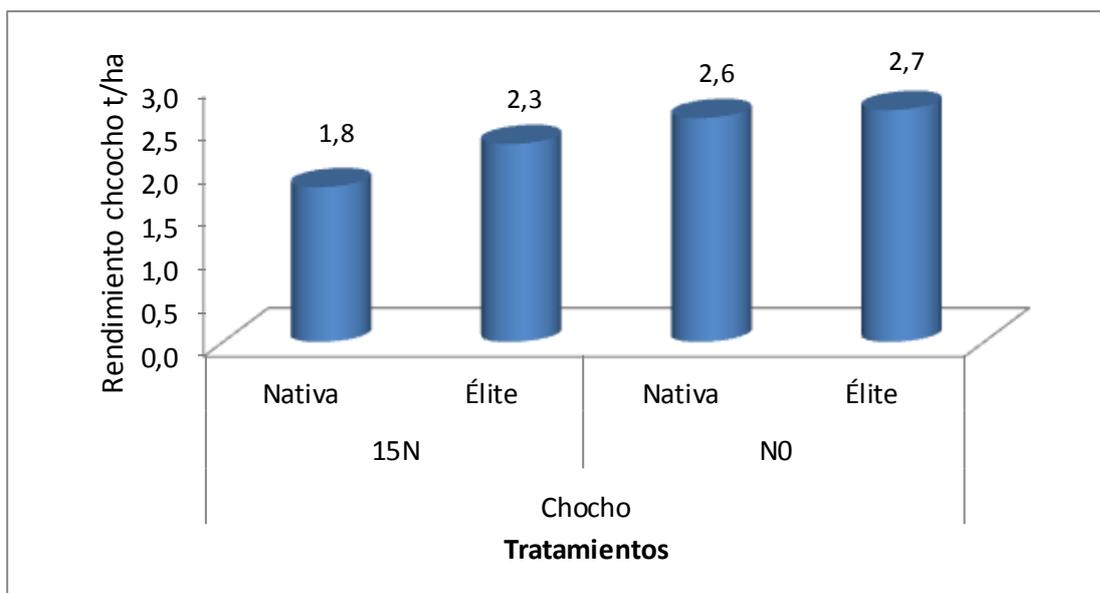


Gráfico 1. Rendimiento de chocho al 14% de humedad. Santa Mónica, Imbabura. 2015.

#### 2.3.2. Peso de biomasa

En la fase de campo, la acumulación de biomasa por las plantas de chocho, no presentó diferencias marcadas por efecto de la aplicación de 10 kg de N/ha y la inoculación con la cepa élite de rizobio seleccionada (Gráfico 2).

Para la evaluación de la eficiencia de la FBNA por el chocho, se necesita los resultados del análisis de  $^{15}\text{N}$ , los mismos que están pendientes.

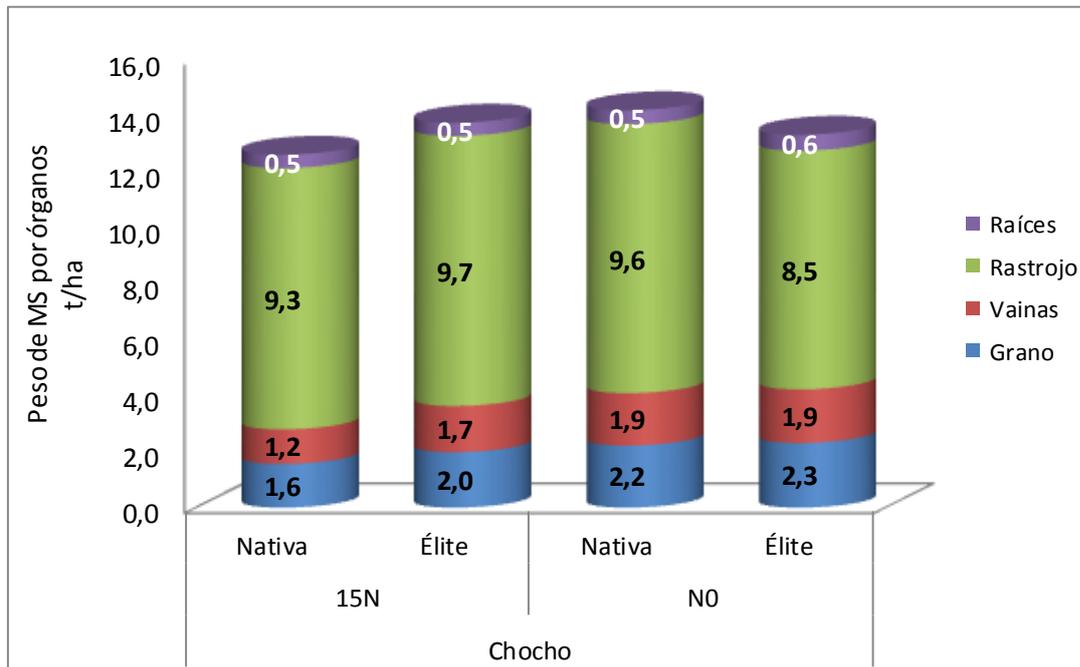


Gráfico 2. Biomasa total de materia seca de plantas de chocho por órganos. Santa Mónica, Imbabura. 2015.

NOTA: En el mes de noviembre de 2015, se instaló un nuevo ensayo para cuantificar la eficiencia en la fijación biológica de nitrógeno atmosférico por leguminosas de clima templado, con los cultivos de haba, arveja, fréjol, chocho, vicia y como controles trigo y cebada. En esta investigación está involucrado un tesista de posgrado de la Universidad Central del Ecuador.

Actividad 3. Evaluación de la eficiencia del uso de nitrógeno de fuentes de abonos orgánicos e inorgánicos en el cultivo de maíz

### 3.1. Objetivos

#### 3.1.1. General

Determinar la eficiencia del uso de fertilizantes nitrogenados a través del método convencional y de dilución isotópica de  $^{15}\text{N}$  con el cultivo de maíz.

#### 3.1.2. Específicos

- Determinar la eficiencia de uso del N residual de los abonos verdes bajo el cultivo de maíz.
- Evaluar la efectividad del método convencional (niveles de N) e isotópico de  $^{15}\text{N}$  para determinar la eficiencia de uso del N residual de abonos verdes.
- Determinar el efecto del fraccionamiento de la fertilización nitrogenada sobre la eficiencia de uso del N en el cultivo de maíz, utilizando la técnica de dilución isotópica de  $^{15}\text{N}$ .



### 3.2. Materiales y Métodos

La siembra de los abonos verdes vicia y chocho en los dos ensayos, se realizó el mes de noviembre de 2015 y los tratamientos para evaluar el efecto residual de los abonos verdes y la eficiencia del fertilizante nitrogenado con el cultivo de maíz está programada para el 2016. Esta investigación contribuirá a la formación de un estudiante de Posgrado de la Universidad Central del Ecuador.

Generación de tecnologías en el manejo del nitrógeno para mejorar la eficiencia de la fertilización nitrogenada, en los cultivos de la sierra ecuatoriana.

Un Técnico Capacitado en la aplicación de técnicas basadas en  $^{15}\text{N}$  para cuantificar la fijación biológica del nitrógeno y la eficiencia en el uso del nitrógeno.

Tres ensayos instalados

Dos tesis de maestría en ejecución

Dificultad para ejecutar las actividades de investigación por retraso en el envío del fertilizante enriquecido con  $^{15}\text{N}$  y en la realización de los análisis de  $^{15}\text{N}$  en las muestras del ensayo exploratorio.

RLA5066 Mayor aplicación comercial del tratamiento de alimentos por irradiación con haces de electrones y rayos x en América latina y el Caribe.

Durante el año 2015 dentro del marco del proyecto RLA5066 el Ecuador se han desarrollado las siguientes actividades:

#### a) Comité Nacional de Irradiación

Uno de los objetivos planteados en este proyecto regional es que todos los países participantes tengan un Comité Nacional de Irradiación, como lo tiene Uruguay por ejemplo. En Ecuador se ha logrado tener la primera reunión en la que se habló de la conformación de este comité y de los delegados que los podrían conformar. La reunión contó con delegados de tres instituciones involucradas con la irradiación de alimentos en el país, estas fueron: AGROCALIDAD, Subsecretaría de Control y Aplicaciones Nucleares y Escuela Politécnica Nacional.

#### b) Asistencia a eventos internacionales (Workshop, Training and Meeting)

Por parte de la Escuela Politécnica Nacional, institución contraparte, se mencionan a continuación las personas que han asistido y el nombre del evento:

1. Nombre asistente: Ing. Maribel Luna, M.Sc.

- Nombre del workshop: Hands-On Workshop in E-Beam Irradiation Technologies
- Fecha de realización: 19-24 de abril de 2015
- Lugar de realización: National Center for Electron Beam for Research, College Station, Texas, USA.



2. Nombre asistente: Ing. William Villacís, M.Sc.

- Nombre de la reunión: Reunión Regional sobre el Uso Comercial de la Irradiación Fitosanitaria por Haces de Electrones o Rayos X
- Fecha de realización: 12-14 de octubre de 2015
- Lugar de realización: Toluca, México.

3. Nombre asistente: Ing. Jady Pérez, M.Sc.

- Nombre de la capacitación: Curso Regional de Capacitación Sobre la Dosimetría para la Irradiación de Alimentos por Haces de Electrones y Rayos X
- Fecha de realización: 7-11 de diciembre de 2015
- Lugar de realización: Sao Paulo, Brasil.

Por parte de la AGROCALIDAD del MAGAP, se menciona a la persona que asistió y el nombre del evento:

1. Nombre asistente: Dr. Luis Ramos

- Nombre del Workshop: “Hands-On Workshop in E-Beam Irradiation Technologies”
- Fecha de realización: 19-24 DE ABRIL DE 2016  
Lugar de realización: National Center for Electron Beam for Research, Texas A&M University, College Station

c) Difusión de curso e-learning en Irradiación

Otro de los objetivos planteados en el proyecto regional es la difusión entre la mayor cantidad de personas en los países participantes, el curso e-learning sobre irradiación de alimentos, que está disponible en la página web CLP4NET del Organismo Internacional de Energía Atómica, denominado FOOD IRRADIATION e-learning course: Technology, Applications and Good Practices.

Este curso ha sido difundido entre el personal de las tres instituciones ecuatorianas antes mencionadas y, por sugerencia de la reunión mantenida en México en octubre 2015, debe ser tomado por todo el personal que asista a capacitaciones promovidas por este proyecto regional.

d) Demanda potencial para las aplicaciones

Entre otro de los objetivos planteados en el proyecto RLA5066 se encuentra el conocer la demanda potencial para las aplicaciones de la tecnología de haces de electrones y rayos X para irradiación de alimentos. Es por esta razón que, con la finalidad de aportar al conocimiento de esta demanda, la Escuela Politécnica Nacional ha contratado una consultoría denominada: Estudio de mercado y sugerencia de localización del nuevo acelerador de electrones dentro del proyecto: “Modernización de las instalaciones del acelerador de electrones para ampliar el desarrollo de investigaciones y servicios de irradiación con haz de electrones para promover una mayor productividad en el país”. Esta consultoría se inició en noviembre del 2015, con un costo de 47 000 USD, tiene una duración de cuatro meses aproximadamente y permitirá determinar la demanda de irradiación con E-Beam en diferentes ámbitos como: alimentos, salud e industria en general.



Esta consultoría además colaborará con otro de los objetivos del proyecto regional, que es la difusión de las aplicaciones de la tecnología de haces de electrones y rayos X, a la mayor cantidad de empresas en los países participantes, dado que el estudio de mercado contratado por la EPN, incluye entrevistas y encuestas con directivos de empresas de las ciudades de Quito y Guayaquil, y ha organizado unas charlas dirigidas a industriales ecuatorianos para dar a conocer las aplicaciones de aceleradores de electrones.

temas relacionados con tecnología de irradiación y dosimetría, específicamente relacionadas con el uso de haces de electrones o rayos X.

Tres de estas personas pertenecen a la Escuela Politécnica Nacional, única institución de Educación Superior del Ecuador que cuenta con una Instalación de Irradiación con haz de electrones acelerados, que brinda el servicio de esterilización y desinfección a la comunidad ecuatoriana. La capacitación de las personas mencionadas incrementan el número de personal capacitado en esta tecnología, lo que ha aportado en gran medida a la institución y al país, dado el inevitable relevo generacional, que ha ocasionado la baja de personal capacitado en el área atómica, pues dos profesores con muchos años de experiencia y capacitación en instalaciones de irradiación se jubilaron entre el 2013 y 2014, esto provocó la disminución de personal capacitado en las instalaciones de irradiación de la EPN, por tanto, las capacitaciones recibidas por medio del proyecto RLA5066 fueron un gran aporte al contribuir con la capacitación de tres profesionales jóvenes que hoy en día están trabajando en las instalaciones mencionadas como reemplazo de los expertos que dejaron la institución.

La cuarta persona capacitada pertenece a AGROCALIDAD, una institución adscrita al Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, esta institución controla la entrada y salida de productos agrícolas al país, por tanto, dado que el proyecto RLA5066 se enfoca en el incremento de los volúmenes de productos alimenticios irradiados en los países participantes, se puede afirmar que, otro gran aporte de este proyecto regional fue capacitar a personal de otra de las importantes instituciones actoras del país, involucradas en el campo de irradiación de alimentos.

Además es necesario recalcar que todas las capacitaciones dadas al personal ecuatoriano, se realizaron en tres eminentes países de la región en materia atómica (Estados Unidos, México y Brasil). Estos países que cuentan con las instalaciones, experiencia, instructores y recursos aptos para entrenar personal en el ámbito del uso pacífico de la tecnología de irradiación. Es decir, que las capacitaciones dadas mediante este proyecto regional no solo que fueron apropiadas, sino que fueron impartidas por el mejor capital humano de la región, en materia de irradiación con la tecnología mencionada.

Como resultados alcanzados durante el año 2015 se pueden resumir:

- a) Cuatro profesionales ecuatorianos capacitados en curso específicos referentes a la tecnología de irradiación mediante haces de electrones y rayos X.



## ARCAL

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

- b) Tres instituciones en las que se ha difundido el curso e-learning sobre irradiación de alimentos.
- c) Tres instituciones que han formado parte de la primera reunión para conformación del Comité Nacional de Irradiación de Ecuador.
- d) Un estudio de mercado está en marcha para conocer la demanda de irradiación de productos con haz de electrones en el país.
- e) Mediante este estudio de mercado también se están difundiendo las aplicaciones del uso de esta tecnología entre los industriales y empresarios de las principales ciudades del país.

Entre las principales dificultades y sus posibles soluciones, presentadas durante la realización de este proyecto se pueden mencionar:

- a) El objetivo de difundir al mayor número de personas de las instituciones involucradas con la irradiación de alimentos ecuatorianos, el curso e-learning Food Irradiation, no es tan fácil dado que el curso solo está disponible en idioma inglés, esto genera ciertas dificultades, dado que el curso es extenso (11 lecciones y evaluaciones). Por tanto si estuviera en español se estima que se facilitaría la difusión del mismo y se incrementaría el número de personas capacitadas por este medio, cumpliendo así el objetivo propuesto.
- b) La dificultad de que la mayor cantidad de delegados de las instituciones involucradas en temas de irradiación asistan a las reuniones para conformar el Comité Nacional de Irradiación, será subsanada al realizar la convocatoria a las reuniones a través de la Subsecretaría de Control y Aplicaciones Nucleares (SCAN), esto incrementará la asistencia de los delegados de las instituciones actoras.

RLA5067 Apoyo a la generación de capacidades para la evaluación de la factibilidad de un programa de control progresivo del Gusano Barrenador del Ganado

El Ministerio de Agricultura, Acuicultura y Pesca, a través de Agrocalidad, entidad adscrita al mismo, coordina el proyecto con la Dra. Georgia Mendoza (anterior), Dr. Allan Sotomayor y Dra. Johanna Salas Torres (actuales)



## ARCAL

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

CAPACITACIÓN	FECHAS	LUGAR	PARCIPANTES
Reunión Coordinación Proyecto RegionalGBG	2 al 6 de agosto del 2014	Panamá	Dra. Georgia Mendoza
			Dr. Jaime Martínez
Taller de diagnostico de GBG	27 al 31 de octubre del 2014	Panamá	Ing. Pilar Bustos Nivelá Dra. Georgia Mendoza
Reunión regional para desarrollar el contenido de una campaña educativa	24 al 28 de noviembre del 2014	Asunción - Paraguay	Lcdo. Jaime Arcos
Determinación del impacto socioeconómico del Gusano Barrenador del Ganado (GBG)	10 al 14 de agosto de 2015	Asunción - Paraguay	Dr. Pablo Torres Dra. Georgia Mendoza
Visita de experta OIEA	27 al 29 de Julio del 2015	Guayaquil - Ecuador	Annerose Yoshico Yamaguchi
Capacitación en Diagnóstico del Gusano Barrenador del Ganado	19 al 23 de octubre de 2015	Panamá	Dr. Robert Sánchez
			Dr. Jaime Castillo

Destacar los aportes reales de las actividades del proyecto, en la medida que sea posible de manera cuantitativa y cualitativa.

Se realizó la capacitación y entrenamiento a 7 técnicos dentro del proyecto regional que se detallaron.

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

No se ejecutaron las actividades del proyecto de acuerdo a las fechas programadas.

ACTIVIDAD	PARTICIPANTES	OBSERVACIONES
Visita de Expertos de OIEA a las Autoridades	Autoridades, Expertos OIEA, Contrapartes Nacionales. Quito	Actividad no realizada.
Reunión de creación de Comité Solicitud De Compra Para la Adquisición De Material Y Equipo Destinado Al Muestreo De GBG	15 Personas . Quito	Actividad no realizada. Fecha programada entrega de kit Diciembre 2015 – Enero 2016
Reunión de Toma De Muestras Y Diagnostico de GBG	30 Personas por 3 días 15 Personas Por 2 días. Guayaquil	Actividad no realizada.
Reuniones de concientización a productores y propietarios de animales domésticos		Actividad no realizada.
Muestreo		Actividad no realizada.
Segunda Reunión de Coordinación		Actividad no realizada.
Reunión Regional para delimitación geográfica del GBG y sobre la identificación de barreras naturales para GBG	2 Personas	Actividad no realizada.

RLA7019 Desarrollo de indicadores para determinar el efecto de los plaguicidas, metales pesados y contaminantes emergentes en ecosistemas acuáticos continentales Importante para la Agricultura y la Industria.



El MEER a través de la SCAN con el Quím Ramiro Castro, coordina el proyecto a nivel nacional, bajo este contexto se han realizado las siguientes actividades.

Código de proyecto	Tipo de evento Lugar-Fecha	Nombre Participante	Institución
RLA/7019	Curso sobre comunicaciones científicas para comunicadores sociales, Bariloche, Argentina, 11 a 15 de mayo 2015	Maria Josefa Corral	MEER
RLA/7019	Curso Regional sobre Bioindicación de contaminación por pesticidas en ambientes acuáticos y terrestres utilizando técnicas radiométricas, Sao Paulo Brasil 20 a 31 de 2015	Yolanda Pástor	SCAN - MEER
RLA/7019	Curso sobre “Estrategias de validación y cálculo de incertidumbre de métodos analíticos”. Quito de 30 de noviembre a 11 de diciembre de 2015.	Miriam Loewy	MISIÓN DE EXPERTO

Se realizó la georeferenciación de la zona de estudio: Provincia de Esmeraldas, Cantón San Lorenzo. Cultivo Palma, Empresa Energy&Palma

Se realizó la evaluación preliminar del riesgo contaminación de aguas superficiales por el uso de plaguicidas en el cultivo de palma aceitera: Los resultados estimaron que de los plaguicidas utilizados en el cultivo de palma en el sitio de estudio el herbicida glifosato está en el rango de movilidad medio y el endosulfan esta en el rango de toxicidad alto

Se realizó el monitoreo de residuos de plaguicidas en cuerpos de agua superficiales en zona de cultivo de palma, utilizando muestreadores pasivos en el estero que atraviesa la plantación cuya área de cultivo es de aproximadamente 4000 ha. Los datos de monitoreo confirman las predicciones del programa de evaluación de riesgo, el Plaguicida identificados con alto impacto de toxicidad en agua superficiales fueron encontrados en el monitoreo.

Se recibió un curso sobre “Estrategias de validación y cálculo de incertidumbre de métodos analíticos”.

Se está realizando el monitoreo de macroinvertebrados en cuerpos de agua con la finalidad de evaluar la calidad del agua en los esteros en el sector del cultivo. Se están evaluando los organismos encontrados.

Se pudo verificar el alcance del uso de la resina XAD2 como adsorbente en programas de monitoreo de la calidad de aguas superficiales.



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

El Coordinador Nacional de Arcal y Director de Aplicaciones Nucleares y Cooperación Técnica, que durante el año 2015 se encomendó al Ing. Jorge Bastidas P., ha focalizado los esfuerzos para que las actividades de los proyectos ARCAL, derivadas en Cursos de entrenamiento, misiones de expertos, becas y visitas científicas sean provechosos de manera adecuada para el país ha realizado varias reuniones de trabajo con todos los sectores de rectoría nacional los cuales son:

Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, Ministerio de Agricultura, Ministerio del Ambiente, Ministerio de Industrias y Productividad, Ministerio de Salud.

Los cuales manejan la rectoría en las esferas que el OIEA a través de ARCAL brinda cooperación técnica; estas entidades tienen en su eje de acción varias entidades como institutos, entidades especializadas, hospitales principalmente, los cuales tienen bajo su gestión la coordinación de proyectos ARCAL.

Se ha concientizado adicionalmente que la Academia debe actuar transversalmente a todos los ejes de acción y que en dependencia del eje de acción se debe comunicar al Ministerio Rector o Ministerios Rectores a los cuales el o los proyectos en ejecución involucren un componente importante para el desarrollo del sector nuclear en el país bajo el punto de vista del aporte al desarrollo del país que las técnicas nucleares puedan aportar.

El Coordinador Nacional de ARCAL del Ecuador, Jorge Bastidas participó en la reunión del OCTA en el año 2015 en Río de Janeiro, Brasil, en donde se realizó el cambio de la presidencia del mencionado organismo, se revisaron los documentos de los procedimientos y las estrategias a utilizar durante el nuevo ciclo.

## 3. RESULTADOS, DIFICULTADES Y PROBLEMAS PRESENTADOS DURANTE LA MARCHA DEL PROYECTO Y DEL ACUERDO.

Durante la ejecución de las actividades planificadas para este año se ha tratado de alinear los proyectos a los planes y programas de desarrollo para que haya un impacto tangible del esfuerzo que realiza el OIEA para apoyar a los países en este tema.

Los principales problemas presentados ha sido la estabilidad de los coordinadores de proyecto, los cuales en algunos proyectos se han cambiado por situaciones laborales, adicionalmente se han tenido problemas en la nominación de coordinadores de proyecto por temas de tramitología dentro de las entidades participantes, lo cual repercute en la ejecución de las actividades asignadas al país.

Sin embargo para el último trimestre del año se ha podido estabilizar la mayoría de los proyectos lo cual ha sido un logro, motivo por el cual se convocó a una reunión de coordinadores de proyectos para que expongan los avances del proyecto, esto derivó en contar con mucha información de intercambio el crecimiento del interés en los sectores rectores que deben canalizar la cooperación para los logros nacionales.



## 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
RLA7018 Mejora del conocimiento de las aguas subterráneas para la protección, gestión integrada y gobernanza en América latina.	Oscar Larrea, Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Saneamiento.	62300
RLA6072 Fomentar la capacidad de los recursos humanos para un enfoque integral de la radioterapia	William Espinoza, Hospital Carlos Andrade Marín.	17200
RLA6074 Apoyar el desarrollo de radiofármacos regional producidos para la terapia dirigida contra el cáncer mediante el intercambio de capacidades y conocimientos y mejora de las instalaciones, Networking y la formación	Iralda Ramis, Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, Subsecretaría de Control y Aplicaciones Nucleares.	5000
RLA5064 Mejoramiento de estrategias de conservación de los recursos suelo y agua a nivel de cuencas para fortalecer la seguridad alimentaria de América Latina y el Caribe.	Omar Suárez, Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, Subsecretaría de Control y Aplicaciones Nucleares.	31800
RLA5065 Mejoramiento de la producción agrícola a través de uso eficiente de los recursos	Franklin Valverde, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.	34000
RLA5066 Mayor aplicación comercial del tratamiento de alimentos por irradiación con haces de electrones y rayos x en América latina y el Caribe.	Maribel Luna, Escuela Politécnica Nacional.	2600
RLA5067 Apoyo a la generación de capacidades para la evaluación de la factibilidad de un programa de control progresivo del Gusano Barrenador del Ganado	Alban Sotomayor, Agrocalidad, MAGAP.	13600
RLA7019 Desarrollo de indicadores para determinar el	Ramiro Castro, Ministerio de Electricidad y Energía	21800



## ARCAL

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

efecto de los plaguicidas, metales pesados y contaminantes emergentes en ecosistemas acuáticos continentales Importante para la Agricultura y la Industria.	Renovable, Subsecretaría de Control y Aplicaciones Nucleares.	
Total		138300,00



## ARCAL

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

### 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)	11000
2. Grupo Directivo del OCTA, Grupos de Trabajo del OCTA y Puntos Focales	EUR 300 por persona por día (se incluye días de viaje)	0
3. Gastos locales por sede de evento regional en el país (Grupo de Trabajo/Cursos de Capacitación/Talleres/Seminarios)	EUR 5.000 por semana	16000
4. Gastos locales en eventos nacionales, que se encuentren en el Plan de Actividades	EUR 3.000 por semana	12000
5. Becario cuyos gastos locales son asumidos por el país	EUR 3.500 por mes por becario	0
6. Publicaciones	Hasta EUR 3.000	3000
7. Creación y/o actualización de Base de Datos	Hasta EUR 5.000	12000
8. Gastos locales por Sede de Reuniones de Coordinación Técnica (OCTA)	EUR 50.000 por semana	0
9. Envío de reactivos, fuentes radioactivas, radioisótopos, otros materiales	Hasta EUR 5.000	22100
10. Realización de servicios (p.ej. irradiación de materiales)	Hasta EUR 5.000	10500
11. Tiempo trabajado como Coordinador Nacional y su equipo de soporte	Máximo EUR 1.500 por mes	7500
12. Tiempo trabajado como DTM	Máximo EUR 700 por mes	2500
13. Tiempo trabajado como Coordinador de Proyecto	Máximo EUR 500 por mes	6000
14. Tiempo trabajado como Especialistas locales que colaboran con el proyecto (máximo 3 especialistas por proyecto)	Máximo EUR 300 por mes por especialista	3600
15. Aportes en la ejecución de cada Proyecto comprendiendo los siguientes puntos: <ul style="list-style-type: none"><li>• Viáticos interno/externo</li><li>• Transporte interno/externo</li></ul>	Máximo EUR 7.500/proyecto	3000
16. Gastos del país para el proyecto (infraestructura, equipo, etc.)	Máximo EUR 10.000	34000
<b>TOTAL</b>		<b>188300</b>

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