



**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: CHILE

Chile, marzo 2016



ARCAL

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

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	2
2. RESUMEN EJECUTIVO	2
3. PARTICIPACIÓN DEL COORDINADOR NACIONAL EN LAS ACTIVIDADES DE ARCAL	3
4. RESULTADOS, DIFICULTADES Y PROBLEMAS PRESENTADOS DURANTE LA MARCHA DEL PROYECTO Y DEL ACUERDO	3
5. ANEXOS	37



ARCAL

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

1. INTRODUCCIÓN

El presente informe anual de Chile respecto de las actividades ARCAL refleja los progresos realizados y los inconvenientes encontrados en su implementación durante el año 2015 y ha sido consolidado por el Coordinador Nacional de ARCAL (s).

Para contar con la información necesaria para la rendición de cuentas, el seguimiento y desarrollo del proyecto se solicitó a los Jefes de Proyecto el envío de un reporte los cuales, en su conjunto, han sido consolidados en el presente informe.

2. RESUMEN EJECUTIVO

La participación de Chile en el Programa ARCAL durante el año 2015 se resume como sigue:

Número total de proyectos en los que el país participó: **8**

Total de los recursos aportados: **U\$D 373.000.-**

Total de participantes en eventos regionales de capacitación (Cursos, talleres, entrenamiento y visitas): **26**

Total de reuniones de coordinación de proyectos en las que se participó: **13**

Total de otras reuniones en las que se participó: OCTA, ORA, Grupos de Trabajo: **2**

Nº de expertos y conferencistas recibidos: **6**

Nº de expertos y conferencistas ofrecidos: **5**



3. PARTICIPACIÓN DEL COORDINADOR NACIONAL EN LAS ACTIVIDADES DE ARCAL

Importante es señalar que durante el periodo 2015 hubo dos Coordinadores Nacionales ARCAL, estos son:

1 de Enero – 30 de Junio 2015	:	Sra. Adriana Nario M.
1 de Julio a la fecha	:	Sr. Juan Carlos Chávez P.

Actividades desarrolladas e informadas por los Coordinadores Nacionales ARCAL:

Sra. Adriana Nario M.

- Elaboración Informe anual de las actividades de ARCAL 2014
- Participa en Reunión del Grupo Directivo del Órgano de Coordinación Técnica, OCTA, ARCAL en Chile (CCHEN). 9 al 11 de Marzo 2015.
- Participa en XVI Reunión del Órgano de Coordinación Técnica (OCTA), ARCAL en Río de Janeiro (Brasil) 18 al 21 de mayo de 2015.
- Coordinación de convocatorias a eventos.

Sr. Juan Carlos Chávez P.

- No se dispone de informe escrito
- Trabajo administrativo de difusión de eventos

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

En este punto se abordarán los problemas y dificultades presentados durante el desarrollo de los proyectos, haciéndose énfasis en las soluciones.



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

Coordinador del Proyecto:

Claudio Marcelo Bravo Linares. Facultad de Ciencias; Universidad Austral de Chile Casilla 567, Ex Hotel Isla Teja (ala B) Las Encinas N ° 220, piso 4. Valdivia. Chile

Resultados destacados:

- Se ha logrado establecer una red con el resto de países miembros del proyecto en la capacitación y uso de las nuevas técnicas isotópicas para la identificación y medidas del control de la erosión de los suelos. Se han establecido contactos con tomadores de decisiones y sector privado.
- Producto de las actividades del proyecto en Chile se ha trabajado estrechamente con la empresa privada forestal en la identificación y manejo de fuentes de erosión de suelos en cuencas forestales. Por lo mismo, ahora se está trabajando en otras cuencas y las técnicas innovativas utilizadas han sido un gran herramienta para la identificación de hotspots de erosión de suelos.
- Afortunadamente, Chile ha evidenciado una ventaja competitiva para desarrollar las acciones contempladas en el proyecto, toda vez que existía un contrato con la empresa forestal para la implementación, se tenía el instrumental y la expertise necesaria para el tratamiento de muestras y obtención de los resultados. Mientras que, el resto de los países dependían de Brasil para poder realizar sus muestras enfrentando contratiempos en la implementación.

**4.b.- RLA/5/065: Improving Agricultural Production Systems Through Resource Use Efficiency (ARCAL CXXXVI)**

Coordinador del Proyecto: Carlos Ovalle Molina.
Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA).

Resultados destacados:

El proyecto se encuentra en su segundo año de ejecución. Las actividades han consistido en mantener las cuatro unidades experimentales ubicadas en el CE Cauquenes - INIA, en el secano interior de la Región del Maule, Chile. En este sentido, los impactos del proyecto en su primer ciclo fueron importantes en la reducción de fertilización nitrogenada ($350 \text{ kg urea ha}^{-1}$) en el caso de los abonos verdes y rotación de cultivo con praderas, obteniendo importantes rendimientos del cereal post leguminosas iguales o superiores al testigo (fertilizado), demostrando a los agricultores en días de campo que es factible dichas prácticas para la zona, para cuidar el medio ambiente y el suelo.

Así, durante el año 2015, cuatro experimentos se llevan a cabo en el Centro Experimental de Cauquenes -INIA ($35^\circ 58' \text{ S}$, $72^\circ 17' \text{ W}$; 140 m sobre el nivel del mar), Región del Maule, en Cordillera de la costa de Chile en el secano interior. El suelo es un Alfisol granítico, de arena de textura franco arcillosa, clasificado como Ultic Palexeralfs. El pH del suelo (1:5 en agua, 0-20 cm) fue de 7,1, el contenido de materia orgánica fue del 2,1% y las concentraciones de minerales disponibles N, P y K en los 20 cm superiores eran 8 mg kg^{-1} , 15 mg kg^{-1} y 248 mg kg^{-1} , de acuerdo con las metodologías establecidas en Sadzawka et al. (2006). La temperatura media anual en esta región es de $15,1^\circ \text{C}$, el promedio mínimo es de $1,3^\circ \text{C}$ (Julio) y el máximo de 29°C (Enero). Precipitación anual promedio fue 624 mm, con un máximo de seis meses (Noviembre a Abril) estación seca (del Pozo y del Canto, 1999). Cabe señalar que las precipitaciones se concentraron en los meses de Julio y Agosto y la temperatura mínima fue 3 grados menos que el promedio general.

En el *Experimento I* (Rotación de cultivos leguminosas forrajeras anuales - cereal), se observó que las praderas de un y dos años (4 Mg ha^{-1}) no presentaron diferencias significativas entre ellas en producción de materia seca ni en % N aportado ($2,6\% \pm$



0,10). Los átomos exc de ^{15}N no se produjo diferencias entre ellas ($0,19\% \pm 0,023$). Por lo cual se observó una fijación biológica de N (FBN) derivado del ambiente (Ndda) de 87% ($\pm 1,49$) en promedio en ambos casos comparados con los testigos (Ballica y avena sin N). Por lo tanto el aporte para el cultivo siguiente es de 96 kg N ha^{-1} por parte de las praderas.

En el año 2015, de los rendimientos de cereal (Trigo) post pradera de un año y monocultivos de cereal con y sin fertilización nitrogenada se observan que los rendimientos más elevados de grano (Mg ha^{-1}) fueron en el monocultivo de cereal con fertilización nitrogenada ($5,9\text{ Mg ha}^{-1}$) siendo diferente significativamente ($P \leq 0,05$) a la pradera de un año con una producción de grano de $4,5\text{ Mg ha}^{-1}$ y este diferente significativamente ($P \leq 0,05$) al monocultivo sin fertilización obtuvo una producción de grano de $1,7\text{ Mg ha}^{-1}$, siendo el valor más bajo en todo el experimento. Con respecto a los residuos estos obtuvieron la misma tendencia que en grano.

La producción de praderas en materia seca fue de $4,5\text{ Mg ha}^{-1}$ en las praderas de un año siendo diferente significativamente ($P \leq 0,05$) a la de segundo año con 4 Mg ha^{-1} .

En el *Experimento II* (Abonos verdes), la mayor producción de biomasa se obtuvo en el cultivo de arveja ($21\text{ Mg MS ha año}^{-1}$) siendo estadísticamente diferente ($P \leq 0,05$) a lupino blanco, el que presentó menor producción de MS (5 Mg ha año^{-1}), los demás tratamientos no presentaron diferencias a nivel estadístico entre ellos con un promedio de producción de $11\text{ Mg MS ha año}^{-1}$. Los mayores aportes de N fueron en Haba y Lupinos, seguidos por Vicia y las demás leguminosas (variación entre 4,20 y 2,55). En los átomos exc de ^{15}N se produjo diferencias entre $0,17 \pm 0,04$ para T. Alejandrino hasta $0,05 \pm 0,01$ para Arveja, por lo cual se observó una fijación biológica de N (FBN) derivado del ambiente (Ndda) de 92% (con una variación entre 96 y 88) en promedio en ambos casos comparados con los testigos (Ballica y avena sin N). Por lo tanto el aporte para el cultivo siguiente en el caso de Arveja es de $600 (\pm 10,36)\text{ kg N ha}^{-1}$ seguido por Haba con $534 (\pm 7,78)\text{ kg N ha}^{-1}$, las demás leguminosas variaron en promedio 282 kg N ha^{-1} .



En el año 2015, en relación a los rendimientos de cereal (Trigo) post abonos verdes de leguminosas y monocultivos de cereal con y sin fertilización nitrogenada se observó rendimientos más elevados de grano (Mg ha^{-1}) del cereal después del cultivo anterior con haba con 7 Mg ha^{-1} siendo este diferente significativamente ($P \leq 0,05$) a arveja, Lupinos (*angustifolius* y *albus*), vicia y tréboles (*Alejandrino* y *balansa*) con un promedio de $5,2 \text{ Mg ha}^{-1}$. Los monocultivos de cereal con fertilización nitrogenada obtuvieron $5,9 \text{ Mg ha}^{-1}$ siendo un valor intermedio entre Haba y los demás abonos verdes. El monocultivo sin fertilización obtuvo una producción de grano de $1,7 \text{ Mg ha}^{-1}$, siendo el valor más bajo en todo el experimento.

En el *Experimento III* (transferencia de N desde leguminosas a gramíneas), la mayor producción de biomasa en las mezclas de leguminosas se obtuvo en la M500 y 600 ($2 \text{ Mg MS ha año}^{-1}$ en promedio) siendo estadísticamente diferente ($P \leq 0,05$) a M400 en su primer año de establecimiento, las que presentaron menor producción de MS de $1,5 \text{ Mg ha año}^{-1}$. Las mezclas con gramíneas como ballica fue estadísticamente diferente ($P \leq 0,05$) a la mezcla con falaris, que presentó un crecimiento deficiente en el transcurso del primer año de ensayo. Siendo las mezclas (M500 y 600) con ballica las que obtuvieron rendimientos en MS superior a las praderas de mezclas solas con un promedio de $2,5 \text{ Mg ha año}^{-1}$. Falaris fue el tratamiento que presentó la menor producción de MS ($0,04 \text{ Mg ha año}^{-1}$). Los resultados de N (%) variaron los niveles entre 3,45 y 1,25 por lo cual también en los átomos en exceso de ^{15}N variaron entre 0,02 y 0,59, siendo las mezclas que poseían ballica en su composición mostraron los mayores % de átomos en exceso ^{15}N que las mezclas de leguminosas por si solas.

Las praderas de leguminosas solas en el año 2015, obtuvieron en promedio una materia seca de 6 Mg ha^{-1} y en mezcla con ballica alcanzaron las 9 Mg ha^{-1} , mientras las que contaban con falaris no obtuvo una buena población de gramínea.

En el *Experimento IV* (Enmiendas orgánicas, fosfóricas y calcáreas sobre praderas), el tratamiento de pradera (mezcla mediterránea 500) con 10 Mg de guano fue el que alcanzó la mayor producción de MS con 12 Mg ha^{-1} siendo diferente a nivel estadístico ($P \leq 0,05$) de los tratamientos $135 \text{ u P}_2\text{O}_5$, 5 Mg CaCO_3 , testigo (sin fertilización) y ballica. El tratamiento con menor producción de MS fue el testigo con 7 Mg ha^{-1} .



ARCAL

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

Cabe señalar que al momento de presentar este informe no se cuentan con los resultados del análisis de ^{15}N de los diferentes experimentos en las muestras de cereal post leguminosa, los cuales ya están siendo procesados.

Problemas y dificultades

- El control de malezas de hoja ancha, en leguminosas fue un problema; problema que este año será abordado con un cambio en el manejo del cultivo y limpieza manual, que se realizarán al cultivo del cereal (trigo).
- Falta de recursos para contratación de mano de obra dado que estos ensayos requieren un intenso trabajo de terreno.



ARCAL

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

4.c.- RLA/6/072: Supporting Capacity Building of Human Resources for a Comprehensive Approach to Radiation Therapy (ARCAL CXXXIV).

Coordinador del Proyecto: José Luis Rodríguez Pérez. Clínica Las Condes. Lo Fontecilla 441, Las Condes, 7591046, Santiago.

Resultados destacados:

Durante el periodo 2015 se logró que un mayor número de especialistas (tecnólogos, médicos y físicos) postularan a los diferentes entrenamientos ofrecidos por el OIEA, principalmente del área pública a los que se privilegió en todos los casos, potenciando además a centros alejados de la capital.

El mayor problema o dificultad que se ha presentado es que, a pesar de que existe un compromiso personal durante la postulación de entregar nacionalmente los conocimientos adquiridos en el extranjero, esto queda solamente a nivel de centro o servicio, perdiéndose la capacidad de diseminación de la información y el entrenamiento de otros.



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

Coordinador del Proyecto: Silvia Lagos Espinoza, Departamento de Producción y Servicios, Centro de Estudios Nucleares La Reina; Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN).

Resultados destacados:

- Actualmente las guías y protocolos para la preparación y el control de calidad de radionúclidos terapéuticos se encuentran a disposición del país. Específicamente Chile se prepara para implementar la línea de trabajo.
- Profesionales de la CCHEN, Sres: Andres Nuñez y Nelson Godoy, participan en un curso en Cuba, “Estudios biológicos y dosimétricos con radiofármacos terapéuticos”.
- Se realizó una reunión regional de expertos para producir protocolos y guías técnicas para la verificación de activímetros y la medición de actividad de radionúclidos terapéuticos. De Chile, participó en calidad de experto el Sr. Carlos Oyarzún C. Estas guías serán utilizadas en un curso que está programado para realizarse, prontamente, en Argentina. Sin embargo, las versiones finales de las guías y protocolos, ya fueron entregadas a los países, las que se caracterizan por ser muy didácticas y completas. Ellas han sido puestas a disposición de operadores de celda de todo tipo de radiofármacos, ya que tiene interesante información técnica y en el contexto de las buenas prácticas.
- El proyecto otorgó US\$ 14.280, para comprar equipo en Chile, necesario en la nueva planta de producción.
- El coordinador del país líder informó con respecto a la necesidad de cambio de sede para realizar la reunión de expertos en Validación de Métodos y Procesos gestionando el compromiso y colaboración de los países participantes para la definición de otra sede alternativa. Brasil y Chile trabajan, en la descripción de perfiles de expertos necesarios para la realización de un curso de Validación de



ARCAL

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

métodos de ensayos y procesos. Este es un tema muy importante para los países, ya que se tiene muy poca competencia regional en esta materia. Es interesante considerar 2 o 3 participantes por país en el curso de validación para desarrollar mayor competencia regional. Es importante la comprensión y visión gerencial en este tema; así también, la implementación de la validación de los intereses que necesitan ser abordados en el curso.

- Uno de los cursos que ya se realizó en el contexto de los objetivos de este proyecto es de dosimetría interna, en el que participaron dos profesionales de la CCHEn. Allí les enseñaron metodología de cálculo de dosis interna con uso de software. Sin embargo, el conocimiento adquirido se ve limitado porque no disponemos de aquellos programas en el área nuestra. Es decir, lo que estamos aprendiendo lo queremos aplicar, pero no siempre el país tiene los recursos disponibles.
- El acceso al radioisótopo, es una dificultad para entrar en este campo. En nuestro reactor no podemos producir todos los radioisótopos de interés (como por ejemplo, ytrio). Éste sí se puede comprar, existe disponibilidad; pero, el acceso es difícil dado su alto costo. En ese sentido, constituye una limitante para el desarrollo de nuevos radiofármacos.
- En general, los objetivos se van cumpliendo con la implementación de cursos. Estos cursos han sido todos de una semana y de igual manera, los cursos planificados a futuro también serán de una semana. Sin embargo, los resultados han mostrado, y así también lo han declarado los participantes, una semana es poco, para toda las materias necesarias de abordar.



4.e RLA/6/075: Supporting Diagnosis and Treatment of Tumours in Paediatric Patients (ARCAL CXXXIII).

Coordinador del Proyecto: Carmen Orellana. Pontificia Universidad Católica de Chile.

Resultados destacados:

- Se han capacitado 7 médicos nucleares, un radiólogo y una oncóloga pediátrica.
- No ha habido problemas y/o dificultades

4.f.- RLA/7/016: Using Isotopes for Hydrogeological Assessment of Intensively Exploited Aquifers in Latin America (ARCAL CXXVII).

Coordinador del Proyecto: Evelyn Susana Aguirre Dueñas. Laboratorio de Isótopos Ambientales; Centro de Estudios Nucleares La Reina; Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN).

Resultados destacados:

El acuífero de interés se emplaza en la parte media de la cuenca del Río Loa, que se extiende entre la confluencia del río Loa con el río Salado y con la confluencia del Río Loa con el Río San Salvador. En todo este tramo el Río Loa es perenne y recibe los aportes provenientes de los afloramientos del sistema acuífero. Las unidades geológicas dominantes que determinan el sistema acuífero corresponden a la Formación Calama en la base y a la Formación El Loa (Superior e Inferior) en el techo de la columna estratigráfica general.

Para este proyecto la zona de estudio seleccionada es la parte media de la cuenca Río Loa correspondiente al acuífero de Calama. Donde específicamente se estudiará el comportamiento de la subcuenca del Salado para ver si hay aporte al acuífero. La DGA, institución contraparte del proyecto es quién tiene como misión la gestión del recurso agua y ha establecido diferentes instrumentos de gestión en la cuenca que condicionan la explotación de las aguas subterráneas de acuerdo al cumplimiento de no alcanzar variables de control. La utilización de técnicas isotópicas e hidroquímicas permitirán entender la dinámica del sistema.



Mejorar los instrumentos de gestión ambiental, considerando la importancia de usar técnicas isotópicas en la evaluación de las variables de control. y establecer redes de monitoreo para el control.

Dificultades y problemas presentados durante la marcha del Proyecto

a.-La misión de un experto se concretó recién en el año 3 del proyecto por lo que el aporte al logro del objetivo no fue lo que se esperaba. Se sugiere que las misiones de experto que son solicitadas desde el primer año del proyecto cuenten con el apoyo inmediato del OIEA para que se ejecuten en el periodo solicitado y así favorecer a la ejecución y mejoras al programa del proyecto producto de los aportes del experto.

b.- No se recibió de parte del Oficial Técnico el informe de la Reunión del año 2015 y tampoco se recibió un informe final del proyecto. Se sugiere cumplir con el procedimiento y programa.

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

Coordinador del Proyecto: José Luis Arumí. Universidad de Concepción.

Resultados destacados:

Chile se integra a fines del segundo año de la ejecución del proyecto participando en la II Reunión de Coordinación del proyecto, la cual se realizó en diciembre de 2015.

A partir de esta reunión, se coordinaron una serie de talleres de interpretación de datos isotópicos, gestión de recursos hídricos subterráneos e hidrogeología, para desarrollarse entre los años 2016 y 2017.



4.h RLA/7/019: Developing Indicators to Determine the Effect of Pesticides, Heavy Metals and Emerging Contaminants on Continental Aquatic Ecosystems Important to Agriculture and Agroindustry (ARCAL CXXXIX).

Coordinador del Proyecto: Rodrigo Eduardo Palma Troncoso. Encargado Gestión Ambiental y Contaminación de los Recursos Naturales. Región de La Araucanía. Servicio Agrícola y Ganadero (SAG).

Resultados destacados:

Organización del grupo de trabajo: En la Tabla 1, se presentan los integrantes de cada grupo. Se hace presente que durante el año 2015 se consolida el grupo de comunicación incorporándose el Sr. Gustavo Venegas de la CCHEN quien queda como responsable del grupo. La Sra. Priscilla Villavicencio por motivos laborales se ve imposibilitada de continuar aportando al proyecto; se deja constancia de su aporte y predisposición durante el periodo que participó. Del mismo modo, se comunica la desvinculación del grupo bioindicadores del Sr. Pablo Santibañez del SAG por motivos personales.

Tabla 1. Listado de responsables y participantes de grupos de las contrapartes nacionales.

ÁREA DE TRABAJO (GRUPO)	RESPONSABLE GRUPO DE TRABAJO	DIRECCIÓN ELECTRONICA	INTEGRANTES GRUPO
Geomática (modelos-SIG)	CCHEN Patricio Henríquez	patohp@gmail.com	Luis Medina, Francisco Encina, Mauricio Seguel, Andrés Pérez
Bioindicadores	SAG Rodrigo Palma	rodrigo.palma@sag.gob.cl	Juan Norambuena, Enrique Hauenstein
Comunicación	CCHEN Gustavo Venegas	gustavo.venegas@cchen.cl	Un representante de contrapartes nacionales



Bioacumulación, Bioensayos, Biomarcadores y Riesgo ecológico	UACH Jorge Nimptsch	jorge.nimptsch@uach.cl	Cesar Mattar, Francisco Encina, José Chamorro
Radiotrazadores y radionucleidos, datación de sedimentos	CCHEN Adriana Nario	anario@cchen.cl	Ana María Parada, Ximena Videla, Marco Acuña
Contaminantes emergentes	SAG Christian Wolf	christian.wolf@sag.gob. cl	Rafael Apablaza, David Burgos, Ricardo Athens
Química ambiental (Análisis Físico Química de agua , suelo, sedimentos, alimentos primarios	SAG José Chamorro	jose.chamorro@sag.gob .cl	Pedro Enriquez, Sergio Rojas, Claudia Zamora, Vanessa Núñez.

Ejecución de reuniones de coordinación entre contrapartes nacionales: Este año sólo se realizó una reunión de coordinación entre las contrapartes nacionales del proyecto en Julio en la ciudad de Valdivia cuyo anfitrión fue el Sr Jorge Nimptsch de la Universidad Austral de Chile. En esta instancia se presentaron los avances de trabajo comprometido por cada grupo, se discutieron los problemas presentados y se planificaron las actividades a ejecutar para el semestre siguiente.

La próxima reunión para evaluar el desarrollo de actividades se realizará el 30 y 31 de marzo de 2016 en la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN).

Metodología de muestreo: Con el objetivo de levantar la información de terreno (datos) de las distintas matrices, se estableció un diseño metodológico en dos cuencas del valle central de la



región de la Araucanía-Chile; una con vocación frutícola (cuenca del río Tijeral, comuna de Angol) y la otra con vocación cerealera (cuenca de río Traiguén, comuna de Victoria) (Figura 1). En la primera el rubro frutícola, principalmente manzanos, arándanos y berries, es de reciente desarrollo, promovido por las condiciones agroclimáticas y de infraestructura (riego) existentes. En el caso de la cuenca del río Traiguén, el rubro cerealero tiene una trayectoria sobre 50 años en la zona, predominando un sistema convencional de cultivo y condicionado por estar en una zona que se caracteriza por ser de secano.

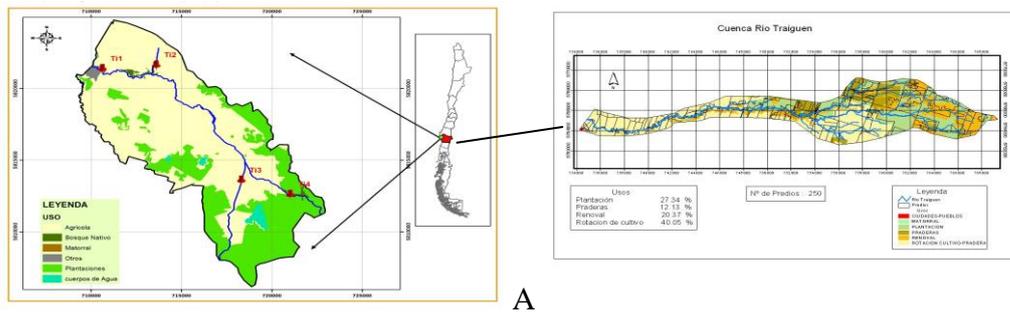


Figura 1. Cuencas estudiadas en la Región de la Araucanía-Chile: A cuenca río Tijeral; B cuenca río Traiguén.

Para levantar la información requerida y cumplir con los objetivos, se consideró un ciclo productivo que contempla tres fases: antes de la siembra (meses de abril-agosto); durante el proceso de crecimiento vegetativo (septiembre-diciembre) y posterior a la cosecha (enero-marzo). Para el año 2015 se planificó un muestreo de acuerdo a las distintas matrices y requerimientos por grupos de trabajo (ver Tabla 2) .

Tabla 2. Planificación de actividades según matrices y grupo de trabajo para las dos cuencas en estudio. Se destaca con ✓ las actividades logradas y con X las pendientes.



ARCAL

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

						Periodo muestreo asociado a cultivos					
						Antes	Durante	Posterior			
						N° Muestras	N° Muestras	N° Muestras			
						X	✓	✓			
Rio Traiguen	Parámetro	Laboratorio Responsable	Tipo de Muestra	N° Puntos	Réplicas	N° Muestras	N° Muestras	N° Muestras	Estaciona	N° Total Muestras por Laboratorio	N° Total Muestras
✓	Agua río	F-Q	SAG Tco	Puntual	3	3	9	9	9	9	
		Metales	LQAA	Puntual	3	3	9	9	9		
		Nutrientes	LQAA	Puntual	3	3	9	9	9		
		Plaguicidas	LQAA	Puntual	3	3	9	9	9	81	90
✓	Suelo	Metales	LQAA	Integrada	3	3	0	9	9		
		Plaguicidas	LQAA	Integrada	3	3	0	9	9	36	
		Trazadores	CCHEN	Integrada	1	0	1	0	0	1	37
✓	Sedimentos	Metales	LQAA	Integrada	4	3	0	12	12		
		Plaguicidas	LQAA	Integrada	4	3	0	12	12	48	
		Fechaición*	CCHEN								
		Trazadores	CCHEN		1	1	1	0	0	1	49
✓	Biológico	Bioindicador	SAG Tco	Comunidad	6	6				144	
	Toxicidad	Plaguicidas	UCT-UACH-UMAYOR	puntual	6	5	30	30	30	90	
	Biomarcadores**	Plaguicidas	UCT-UACH-UMAYOR	Experimental							94
✓	***Triticale	Metales	LQAA	Integrada	1	3	0	3	3		
		Plaguicidas	LQAA	Integrada	1	3	0	3	3	12	12
X	Pozos (agua)	Metales	LQAA	Puntual	5	3	0	15	0		
		Plaguicidas	LQAA	Puntual	5	3	0	15	0	30	
		F-Q	SAG Tco		5	3	0	15	0	15	45
	Agua río****	Plaguicida	LQAA/UACH	puntual/2hx24h							
* Se ejecutará de acuerdo a la futura capacitación de técnica										TOTAL	327
** Ensayos agudos y crónicos con 2 pesticidas por año: Uso de Mesocosmos, Deriva y Respirimetría											
*** Alimento Primario											

						Periodo muestreo asociado a cultivos					
						Antes	Durante	Posterior			
						N° Muestras	N° Muestras	N° Muestras			
						X					
Rio Tijeral	Parámetro	Laboratorio Responsable	Tipo de Muestra	N° Puntos	Réplicas	N° Muestras	N° Muestras	N° Muestras	Estaciona	N° Total Muestras por Laboratorio	N° Total Muestras
X	Agua río	F-Q	SAG Tco	Puntual	3	3		9		9	
		Metales	LQAA	Puntual	3	1		3			
		Nutrientes	LQAA	Puntual	3	1		3			
		Plaguicidas	LQAA	Puntual	3	1		3		9	18
X	Biologicos	Bioindicador	SAG Tco	comunidad	4	6		24	24	48	
	Bioacumulación	Metales	LQAA/SAG Tco	Pobación	1	(6 tallos) x 6		36		36	
	Toxicidad	Plaguicidas	UCT-UACH-UMAYOR	Puntual	3	5	15	15	15	45	
	Biomarcadores***	Plaguicidas	UCT-UACH-UMAYOR	Experimental							129
✓	Sedimento	Fechaición*	CCHEN								
	Suelo	Trazadores	CCHEN		1		1			1	1
✓	Arandanos Conv y O	Plaguicida	LQAA	Integrada	2	3		6			
	Manzanos**	Plaguicida	LQAA	Integrada	1	3		3			
	Otros (maiz)**	Plaguicida	LQAA	Integrada	1	3		3		12	12
X	Pozos: agua	F-Q	SAG Tco	Puntual	4	3	0	12	12	24	
		Metales	LQAA	Puntual	4	3	0	12	12		
		Nutrientes	LQAA	Puntual	4	3	0	12	12		
		Plaguicidas	LQAA	Puntual	4	3	0	12	12		96
* Se ejecutará de acuerdo a la futura capacitación de técnica										TOTAL	256
** Alimento Primario											
*** Ensayos agudos y crónicos con 2 pesticidas por año: Uso de Mesocosmos, Deriva y Respirimetría											

Muestreo de matrices: Durante el primer semestre de 2015 se desarrollo la segunda fase del monitoreo programado para levantar información preliminar y ajustar los parámetros de las matrices objeto de seguimiento, que se establecieron en el programa en la cuenca del río



Traiguén. En la Figura 2 se muestran los puntos donde se efectuaron los muestreos en el río Traiguén.

Matrices:

- a) Sedimentos: Se realizó un muestro de sedimentos dentro del cauce el río en tres puntos representativos del área de uso de suelos adyacente considerando tres réplicas. Parte baja de la cuenca (T1Br) uso cerealero; parte media (T2EUCA) con cereales y plantaciones de árboles exóticos; parte alta (T3Control) con bosque nativo, plantaciones forestales y praderas (Figura 2).
- b) Suelo: El 9/01/2015, se tomaron muestra con tres réplicas integradas de suelos en dos puntos dentro del área en estudio (río Traiguén) para determinación de metales pesados y plaguicidas. El suelo muestreado estaba cultivado con raps (T1STAR) en la parte baja y con cultivo de triticale (T2Triticale) en la parte media (Figura 2).
- c) Agua: El 23/03/2015 se muestrea agua con tres replicas en tres puntos específicos (T1Br; T2EUCA; T3Cont) para determinación de plaguicidas, nutrientes y metales pesados. También en la oportunidad se tomaron muestras in situ de parámetros físico químicos (pH; C.E.; O₂; %OD; T; T.S.D) y medición de caudales. Se efectuó un catastro de 5 pozos en la cuenca del río Traiguén, con el objeto de trabajar en vulnerabilidad de aguas subterráneas. Con la información obtenida de pozos tanto de las cuencas del río Tijeral como del río Traiguén se diseñará un monitoreo de aguas subterránea para el periodo 2016.
- d) Material biológico: Durante el muestreo del 9 de enero de 2015, se tomaron muestras de espiga y tallo de plantas de triticale (cereal) para la determinación de plaguicidas y metales pesados.
- e) Bioindicadores: El 23/03/15 muestras de macroinvertebrados fueron tomadas en cada punto de muestreo con tres replicas para determinar calidad de agua usando el índice Ch-BMWP (T1Br; T2EUCA; T3Cont) (Figura 2).

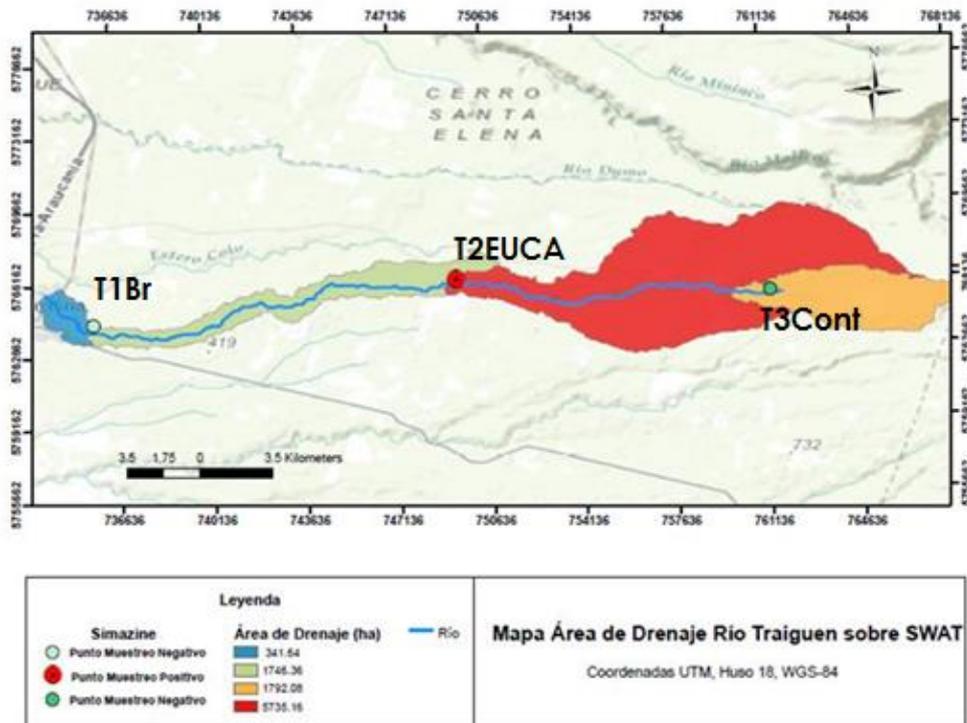


Figura 2.- Mapa de cuenca río Traiguén mostrando los puntos de muestreo de sedimento, agua y bioindicadores (T1Br, parte baja; T2EUCA, parte media; T3Control y sus áreas de drenaje).

Datos obtenidos

1. Grupo Química ambiental

Análisis químicos: Se destaca que para cultivos de Arándanos en la cuenca del río Tijeral, los plaguicidas aplicados fueron: Oxido Cuproso, Piraclostrobina, Sulfato de Cobre Pentahidratado, Boscalid+Piraclostrabina, Fenhexamid, Extractos Cítricos, Fosmet, Azadiractina. Para los cultivos de triticale en la cuenca del río Traiguén los plaguicidas aplicados fueron: 2,4-D, Simazina, Hexazinone, Carbendazim y Picloram; Flufenacet, Flurtamone, Diflufenican, Glifosato, Metsulfuron metil, Clopiralid, Bixafen, Protioconazole, Iodosulfuron metil/sodio; Mesosulfuron metil, Tebuconazole.

Se muestran los resultados de análisis de cationes y aniones en muestras de agua para el río Traiguén mediante el método de absorción atómica (Tablas 3 y 4), y resultados de análisis de sedimentos para el mismo río se muestran en la (Tabla 5). También se muestran los resultados obtenidos con la técnica multiresiduo, para muestras de agua, alimento primario (Triticale), suelo y sedimentos para la cuenca del río Traiguén (Tablas 6, 7 y 8



ARCAL

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

respectivamente) y muestras de alimento primario (Arándano) bajo cultivo convencional y orgánico para la cuenca del río Tijeral (Tabla 9) .

Tabla 3. Resultados en muestras de agua (Cationes) monitoreo en la cuenca del río Traiguén. Fecha de muestreo 24-03-2015.

CATIONES								
N°	Clave muestra	Cadmio (ppm)	Plomo (ppm)	Cromo (ppm)	Cobre (ppm)	Arsénico (ppm)	Manganeso (ppm)	Hierro (ppm)
213	T1 R1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
214	T1 R2	ND	ND	D	ND	ND	ND	ND
215	T1 R3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
216	T2 R1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
217	T2 R2	ND	0,1	ND	ND	ND	ND	ND
218	T2 R3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
219	T3 R1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
220	T3 R2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
221	T3 R3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Técnicas	(1)	Absorción atómica en cámara de grafito
	(2)	Absorción atómica y generación de hidruros
	(3)	Absorción atómica con llama aire acetileno

	Cd(1)	Pb(1)	Cr(1)	Cu(1)	As(2)	Mn(3)	Fe(3)
LD (ppm)	0.0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0006	0,1	0,3
LC (ppm)	0.001	0.002	0,002	0,002	0,001	0,2	0,6

Tabla 4- Resultados en muestras de agua (Aniones) monitoreo en la cuenca del río Traiguén. Fecha de muestreo 24-03-2015.

ANIONES						
N°	Clave muestra	SULFATOS (ppm)	FOSFATOS (ppm)	NITRATO (ppm)	pH	Conductividad (µS/cm)
222	T1 R1	8	0,07	0,4	6,66	36
223	T1 R2	2	0,03	0,4	6,99	35
224	T1 R3	ND	D	0,4	6,46	36
225	T2 R1	ND	0,03	0,7	6,61	33
226	T2 R2	ND	D	0,6	6,5	32
227	T2 R3	ND	D	0,6	6,54	33
228	T3 R1	ND	D	0,2	6,61	38
229	T3 R2	ND	0,04	0,3	6,61	28
230	T3 R3	ND	0,02	0,4	6,53	29

Técnica	Fotometría visible	Sulfatos	Fosfatos	Nitratos
parametros	LD(ppm)	1	0,01	0,1
del metodo	LC(ppm)	2	0,02	0,15



ARCAL

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

Tabla 5. Resultados en muestras de sedimento del monitoreo en la cuenca del río Traiguén.
Fecha de muestreo 06-01-2015

N° protocolo	Clave muestra	Matriz	Cromo (mg/Kg)	Cobre (mg/kg)	Cadmio (mg/kg)	Plomo (mg/kg)	Arsénico (mg/Kg)
1738	Star-r1	suelo	114,6	158,9	0,02	12,2	7,03
1739	Star-r2	suelo	162,3	144,4	0,03	10,6	7,4
1740	Star-r3	suelo	146,3	150,8	0,03	15,8	6,1
26	T2EUCA-R1	SEDIM	60,1	91,5	0,04	18,8	6,4
27	T2EUCA-R2	SEDIM	74	166,3	0,05	9	7,7
28	T2EUCA-R3	SEDIM	78,7	149,1	0,06	10,1	5,9
62	T3 CONTROL 1	SEDIM	67,9	117,9	0,04	7,3	2,5
63	T3 CONTROL 2	SEDIM	97,5	124,3	0,04	7	4,5
64	T3 CONTROL 3	SEDIM	71,4	137	0,11	5,5	6,3
68	T2 TRITICALR1	SEDIM	46,5	134,4	0,18	9,3	4,3
69	T2 TRITICALR2	SEDIM	57,3	160,6	0,14	8,4	4,2
70	T2 TRITICALR3	SEDIM	43	130,6	0,18	9,7	62,9
78	T1 AR R1	SEDIM	70,9	117,2	0,04	8,6	5,7
79	T1 AR R2	SEDIM	65,4	96,8	0,06	8,1	5,4
80	T1 AR R3	SEDIM	72,6	125,1	0,05	8,6	7
81	T1 BR R1	SEDIM	77,6	118,7	0,02	88,4	66,8
82	T1 BR R2	SEDIM	55,4	99,4	0,07	6,3	5,6
83	T1 BR R3	SEDIM	69	103,7	0,04	9,3	5,9

Tabla 6. Resumen de resultados de los análisis Cromatográficos en muestras de agua cuenca río Traiguén.

Muestreo	Fecha Muestreo	Clave Muestra	*MultiResiduo GC/ECD-TSD	LoD (mg/Kg)	LoQ (mg/Kg)
Acequia	08 Enero 2014	PSD-1	ND (58 plaguicidas)	0.0003 y 0.0006	0.0005 y 0.001
Estero	08 Enero 2014	PSD-2	ND (58 plaguicidas)	0.0003 y 0.0006	0.0005 y 0.001
Estero las Rosas	Enero 2014	PSD-3	ND (58 plaguicidas)	0.0003 y 0.0006	0.0005 y 0.001
Aguas	Octubre 2014	PT1 (R1,R2,R3)	ND (68 plaguicidas)	0.0003 y 0.0006	0.0005 y 0.001
		PT2 (R1,R2,R3)	ND (68 plaguicidas)	0.0003 y 0.0006	0.0005 y 0.001
		PT3 (R1,R2,R3)	ND (68 plaguicidas)	0.0003 y 0.0006	0.0005 y 0.001
Cuenca Rio Traiguén	23 Marzo 2015	T1 (R1,R2,R3)	ND (65 plaguicidas)	0.0003 y 0.0006	0.0005 y 0.001
		T2 (R1,R2,R3)	ND (65 plaguicidas)	0.0003 y 0.0006	0.0005 y 0.001
		T3 (R1,R2,R3)	ND (65 plaguicidas)	0.0003 y 0.0006	0.0005 y 0.001

* MultiResiduo contiene diferentes plaguicidas de las familias de Organoclorados, Organofosforados, Piretroides, Hidroxianilidas, Carboxamidas, entre otros.



Tabla 7. Resumen de resultados de los análisis Cromatográficos en muestras de Espigas de Triticale bajo cultivo convencional en la cuenca del río Traiguén.

Muestra	Muestreo	Fecha Muestreo	Muestreo Geo Referenciado	Clave Muestra	*MultiResiduo GC/ECD-TSD	LoD (mg/Kg)	LoQ (mg/Kg)	Confirmatorio GC/MS-MS
Espigas de Triticale	Dentro de La cuenca Agricultor PEHUEN (Trigo uso convencional)	28 Enero 2014	752713;5764855; H18	DC AGR PH 03	ND (60 plaguicidas)	0.005 ≤ LoD ≤ 0.020	0.010 ≤ LoQ ≤ 0.040	-
Espigas de Trigo	Dentro de la Cuenca Agricultor Mario Delarze (Trigo uso convencional)	15 Enero 2014	735665;5764004; H18	DC AGR MD 01	ND (60 plaguicidas)	0.005 ≤ LoD ≤ 0.020	0.010 ≤ LoQ ≤ 0.040	-
Espigas de Trigo	Fuera de La Cuenca Agricultor Alex Rousel (trigo uso convencional)	15 Enero 2014	721693;5760336; H18	FC AGR AR 00	ND (60 plaguicidas)	0.005 ≤ LoD ≤ 0.020	0.010 ≤ LoQ ≤ 0.040	-
Tallos de Triticale	Fundo Mariposa	09 Enero 2015		T2 Triticale R1	ND (66 plaguicidas)	0.005 ≤ LoD ≤ 0.020	0.010 ≤ LoQ ≤ 0.040	Negativo (4 plaguicidas)

Tabla 8. Resumen de resultados de los análisis Cromatográficos muestras de suelo y sedimentos en cuenca del río Traiguén

Muestra	Muestreo	Fecha Muestreo	Muestreo Geo Referenciado	Clave Muestra	*MultiResiduo GC/ECD-TSD	LoD (mg/Kg)	LoQ (mg/Kg)	Confirmatorio GC/MS-MS
Suelo	Fuera de La cuenca Agricultor Alex Rousel (Trigo uso convencional)	27 Enero 2014	721693;5760336; H18	FC AGR AR 00	ND (58 plaguicidas)	0.005 ≤ LoD ≤ 0.020	0.010 ≤ LoQ ≤ 0.040	Negativo (4 plaguicidas)
Suelo	Dentro de la Cuenca Agricultor Mario Delarze (Trigo uso convencional)	27 Enero 2014	735665;5764004; H18	DC AGR MD 01	ND (58 plaguicidas)	0.005 ≤ LoD ≤ 0.020	0.010 ≤ LoQ ≤ 0.040	Negativo (4 plaguicidas)
Suelo	Fundo Santa Marta (Raps)	Diciembre 2014		STAr (R1,R2,R3)	ND (72 plaguicidas)	0.005 ≤ LoD ≤ 0.020	0.010 ≤ LoQ ≤ 0.040	Negativo (4 plaguicidas)
Sedimento	Bajo la represa Río Traiguén	Diciembre 2014		T1Br (R1,R2,R3)	ND (61 plaguicidas)	0.005 ≤ LoD ≤ 0.020	0.010 ≤ LoQ ≤ 0.040	Negativo (4 plaguicidas)
Sedimento	Antes de represa Río Traiguén	Diciembre 2014		T1Ar (R1,R2,R3)	ND (61 plaguicidas)	0.005 ≤ LoD ≤ 0.020	0.010 ≤ LoQ ≤ 0.040	Negativo (4 plaguicidas)
Suelo	Plantación Eucalipto, Río Traiguén	Diciembre 2014		T2EUCA (R1,R2,R3)	ND (72 plaguicidas)	0.005 ≤ LoD ≤ 0.020	0.010 ≤ LoQ ≤ 0.040	Negativo (4 plaguicidas)
Sedimento	Control Eucalipto, Río Traiguén	Enero 2015		T3 Control (R1,R2,R3)	ND (61 plaguicidas)	0.005 ≤ LoD ≤ 0.020	0.010 ≤ LoQ ≤ 0.040	Negativo (4 plaguicidas)
Suelo	Fundo Mariposa, Río Traiguén	Enero 2015		T2 Triticale (R1,R2,R3)	ND (71 plaguicidas)	0.005 ≤ LoD ≤ 0.020	0.010 ≤ LoQ ≤ 0.040	Negativo (4 plaguicidas)

* MultiResiduo contiene diferentes plaguicidas de las familias de Organoclorados, Organofosforados, Piretroides, Hidroxianilidas, Carboxamidas, entre otros



Tabla 9. Resumen de resultados de los análisis cromatográficos de muestras de Arándanos bajo cultivo convencional y orgánico en la cuenca del río Tijeral. Cosecha marzo 2014.

Muestra	Muestreo	Fecha Muestreo	Clave Muestra	*MultiResiduo GC/ECD-TSD	LOD (mg/Kg)	LOQ (mg/Kg)
Arándanos Orgánicos	Agrícola Maranelo. Tijeral-Angol	08 Enero 2014	A-1 Orgánico	ND (54 plaguicidas)	0.005≤ LOD ≤0.015	0.010≤ LOQ ≤0.030
Arándanos Convencional	Fundo El Refugio. Tijeral	08 Enero 2014	A-2 Convencional	ND (54 plaguicidas)	0.005≤ LOD ≤0.015	0.010≤ LOQ ≤0.030
Arándanos	Fundo Brasilia, Sector San Miguel	Dic 2014	AOT (R1,R2,R3)	ND (79 plaguicidas)	0.005≤ LOD ≤0.015	0.010≤ LOQ ≤0.030
Arándanos Convencional	Fundo San Miguel	Dic 2014	ACT (R1,R2,R3)	ND (79 plaguicidas)	0.005≤ LOD ≤0.015	0.010≤ LOQ ≤0.030

* MultiResiduo contiene diferentes plaguicidas de las familias de Organoclorados, Organofosforados, Piretroides, Hidroxianilidas, Carboxamidas, entre otros.

2. Grupo Radiotrazadores y Radionúcleidos

Se está trabajando en la determinación de la influencia del residuo vegetal en la biodegradación de ¹⁴C-Atrazina en suelos de la cuenca río Traiguén. El ensayo comenzó el 12 de Septiembre 2015 y se han obtenido resultados preliminares.

Antecedentes considerados para plantear este objetivo: Una vez aplicado el herbicida al suelo (Atrazina, herbicida ampliamente utilizado, especialmente en plantaciones de maíz y caña de azúcar), sufre varios procesos de transformación, uno de ellos es la biodegradación. Esta es provocada por los microorganismos y varía según las características físico-químicas del plaguicida, del suelo y las condiciones del medio en el que se encuentran. Si por las prácticas agrícolas se incorpora residuo orgánico vegetal al suelo, siendo un aporte de materia orgánica y nutriente, podría generar un impacto en las propiedades físico químicas del suelo y por lo tanto un efecto en la tasa de biodegradación provocada por los microorganismos. La biodegradación del compuesto Atrazina puede ser total o parcial, formando dióxido de carbono y diferentes metabolitos del compuesto inicial. El proceso de biodegradación se ve fuertemente afectado por factores abióticos como humedad, pH, contenido de carbono orgánico, temperatura del suelo y características físico-químicas del herbicida, además del tipo de microorganismos encontrados en el suelo.

La hipótesis del ensayo es que la aplicación de atrazina y el tamaño de residuo vegetal de maíz influye en la tasa de biodegradación de Atrazina y los objetivos específicos en determinar:



- Las curvas de biodegradación de ^{14}C -Atrazina en un suelo de la cuenca Traiguen, sin adición de residuo vegetal y con adición de residuo vegetal de maíz en dos tamaños, 2mm y 1 cm.
- El tiempo de vida media de ^{14}C -Atrazina en el suelo en estudio.

Tratamientos considerados

Suelo sin residuos y sin plaguicida

Suelo + ^{14}C -Atrazina (Tratamiento 1)

Suelo + ^{14}C -Atrazina + Residuo vegetal de maíz (2mm) (Tratamiento 2)

Suelo + ^{14}C -Atrazina + Residuo vegetal de maíz (cm) (Tratamiento 3)

A la fecha se ha cuantificado la biodegradación de Atrazina en todos los tratamientos y el herbicida sin degradar presente en el suelo (Figura 3).

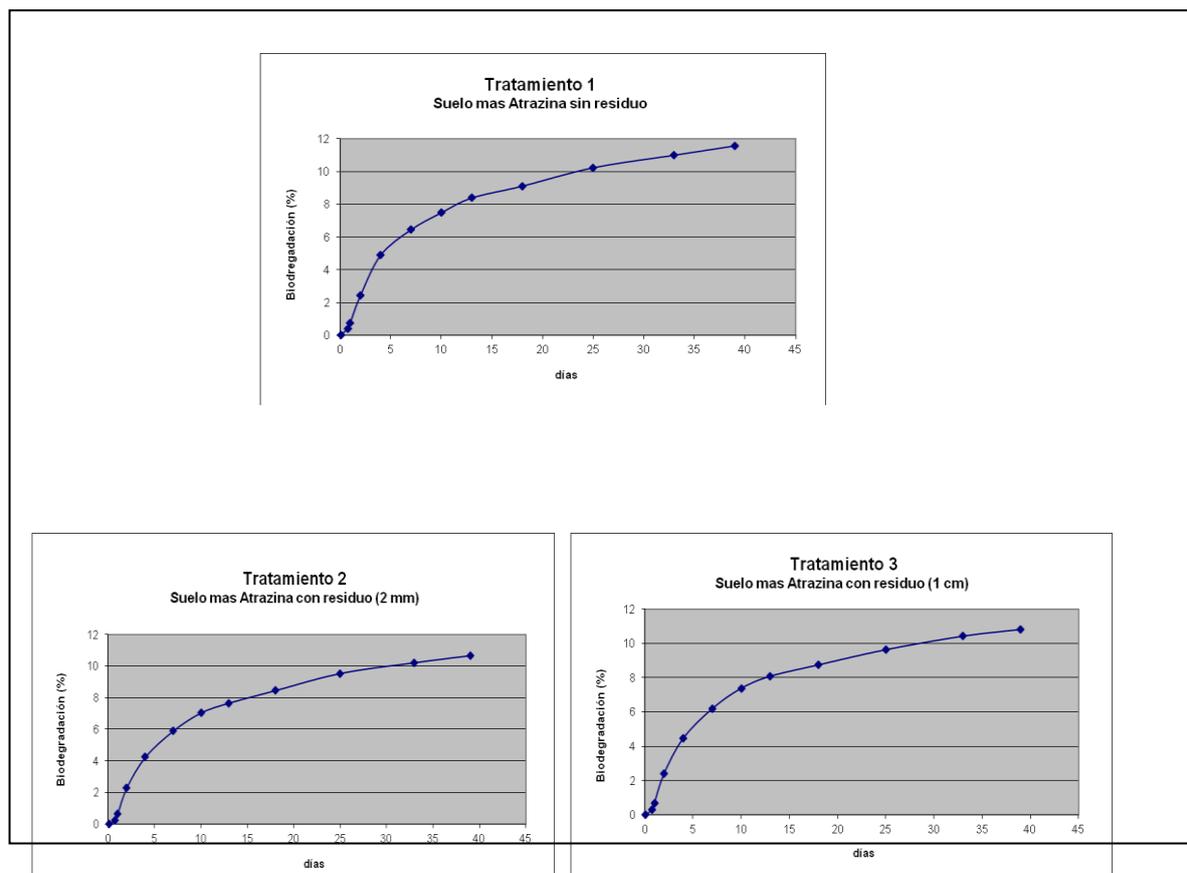


Figura 3. Biodegradación de Atrazina en suelo con y sin residuo.



Los porcentajes de biodegradación acumulada para 39 días, son de un 11.6 % para T1, un 10.7 % para T2 y un 10.8% para T3. Estos valores muestran una tendencia de mayor biodegradación con el tratamiento sin residuo de maíz. Mientras que no se observa diferencias en tratamientos con diferentes tamaños de residuo vegetal. De acuerdo a la cantidad de Dióxido de Carbono, todos los tratamientos presentan la mayor tasa de biodegradación al cuarto día desde el inicio del ensayo.

A la fecha de esta evaluación, se observa una muy lenta degradación para atrazina, siendo similar en los tres tratamientos (Figura 4).

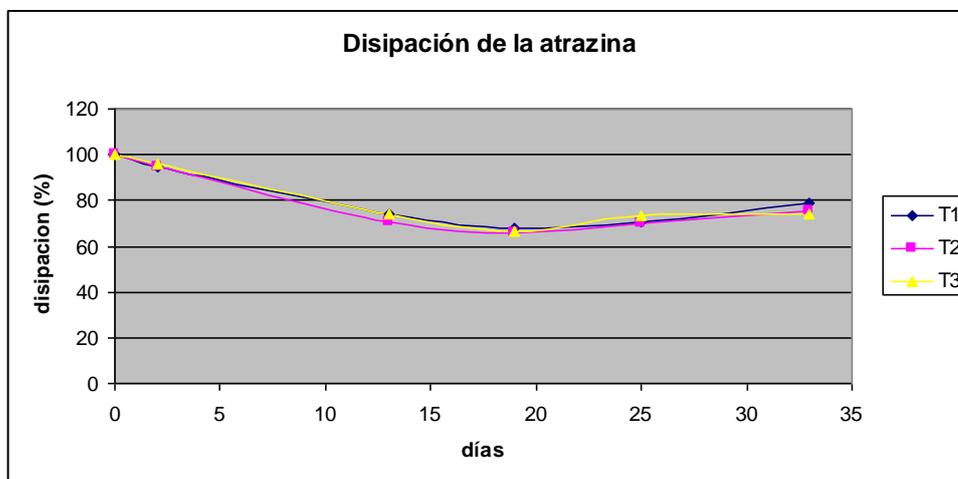


Figura 4. Degradación de Atrazina en los tres tratamientos.

Complementariamente se apoyó el Curso de Modelación en Cuencas para el análisis de riesgo en el uso de agroquímicos, organizado por CCHEN y OIEA entre el 11 al 22 de mayo de 2015, y a las alumnas Marcela González y Kathia Almonacid en la finalización de sus tesis de pre-grado.

3. Grupo Bioindicadores

La vegetación de ribera juega un rol fundamental en el mantenimiento de la biodiversidad acuática. Por este motivo se planificó evaluar la localidad del bosque de ribera para complementar con información una futura estrategia de manejo en las cuencas agrícolas. El Prof. M.Sc. Enrique Hauenstein B. de la Universidad Católica de Temuco responsable de Flora y Vegetación, contribuyó levantando información de terreno y preparando un informe



sobre Plantas Indicadoras del río Tijeral. En dos fechas de trabajo (29/12/2014 y 06/04/2015), mediante inventarios fitosociológicos se determinó la flora ribereña y acuática del río. De las 49 especies registradas, se seleccionaron aquellas con características de indicadores de condiciones ambientales. Los resultados indican la presencia de un claro predominio de las especies introducidas 27 (55,1%) sobre las nativas 22 (44,9%), lo cual refleja altos niveles de intervención antrópica del área en estudio. En cuanto a especies indicadoras de factores ambientales, del total de especies registradas, 26 (53,1%) son indicadoras de algún factor ambiental.

Se ha analizado muestras de calidad de agua en tres puntos del río Traiguen en el periodo de primavera (durante aplicación de plaguicidas) (Figura 5). En los tres puntos la calidad de agua usando macroinvertebrados bentónicos es buena (ChBMWP >100), sin embargo los valores disminuyen desde T3 (control) a T1 (parte baja de la cuenca).



Figura 5. Calidad de agua durante aplicación de plaguicidas (primavera) en los puntos de muestreo en la cuenca del río Traiguen: T1 control; T2 parte media; T3 parte baja

También se observó una disminución del número de familias de macroinvertebrados presentes desde T3 a T1 (Figura 6) lo que estaría reflejando un impacto sobre la comunidad de macroinvertebrados y por lo tanto, afectando la biodiversidad.

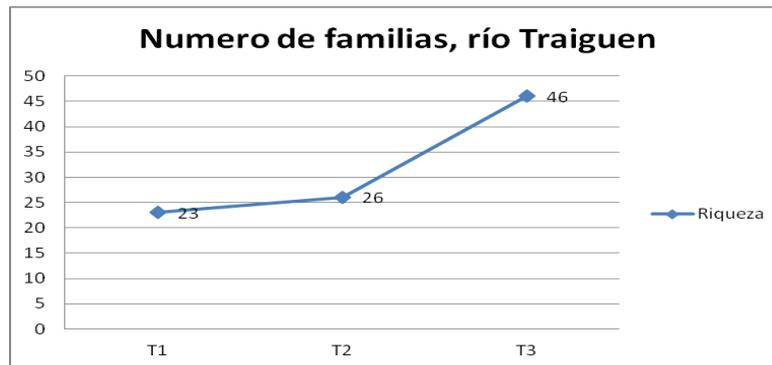


Figura 6. Número de familias (riqueza) de macroinvertebrados por punto de muestreo en el río Traiguen T1 control; T2 parte media; T3 parte baja.

La guía de identificación de macroinvertebrados acuáticos (Figura 7) es base para mantener, en el tiempo, un seguimiento del análisis taxonómico y de la calidad de agua en el río Traiguén. También contribuir a la implementación de medidas de gestión y proponer actividades con biomonitoreos participativos o comunitarios.



Figura 7. Guía de identificación Taxonómica de macroinvertebrados bentónicos Sub-cuenca río Traiguén.



4. Grupo de modelamiento

Usando el modelo Swat se obtuvo el Mapa para la cuenca río Traiguén con las áreas de drenaje que tendrían mayor incidencia respecto a los cultivos y uso de suelo (Figura 8). Se corroboró que los puntos de muestreo de agua, sedimentos y bioindicadores, representarían la condición de uso del tramo correspondiente. También se estimó con Swat el riesgo ambiental por uso de plaguicida (RQ) usando Simazine; los resultados muestran que existiría un riesgo ambiental para el punto medio de la cuenca (punto rojo en Figura 8).

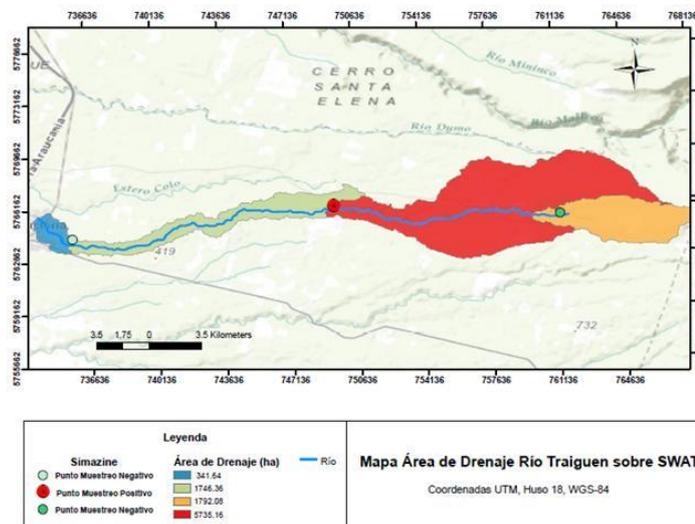


Figura 8. Mapa de áreas de drenaje y puntos de riesgo ambiental (en rojo) obtenidos usando el modelo Swat en la cuenca del río Traiguén

También se estimó el riesgo (RQ) utilizando el modelo AQUATOX. Se consideró a los invertebrados acuáticos como material biológico a modelar bajo el peor escenario. Los datos ambientales usados se muestran en Tabla 10 y los biológicos en Tabla 11.

Tabla 10. Parámetros ambientales considerados para la estimación de riesgo usando el modelo AQUATOX.



ARCAL

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

Nombre de Simulación	río Traiguén Chile	
Tipo de simulación	Sistema	Río
	Período simulación	1/1/2015
		12/31/2015
Nutrientes (mg/L)	Amonio	0
	Nitrato	0.42
	Fosfato	0
	CO2	0
	O2	11.96
Características del sitio	Nombre	Río Traiguén
	Longitud del sitio (Km)	18.49
	Superficie del área (m2)	166491
	Profundidad media (m)	0.5
	Profundidad máxima (m)	0.8
	Evaporación promedio (in./año)	20
	Latitud (grados)	-38
	Pendiente (m/m)	0.03
	Estimado en base al tipo de corriente	Río natural
	Porcentaje Riffle	60
	porcentaje pool	40
Volumen del agua	constante (m3)	83.2
	inflow constante (m3/día)	236736
Temperatura del agua	Promedio anual (°C)	12.6
	rango anual (°C)	12.1
Viento	Por defecto (m/s)	0
Luz	Fotoperiodo constante (h/día)	12
	Promedio (Ly/d)	250
	Rango luz anual (Ly/d)	100
pH del agua	pH constante	6.8
sólidos inorgánicos	NO	

Tabla 11. Valores de biomasa de los principales grupos de macroinvertebrados utilizados para la estimación de riesgo basado en el modelo AQUATOX.

Clasificación	Número	Grupo	Condiciones iniciales (g/m2 dry)
Seed Feeder	1	Chironimid	0.185
Susp Feeders	1	Daphnia	0.25
	2	Caddisfly	0.35
Grazers	1	Mayfly (Baetis)	0.33
Pred Invert	1	Odonata	0.0004
	2	Stonefly	0.0744



GRUPO BIOACUMULACIÓN, BIOENSAYOS, BIOMARCADORES Y RIESGO ECOLÓGICO:

El grupo ha trabajado en bioensayos de bioacumulación y biodegradación (ver diseño experimental Figura 9), exponiendo a *Lemna valdiviana*, plantas acuáticas endémica, al plaguicida Clorpirifos. Los resultados, apoyados con técnicas isotópicas, comprueban que el plaguicida sufre degradación; determinándose una absorción con rango entre 6,9 y 15,4 %, a las 24 y 96 horas de exposición respectivamente (Figura 10). Además bioacumulan este insecticida, determinándose en agua de río un rango entre 1,4 y 29 % a 1 y 96 horas respectivamente (Figura11). Mediante biomarcadores se comprobó que clorpirifos provoca estrés oxidativo en *Lemna valdiviana*.

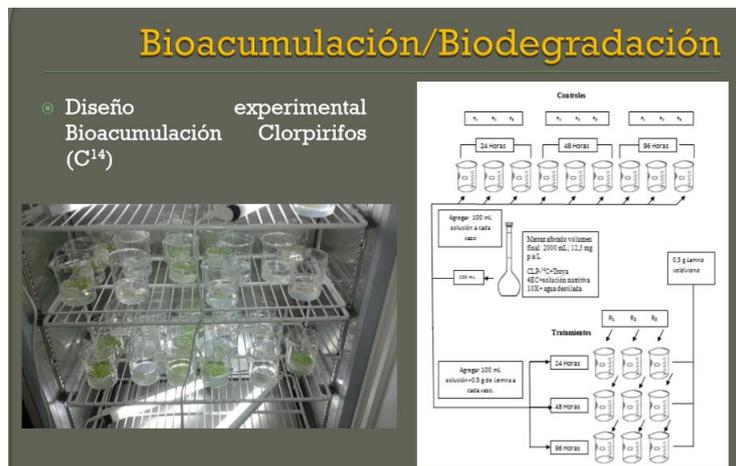


Figura 9. Diseño experimental para determinar bioacumulación y biodegradación del plaguicida clorpirifos en *Lemna valdiviana*

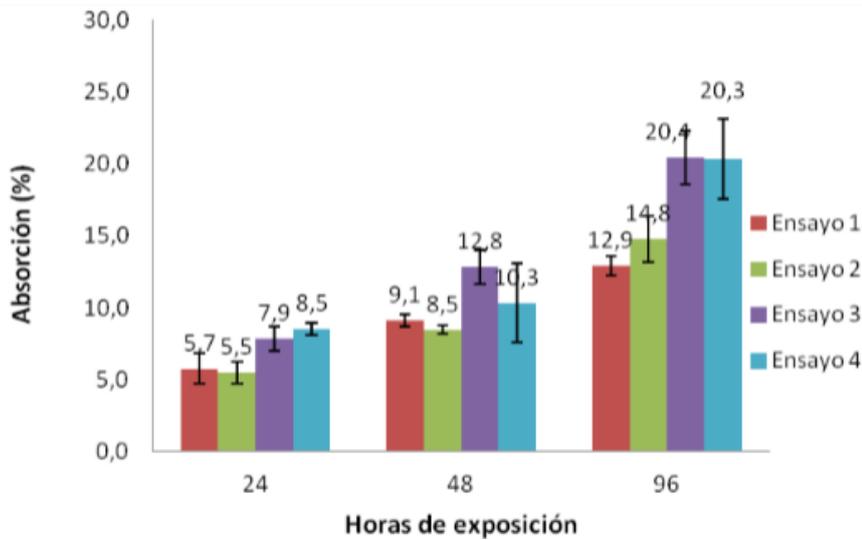


Figura 10. Porcentajes de bioacumulación de clorpirifos en *Lemna valdiviana*

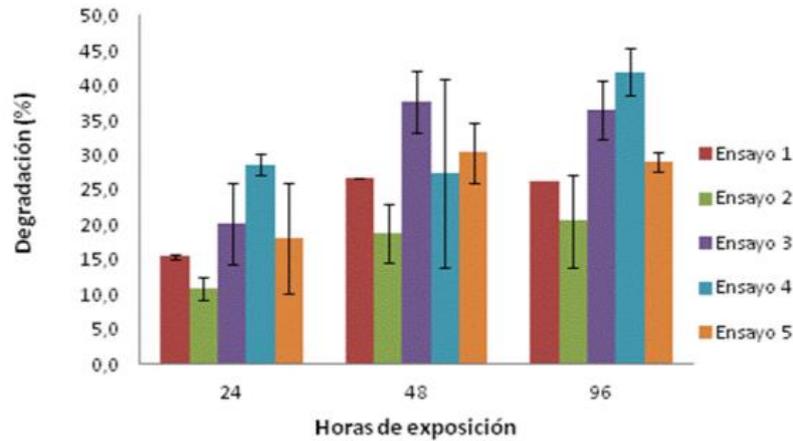


Figura 11. Porcentajes de biodegradación de clorpirifos en *Lemna valdiviana*

De igual forma se realizaron bioensayos de toxicidad exponiendo especies estandarizadas (*Daphnia magna*, microcrustaceo y *Selenastrum capricornutum*, microalga), a agua del río Traiguén, los resultados evidencian toxicidad ligera en las muestras de agua para las estaciones T1R1 y T2R1, parte media y baja de la cuenca respectivamente.



Participación en actividades según Plan de Trabajo del proyecto

Cursos:

Curso de Modelación en Cuencas para el análisis de riesgo en el uso de agroquímicos. El curso fue organizado por CCHEN y OIEA y desarrollado en Santiago entre el 11 y 22 de mayo de 2015 donde participaron representantes de 11 países. Se usó el modelo AQUATOX , cálculo del riesgo ambiental del plaguicida Simazine. Se realizó un análisis de peligro considerando vida media, Koc y toxicidad. También se usó el modelo Swatt para generar un mapa de la cuenca del río Traiguén y riesgo ambiental (RQ). Ver actividad en link <https://www.youtube.com/watch?v=9O0MLyvvVQY>

Curso Regional de Capacitación sobre Comunicación Científica del 11 al 15 de mayo de 2015 en San Carlos de Bariloche, Argentina. Participó Gustavo Venegas (CCHEN) quien posteriormente sume como encargado de grupo de comunicación. Como producto se genera un borrador de Estrategia Comunicacional País la cual fue validada por todas las contrapartes nacionales (Figura 12).

ESTRATEGIA DE COMUNICACIONES PROYECTO RLA7019 DE CHILE	
Objetivo general del proyecto: <small>Toda acción en comunicación debe estar orientada a que se cumpla el fin último del proyecto.</small>	"Desarrollar indicadores para determinar el efecto de pesticidas, metales pesados y contaminantes emergentes en ecosistemas acuáticos continentales, importantes para agricultura y agroindustria"
Diagnóstico	Existe preocupación por parte de la población en torno al uso excesivo de agroquímicos y pesticidas en cultivos de uso agrícola para la producción de alimentos de consumo y que puedan representar un riesgo para la salud; lo mismo modo la preocupación está presente en los organismos internacionales dependiente de las Naciones Unidas, como es el caso de la FAO. Como consecuencia, la población en general demanda un control más exhaustivo en torno a ello. Hay una tendencia creciente al consumo de productos orgánicos, libres de agentes químicos de todo tipo. A nivel de producción también existe una tendencia hacia la generación de este tipo de productos. La Inocuidad alimentaria y contaminación ambiental han cobrado relevancia a nivel país, tanto desde las autoridades y las entidades gubernamentales, como por parte de la población en general. <small>Fuentes: ACHIPA, SAG</small>
Objetivo general de la estrategia de comunicación: <small>La comunicación estratégica trabaja en desarrollar ideas en los mentes de las personas a las que nos interesa dirigimos.</small>	Dar a conocer, en cada una de sus etapas, los resultados del proyecto en relación a los efectos de agroquímicos y los riesgos ambientales asociados en zonas de interés agropecuario, así como el aporte del Proyecto en la mitigación de tales efectos, mediante acciones y actividades de comunicaciones dirigidos a los diversos públicos de interés.
Objetivos específicos:	Dar a conocer los avances, así como las reuniones, cursos y talleres realizados en el país y relacionados con las actividades que involucran a las entidades que forman parte del proyecto.

Figura 12. Imagen ejemplo de la Estrategia Comunicacional Chile aprobada por los integrantes de las contrapartes nacionales.

Curso “Aplicación de técnicas radiométricas y bioanalíticas en el desarrollo de biomarcadores para estimar el impacto de plaguicidas en sistemas acuáticos” realizado en el Instituto Biológico del Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Protecao Ambiental. Sao Paulo, Brasil entre el 19 de Julio y el 1 de Agosto 2015. Participaron: Ana María Parada (CCHEN) y Cesar Mattar (U. Mayor). Los participantes acuerdan proponer un tema asociado a la bioacumulación de clorpirifos radiomarcado en *Eisenia foetida* en suelos de las cuencas en estudio para ser desarrollado por un alumno como tesis de grado.



IV Curso Internacional Uso del Modelo SWAT como una Herramienta para el Manejo de Cuencas Hidrográficas C7-RLA7019. CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza), Turrialba, Costa Rica, del 14 al 24 de septiembre de 2015. Participó César Mattar (U.Mayor) donde el objetivo fue usar la herramienta ArcSWAT para modelizar cuencas Hidrográficas.

Workshop:

1. Monitoreo y bioestadística, realizado en Valdivia-Chile entre el 15 y 19 de diciembre 2014. Participaron: Jorge Nimptsch (UACH), Kathia Almonacid (UACH, Adriana Nario (CCHEN), Ana María Parada (CCHEN), Ximena Videla (CCHEN), Luis Medina (CCHEN), José Chamorro (SAG), Claudia Zamora (SAG), Rodrigo Palma (SAG) (Figura 13).

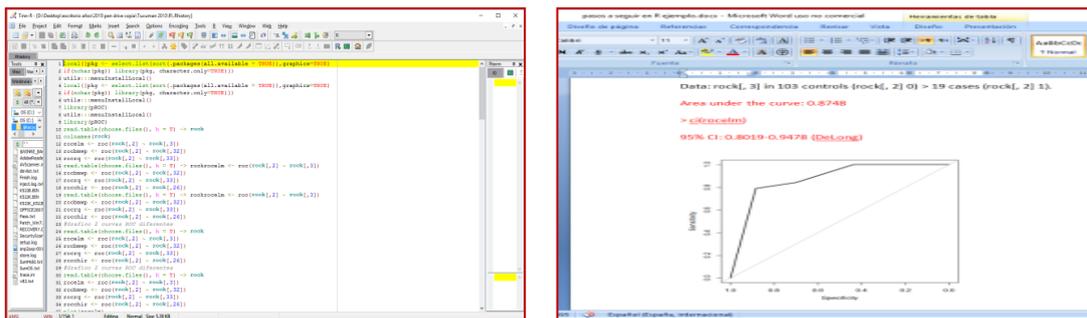


Figura 13. Programación usando software estadístico R y ejemplo de output .

2. Workshop sobre validación del índice BMWP para ríos neotropicales. Campus Universidad EARTH, Guácimo, Limón. Costa Rica del 08 al 11 de Septiembre 2015, RLA7019 (Figura 14). Asistente Rodrigo Palma (SAG).



Figura 14. Ejemplo de base de datos usada para la estandarización y validación del uso del índice BMWP para Chile

Twinning Mission:

1. Participó la Sra. Minerva Sánchez de Cuba. Actividad realizada del 6 al 12 de diciembre 2015 Valdivia. Coordinador: Patricio Henríquez (CCHEN). Se trabajó en la estandarización de las plantillas para base de datos (BD) a ser utilizadas por cada país en las distintas áreas temáticas (ver ejemplo Figura 15).

Muestra (ID)	Altrazina	Gifonato	Clorpirifos	Carbati	Tebuconazol	Diazinon
Nombre	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor
m1						
m2						
Ujeral1						
Ujeral2						
Ujeral3						
Ujeral4						
traiguén1						
traiguén2						
traiguén3						
traiguén4						

Figura 15. Plantilla para base de datos estandarizada del Proyecto RLA70/19

Misión de experto

1. Participación de la Ms. Iwona Jucha de la IAEA-Viena cuyo objetivo fue actualización de la página y a su vez implementar un nuevo módulo asociado a plantillas con metadatos, aporte de Cuba, en el sitio web de RALACA del 16 al 20 de noviembre de 2015. Coordinador de la página web: Patricio Henríquez CCHEN (Figura 16).

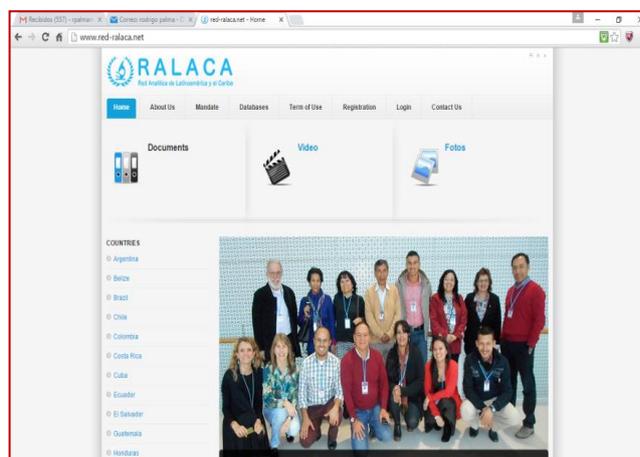


Figura 16. Página de RALACA administrada por Chile en el periodo 2015-2016.

*Actividades de difusión de los resultados obtenidos y de participación.*

Los profesionales del grupo radiotrazadores y radionúcleidos, fechación de sedimentos y el grupo de Bioacumulación, Bioensayos, Biomarcadores y Riesgo ecológico, participaron con 3 trabajos en modalidad poster para el 5° Congreso Latinoamericano de Residuo de Plaguicidas (LAPRW), realizado en Santiago de Chile entre el 10 y 13 de mayo 2015. Los títulos de los resúmenes presentados fueron:

1. Groundwater Vulnerability Assessment using two first level models - DRASTIC and Attenuation Factor Luis Medina Medina (CCHEN), Adriana Nario (CCHEN)
2. Bioaccumulation, biodegradation and ecotoxicological effects of chlorpyrifos in native duckweed specie *Lemna valdiviana.*” Kathia Almonacid (UACH), Jorge Nimptsch (UACH), Adriana Nario (CCHEN), Parada Ana Maria (CCHEN) & Rodrigo Palma (SAG).
3. Pesticide coefficient distribution in soil and the potential mobility to water bodies, using isotopic techniques Autores: Gonzalez Marcela, Nario Adriana, Parada Ana María, Videla Ximena, Henríquez Patricio, Palma Rodrigo, Copaja Sylvia.

A través de Comunicaciones a cargo del Sr. Gustavo Venegas (CCHEN) y como objetivo de la Estrategia Comunicacional Chile, durante el año 2015 se ha difundido en medios on line, la participación de profesionales en actividades a nivel nacional e internacional. Ver los siguientes links:

<http://www.catie.ac.cr/es/noticias-cambio-climatico-y-cuencas/952-se-evalua-la-contaminacion-de-cuencas-hidrograficas-en-doce-paises-de-latinoamerica>

<http://www.arcal-lac.org/index.php/es/87-news/207-investigadores-de-proyecto-arcal>

<http://www.arcal-lac.org/index.php/es/87-news/205-se-investiga-efecto-de-contaminantes-en-la-calidad-de-las-aguas>

<https://www.youtube.com/watch?v=2jtjKNIXnFE&feature=youtu.be>

http://www.cchen.cl/index.php?option=com_content&view=article&id=1043:red-analitica-de-latino-america-y-el-caribe-ralaca-la-importancia-de-compartir-capacidades-e-informacion-actualizada-de-los-laboratorios-analiticos&catid=9:noticias&Itemid=134



DIFICULTADES PROBLEMAS PRESENTADOS DURANTE LA MARCHA DE LOS PROYECTO

1. *De carácter técnico:*

- a) Problema detectado en el trabajo con plaguicidas. Después de haber realizado seguimiento y bioensayos, los efectos de los metabolitos de los plaguicidas parentales serían importantes ya que éstos están presentes en el ambiente junto a los compuestos parentales pero su toxicidad puede ser mayor. La principal dificultad se presenta al no disponer de metodologías para este tipo de detección. No se pueden separar o distinguir los efectos específicos.
- b) Por atraso en curso de capacitación programado para el año 2015 pero no ejecutado y la escasa experiencia que tiene el país en contaminantes emergentes, no se ha avanzado en la ejecución de actividades en este tema. Se espera obtener las directrices que se entregarán en el curso que se realizará en marzo de 2016 en Montevideo, Uruguay.
- c) No se ha logrado establecer un grupo de trabajo permanente y de apoyo para la labor de comunicaciones a nivel de país, perjudicando el logro del objetivo de la Estrategia de comunicaciones del proyecto. Habrían dos factores para lo anterior: a) no existe un ítem presupuestario específico (en horas profesionales e insumos), y b) no existe un vínculo formal de la contraparte con el proyecto. Por lo tanto, esta actividad sólo es ejecutada por el coordinador de comunicaciones actual.

2. *De carácter administrativo:*

- a) El compromiso asumido de participación de los profesionales de las contrapartes nacionales y que componen cada grupo temático del proyecto en Chile, aportan toda su capacidad y recursos que les permiten sus atribuciones, pero dado que los proyectos ARCAL no entregan recursos frescos, se limita el hacer frente a necesidades que se presentan como consecuencia del avance logrado en la ejecución de las actividades del proyecto. El problema radicaría en que no existe una herramienta formal (convenio o acuerdo Institucional) que vincule a los participantes (de las contrapartes nacionales), su Institución y el Organismo (OIEA).
- b) Cuando un miembro de alguna institución se distancia de sus obligaciones asumidas (voluntariamente) no existe un mecanismo formal que obligue a responder al



compromiso. Al igual que la dificultad anteriormente mencionada, el problema radicaría también, en la no existencia de una herramienta formal de vinculación al proyecto.

5. ANEXOS

Recursos aportados por el país al programa (incluye la estimación detallada según tabla de indicadores financieros en especie (Anexo 4.2).

N°	Código y Título de Proyecto	Coordinador del Proyecto	Aporte valorado en USD
1	RLA/5/064	Claudio Bravo	34350
2	RLA/5/065	Carlos Ovalle-Molina	23000
3	RLA/6/072	José Luis Rodríguez	6100
4	RLA/6/074	Silvia Lagos	250000
5	RLA/6/075	Carmen Orellana	7500
6	RLA/7/016	Evelyn Aguirre	12500
7	RLA/7/018	José Luis Arumí	0
8	RLA/7/019	Rodrigo Palma	39550
	Total		USD 373.000.-



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 APORTE 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	
7. Creación y/o actualización de Base de Datos	Hasta EUR 5.000	
8. Gastos locales por Sede de Reuniones de Coordinación Técnica (OCTA)	EUR 50.000 por semana	
9. Envío de reactivos, fuentes radioactivas, radioisótopos, otros materiales	Hasta EUR 5.000	
10. Realización de servicios (p.ej. irradiación de materiales)	Hasta EUR	



ARCAL

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

	5.000	
11. Tiempo trabajado como Coordinador Nacional y su equipo de soporte	Máximo EUR 1.500 por mes	
12. Tiempo trabajado como DTM	Máximo EUR 700 por mes	
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	
15. Aportes en la ejecución de cada Proyecto comprendiendo los siguientes puntos: <ul style="list-style-type: none">• Viáticos interno/externo• Transporte interno/externo	Máximo EUR 7.500/proyecto	
16. Gastos del país para el proyecto (infraestructura, equipo, etc.)	Máximo EUR 10.000	
TOTAL		

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