



DEPARTAMENTO DE APLICACIONES NUCLEARES

Jefe del Departamento: **Ing. Oscar Durán P.**
oduran@cchen.cl

Objetivos

Realizar y fomentar la investigación y desarrollo de los usos y aplicaciones pacíficas de la energía nuclear y tecnologías afines, promoviendo la innovación tecnológica e impulsando la transferencia de estas tecnologías y sus resultados a los sectores productivos y de servicios del país.





SUB DEPARTAMENTO REACTORES

Jefe del Sub Departamento: **Ing. Julio Daie M.**

jdaie@cchen.cl

Objetivos

Operar en forma segura y eficiente los reactores nucleares de investigación mediante el desarrollo de capacidades y personal capacitado, con el fin de utilizar los instrumentos e instalaciones que usan los neutrones directamente en el núcleo del reactor o en el área experimental y prestar los servicios de irradiación de materiales, satisfaciendo los requerimientos internos y externos a la institución.

Promover el conocimiento de los reactores nucleares experimentales y su utilización en investigación y docencia a nivel nacional.

Líneas de trabajo

- Operación del reactor nuclear de investigación RECH-1 ubicado en el Centro de Estudios Nucleares La Reina, y mantenimiento del reactor RECH-2, ubicado en el Centro de Estudios Nucleares Lo Aguirre.
- Cálculos neutrónicos y termohidráulicos para apoyar la operación de los reactores.
- Medición del quemado de elementos combustibles.
- Irradiación de materiales para la producción de radioisótopos para uso en medicina e industria,
- Servicios de irradiación con neutrones de materiales para efectuar análisis por activación neutrónica, para ser utilizados como trazadores, efectuar dataciones en geocronología, etc.

Resultados relevantes del período

Durante el año 2010 el reactor RECH-1 operó de acuerdo al programa establecido y acordado con el Laboratorio de Producción de Radioisótopos, principal usuario del reactor. En este período se realizó 53 ciclos de operación generándose un total de 4.999 MWh, lo que representa un consumo aproximado de 256 gramos de ^{235}U . La operación del RECH-1 se encuentra certificada bajo la norma ISO 9001-2008.

El programa de operación 2010, incluyó el día sábado 27 de febrero, fecha del terremoto que afectó a gran parte del país. En dicho evento los sistemas de seguridad del reactor funcionaron de acuerdo a lo esperado, apagando el reactor al alcanzarse la aceleración sísmica de parada sin





provocar daños; posteriormente el apagón general (black-out) provocó la caída de los demás sistemas, incluyendo el de refrigeración del núcleo. En tanto, el reactor nuclear RECH-2, que se encuentra en estado de parada prolongada, tampoco sufrió daños.

También, durante 2010 se renovó la Autorización de Operación del RECH-1 para el período 2011-2014 de parte del Departamento de Seguridad Nuclear y Radiológica (DSNR). Igualmente el DSNR renovó las Autorizaciones de Operación para el staff de operación del RECH-1(9 profesionales), para el período 2011-2013.

Durante el mes de febrero, se despachó con destino a Estados Unidos, vía marítima, la última carga de elementos combustibles de alto enriquecimiento de los reactores chilenos. Esta acción se realizó en conjunto con el Departamento de Energía de EE.UU. contribuyendo a la seguridad, ya que sin dejar de realizar las tareas propias de la CCHEN, Chile está libre de materiales de Uranio de alto enriquecimiento.

El origen de este embarque se remonta a 1978 cuando, para reducir el peligro de proliferación de armas nucleares, los Estados Unidos inician el programa de Reducción de Enriquecimiento para Reactores de Investigación y Ensayos (Programa RERTR) que tiene como objetivo convertir el uso de uranio altamente enriquecido al uso de uranio de bajo enriquecimiento (<20% en U-235). El envío de 2010 incluyó:

- 40 elementos combustibles HEU (45%) del reactor RECH-1. Elementos gastados, con un total de 13.691,14 g de Uranio y 4.350,74 g de ^{235}U .
- 29 elementos combustibles y 36 placas HEU (90%) del reactor RECH-2. Elementos levemente gastados (-0,2% promedio), con un total de 4.652,07 g de Uranio y 4.172,70 g de ^{235}U .

El sistema instalado en el núcleo del reactor RECH-1, que tiene la capacidad de mantener girando una muestra de manera continua mientras se está irradiando con neutrones, prestó servicios de irradiación de manera rutinaria. Esta instalación se utilizó para irradiar 9 conjuntos de muestras geológicas del Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN).

Para el Laboratorio de Producción de Radioisótopos se irradió 693 blancos, la mayoría de ellos con el propósito de producir $^{99\text{m}}\text{Tc}$ y ^{131}I ; sin embargo, también se irradiaron blancos para producir otros radioisótopos también empleados en aplicaciones en medicina tales como: ^{153}Sm , ^{192}Ir , ^{64}Cu , ^{32}P .





Para el Laboratorio de Trazadores se irradió una diversidad de materiales blancos que fueron utilizados como trazadores en estudios para la industria y la minería.

Para el Laboratorio de Análisis por Activación Neutrónica se dio cumplimiento a la irradiación de 126 cápsulas. Además por el sistema neumático (Rabbit) se le irradió 1.236 blancos representando 1.780 muestras.

En el programa de seguimiento de cuatro elementos de bajo enriquecimiento (denominados elementos líderes), introducidos en el núcleo del reactor RECH-1 con el objeto de conocer su comportamiento en función del quemado (fracción de ^{235}U fisionado), los dos últimos identificados como LR03-L y LR04-L alcanzaron en septiembre de 2010, en promedio, un quemado del orden del 50% de ^{235}U , cumpliendo así el objetivo inicial de quemado por lo cual se retiraron del núcleo a mesas de decaimiento.

Continuó en el núcleo del reactor el elemento experimental LR EX 01, alcanzando un quemado del orden de 10,5% (a septiembre 2010), se le realizaron las pruebas programadas de medición de gap hidráulico, sipping e inspección visual, no detectándose problemas.

Durante el año 2010 se completó la asignación de dosímetros digitales para toda la dotación del Sub Departamento Reactores; estos instrumentos de protección radiológica ayudan a la vigilancia tanto del personal del reactor como de visitas externas.

Participación internacional

- Proyecto Regional ARCAL RLA/0/037 "Supporting a Sustainable Increase in the Use of Research Reactors in Latin American and Caribbean Region through Networking, Exchange of Experiences, Knowledge Preservation and Training of Human Resources" (ARCAL CXIX).
- Proyecto Regional ARCAL RLA/4/020: "Engineering of Casks for the Transport of Spent Fuel from Research Reactors"; proyecto en el que se asistió a la campaña de pruebas del modelo fabricado.





Publicaciones Internacionales

- **J. Medel**, L. Ahumada, R. Schrader, **O. Durán**. "Radioactive wastes from fission ^{99}Mo production using LEU" IAEA Technical meeting on developing techniques for small scale indigenous Mo-99 production use LEU fission or neutron activation. Santiago, Chile. 9 - 12 noviembre 2010.

Informes internos

- Informe Anual de la Operación del Reactor RECH-1, Año 2010. J. Medel, Sub Departamento Reactores, Departamento Aplicaciones Nucleares, CCHEN
- Informe de Calidad de Agua del Reactor RECH-1 durante el Año 2010. R. Crispieri, Sub Departamento Reactores, Departamento Aplicaciones Nucleares, CCHEN.





SECCIÓN SALUD Y ALIMENTOS

Jefa de la Sección: **Ing. Paulina Aguirre H.**

paguirre@cchen.cl

Objetivos:

Investigar, desarrollar, aplicar y promover el uso de fuentes intensas de radiación gamma con fines de realizar radioesterilización, tratamiento cuarentenario, apoptosis celular, desinfección, reducción de carga microbiológica e inhibición de brotes, entre otros.

Líneas de trabajo:

- Investigación y desarrollo de nuevas aplicaciones de la energía ionizante proveniente de fuentes emisoras de radiación gamma.
- Asesoría y servicios de irradiación a una amplia gama de productos, tales como tejidos biológicos (piel humana, piel de cerdo, membrana amniótica, hueso humano y hueso bovino), material médico quirúrgico, componentes sanguíneos, alimentos, productos agrícolas, materias primas para la industria farmacéutica y cosmetológica, etc. Los productos se tratan en irradiadores experimentales de Co-60 y Cs-137. También se realizó dosimetrías para determinar las dosis exactas, control y certificación de las dosis aplicadas.

Resultados Relevantes del Periodo

Conjuntamente con el Instituto de Ciencia y Tecnología de Puerto Montt, Universidad Arturo Prat (UNAP), se ha continuado desarrollando el tema "Obtención de haploides por medio de irradiación para la obtención de orquídeas en el sur de Chile". Durante este período se ha trabajado en la replicación de los logros obtenidos que son la obtención de semillas con embrión, con dosis de irradiación pequeñas, para iniciar la germinación simbiótica.

Junto con la Facultad Tecnológica del Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, de la Universidad de Santiago de Chile, (USACH), se ha continuado desarrollando estudios combinando la irradiación con otras técnicas, como golpe de frío, para la prolongación de la vida útil en alimentos, tales como ciboulette, champiñones, y frambuesas; en películas comestibles (coberturas) se ha continuado estudiando los efectos de la irradiación en la formación de su estructura (crosslinking).

En el desarrollo del proyecto INNOVA BIOBIO: "Creación de la primera variedad ornamental y frutal chilena por medio de la biotecnología vegetal y mutagénesis inducida por radiación





gamma", que se realiza en conjunto con las empresas Agrícola Vitroagro Ltda., se ha irradiado los primeros brotes de rhododendro con diferentes dosis para formar nuevas especies in vitro.

Durante este período se ha continuado con las actividades del proyecto ARCAL, RLA/6/062, "Consolidating Tissue Banks in Latin America and Radiation Sterilization of Tissue Allografts" (ARCAL CVIII) aprobado por el OIEA para el período 2009-2011 y que persigue incrementar el uso de tejidos radioesterilizados en Chile y otros países de la región, generando estándares regionales de calidad, y procurando el control sistemático de los Bancos de Tejido que funcionan en hospitales y clínicas.

En 2010 se presentó al OIEA el Proyecto Coordinado de Investigación: "Study and Optimization of Irradiation Conditions in Bones, Causing Minimal Structural Damage and Determination of Expiration Time of Irradiated Skin Tissue Preserved at Refrigeration Temperature", aprobándose la participación de la Sección a partir de 2011.

Los tres profesionales de la Sección exponen temas relativos a irradiación, dosimetría y Bancos de Tejido en el simposio "Bancos de piel y membrana amniótica" efectuado en el marco del VI Congreso Chileno de Quemaduras, realizado en Santiago entre el 11 y el 13 de agosto.

Durante 2010 se entregó servicio de irradiación de sangre y hemoderivados a 27 hospitales y clínicas de Santiago, entre éstos: Hospital Barros Luco, Voluntariado de Ontología Infantil, Hospital de Carabineros, Hospital Dr. Exequiel González, Hospital Clínico San Borja, Clínica Alemana, Clínica Santa María, etc. En total se irradió 8.553 lotes (o cargas) con un total de 17.080 unidades de glóbulos de 350 ml c/u (5.978 L), 40.822 unidades de plaquetas de 60 ml c/u (2.449 L) y 2.361 unidades de concentrado plaquetario de 400 ml c/u (944 L).

En este período se procesó y esterilizó por radiación gamma 7 lotes de piel humana (correspondientes a 7 donantes), obteniendo un total aproximado de 19.400 cm² de tejido; y 44 lotes de piel de cerdo, produciendo aproximadamente 59.400 cm². También fueron irradiadas 4 calotas de hueso humano para reimplante. Durante este año, además, se ha dado servicio de irradiación y aseguramiento de esterilidad para tejidos biológicos a la empresa CENPROTEB.

Durante el año se trató con radiación ionizante diversos productos tales como productos farmacológicos, alimentos, suelos, alimentos para ratas, gusano de tebo para exportación, baba de caracol, etc.





El Servicio de Irradiaciones mantuvo en 2010 la certificación en ISO 9001:2008.

Los ingresos por prestación de servicios de la Sección se distribuyen porcentualmente de acuerdo a los siguientes valores:

Irradiación de	%
Sangre y hemocomponentes	56,6
Tejidos Biológicos	17,8
Materiales de Laboratorios Químicos	10,8
Gusanos de Tebo	6,5
Implantes	5,2
Baba caracol	0,6
varios	2,5
TOTAL	100,0

Participación en Proyectos:

Proyecto regional RLA/6/062 "Consolidation of tissue banks in Latin America and radiation sterilization of tissue allografts", aprobado por el OIEA para el período 2009-2011 y en el cual la CCHEN participa activamente en el desarrollo de normas y estándares para la obtención, procesamiento, radioesterilización y uso de tejidos biológicos.

Publicaciones Internacionales

- M.P. Junqueira-Gonçalves, C. Rodriguez, A. Tapia, X. Valenzuela, M.J. Galotto, **P. Aguirre**. "Use of edible film and gamma irradiation as combined technologies to increase shelf life of fresh strawberries". 4th Shelf Life International Meeting - SLIM 2010. Zaragoza, España. 23-25 junio 2010. (PN 27).
- G.C. Olivares, M.P. Junqueira-Gonçalves, A. Tapia, X. Valenzuela, **H. Zárate**. "Use of gamma irradiation to influence crosslink on protein edible coating". 17th International Microscopy Congress (IMC 17), Rio de Janeiro, Brasil. 19-24 septiembre 2010.





SECCIÓN AGRICULTURA

Jefe de la Sección: **Ing. Adriana Nario M.**

anario@cchen.cl

Objetivos

Investigar y desarrollar estudios agroambientales de evaluación de cultivos, de manejo de suelo, agua y nutrientes, y de degradación de plaguicidas; utilizando técnicas isotópicas y convencionales, para resolver interrogantes de producción, básicas para lograr un medio agro ecológico sustentable y rentable.

Líneas de Trabajo

- Evaluación de la absorción de fertilizantes nitrogenados y de actividad radicular en frutales y cultivos anuales.
- Evaluación de la absorción de fertilizantes fosfatados y de actividad radicular en frutales y cultivos anuales.
- Estudios de adsorción, desorción, degradación y vida media de plaguicidas en muestras de suelos.
- Ensayos Mineralización, inmovilización de nitrógeno (MIT) en suelos.
- Medición de tasas de redistribución de suelo por técnica de espectrometría gama.

Resultados destacables del período

La Sección se ha caracterizado en ejecutar proyectos integrando a diferentes contrapartes, destacando al Servicio Agrícola y Ganadero (SAG, Sub Departamento de Química Ambiental y Alimentaria), Universidad de Chile (Facultad de Agronomía). El año 2010, además, se firmó un Convenio de trabajo CCHEN - INDAP - ODEPA como cooperación en el marco del proyecto RLA5052 que busca promover el uso eficiente de fertilizantes nitrogenados (primera etapa) entre los pequeños agricultores participantes del proyecto, determinando planes de fertilización eficaces y eficientes.





Micro-parcelas establecidas luego de la segunda dosis de fertilizante nitrogenado.

Durante el año 2010 la Sección Agricultura, ha continuado su participación en el proyecto Regional RLA/5/053 "Implementación de un Sistema de Diagnóstico para Evaluar el Impacto de la Contaminación por Plaguicidas en los Compartimentos de Alimentos y Ambientales a Escala de Captación en la Región de América Latina y el Caribe".

Con la técnica isotópica de ^7Be se han evaluado las tasas de redistribución de suelos (erosión) asociada con el efecto de establecimiento de las viñas, ya sea en sentido de la pendiente o en terrazas. Así, se ha visto que plantaciones en terrazas presentan menores tasas de erosión ($0 - 75,8 \text{ t ha}^{-1}$) que en viñas plantadas en el sentido de la pendiente ($2,1 - 81,1 \text{ t ha}^{-1}$) en un año. La pérdida de suelo por efecto de la lluvia va asociada a la pérdida de nutrientes, carbono orgánico y movimiento de productos químicos como los plaguicidas fuertemente asociados a las partículas de suelo.



Viñas establecidas en laderas con pendiente de 22%, VI Región.

Para ello, se ha realizado análisis de obtención de parámetros cinéticos de plaguicidas necesarios para conocer el comportamiento y asociatividad de las moléculas al suelo. Los estudios recomiendan utilizar coberturas vegetales entre hileras que disminuyan el efecto de la gota de lluvia y con ello el movimiento del suelo en laderas hacia cursos de agua.



Toma de muestra de suelo para análisis de plaguicidas.

La aplicación de programas como PIRI, índice referencial de comportamiento de plaguicidas y potencial riesgo de contaminación de aguas, ha permitido estimar cualitativamente esta probabilidad y así priorizar el plaguicida a ser estudiado en cuanto a los parámetros cinéticos en suelo.



Metodología de extracción QUECHERS para plaguicidas en suelo.



Método de muestreo de suelo (no disturbador) para medición de erosión y movimiento de nutrientes y pesticidas asociado al suelo.

Para mantener la calidad de Centro designado ARCAL, la Sección Agricultura participó en la Ronda Internacional de Análisis Vegetal (Internacional Plant-Analytical Exchange) en Nitrógeno Total, organizado por la WEPAL (Wageningen, Holanda) con la colaboración de la Unidad de Ciencias del Suelo de la FAO/OIEA Laboratorios de Biotecnología y Agricultura, destacándose por presentar resultados dentro de la distribución normal de resultados.

Además participó en la Intercomparación IAEA Cu-2009-3, en muestra de suelo y aguas con radionuclidos naturales y artificiales, con muy buenos resultados en Ac-228, Bi-214, Cs-137, K-40, Pb-210 y Pb-214 para matriz suelo, destacando la capacidad profesional en el tratamiento de muestras y análisis de resultados y corroborando la sensibilidad analítica de la instrumentación existente.

La Sección participó en 12th Congreso Internacional de pesticidas (IUPAC) donde se presentó un trabajo "Reliability of available environmental fate data (Kd and Koc) for pesticide risk assessment in Latin America" elaborado con resultados bajo el proyecto RLA/5/053, de 4 países, el cual fue premiado con el Segundo lugar en la temática "Environmental Fate and Safety Assessment-Ecological Risk Assessment".



Dos profesionales de la Sección participaron en el taller organizado por la Joint IAEA/FAO Inter-Regional Workshop on Integrated Analytical Approach to Monitor Good Agricultural Practice, en la cual se presentó el estado actual de avance del proyecto, evaluación de las necesidades de los países relacionado con el intercambio de metodologías de análisis de laboratorio y de campo.

Con el fin de difundir las líneas de acción, la Sección organizó una conferencia informativa en la Facultad de Agronomía de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, en la cual se informó de los estudios sobre técnicas nucleares en la agricultura, donde se expuso ante medio centenar de ingenieros agrónomos, ambientales y alumnos de pre-grado de Agronomía.
(http://www.ucv.cl/p4_extension/site/pags/20100909172942.html).

Dentro de esta misma área de difusión y transferencia de conocimientos, se está desarrollando 2 tesis de pre-grado de la carrera Químico Ambiental de la Universidad de Chile.

Participación internacional

- Proyecto Coordinado de Investigación OIEA (CRP 14084) "Integrated Analytical Approaches to Assess Indicators of the Effectiveness of Pesticide Management Practices at the Catchment Scale", apoyado por la FAO/IAEA, donde junto a Chile participan Argentina, Brasil, Bulgaria, China, Colombia, Costa Rica, Ecuador, India, Kenya. En este proyecto la CCHEN integra una red de laboratorios capaces de establecer indicadores para estimar la efectividad de las Buenas Prácticas Agrícolas a nivel de campo.
- Proyecto Regional RLA5053 "Sistema diagnóstico para estimar el impacto de contaminación de pesticidas en alimentos y ambiente a nivel de cuencas en la Región Latino Americana y el Caribe" (2009/2011). En el cual CCHEN es Coordinador regional y expone los resultados y experiencias de sus estudios para implementar un sistema de diagnóstico para evaluar el efecto de la aplicación de las Buenas Prácticas Agrícola (BPA, GAP) a nivel de cuenca, utilizando el apoyo de las técnicas de laboratorio y las capacidades en el análisis de residuos de pesticidas.
- Proyecto Regional (RLA5052) (2010-2012), "Mejoramiento de la fertilidad de suelos y manejo de cultivos para lograr una producción de alimentos de manera sustentable y mejorar los ingresos en los agricultores de escasos recursos", en el cual la CCHEN mediante un convenio con INDAP y ODEPA, ambos del ministerio de Agricultura, se busca promover el uso eficiente de fertilizantes nitrogenados (primera etapa) entre los pequeños agricultores participantes del proyecto, determinando planes de fertilización eficaces y eficientes.





Publicaciones Internacionales

- **A. Nario.** "Modeling the environmental impact of pesticides and soil Erosion Vineyards. Preliminary results for the Apalta Region of Chile". V Workshop Dottorato di Ricerca in Chimica Biochimica ed ecologia degli antiparassitari e degli xenobiotici. January 18-19, 2010. University of Milan and the Catholic University of the Sacred Heart. Milan, Italy. Final PhD thesis defense.
- **A. Nario, E. Capri, M. Balderacchi, A. M. Parada, X. Videla, I. Pino.** "Estimación de riesgo de aplicación de pesticidas mediante dos modelos de aproximación". 16º Congreso Internacional de Conservación de Suelo (ISCO). Santiago, Chile. 8 - 12 de noviembre 2010.
- **X. Videla, I. Pino, A. Nario, A. M. Parada, D. Walling, W. Luzio, M. Casanova, O. Seguel.** "Estimación de la erosión (^{7}Be) en viñas (VI Región) bajo dos sistemas de manejo y el impacto sobre los pesticidas". 16º Congreso Internacional de Conservación de Suelo (ISCO). Santiago, Chile. 8 - 12 de noviembre 2010.
- **A. M. Parada, A. Nario, X. Videla, I. Pino, D. Potenza, O. Moll, W. Luzio, M. Casanova, O. Seguel** "Determinación de las isotermas de adsorción de Clorpirifos en tres suelos de la VI Región-Chile". 16º Congreso Internacional de Conservación de Suelo (ISCO). Santiago, Chile. 8 - 12 de noviembre 2010.
- M. Casanova, O. Seguel, M. Traub, **A. Nario, A. M. Parada, X. Videla, F. Colil.** "Emulsiones orgánicas y Mulch como control de erosión de un suelo en ladera cultivada con vid, VI Región de Chile". 16º Congreso Internacional de Conservación de Suelo (ISCO). Santiago, Chile. 8 - 12 de noviembre 2010.
- O. Seguel, M. Casanova, H. Villarroel, G. Gajardo, **A. Nario, X. Videla, A. M. Parada.** "Protección de laderas de cerro posterior al descepe basada en el uso de una emulsión orgánica". 16º Congreso Internacional de Conservación de Suelo (ISCO). Santiago, Chile. 8 - 12 de noviembre 2010.
- **A. Nario, X. Videla, T. Cáceres, R. Pastor, E. Carazo, J. Matarrita, B. Maestroni, I. Ferris, R. Kookana, J. Guerrero.** "Reliability of available environmental fate data (K_d and K_{oc}) for pesticide risk assessment in Latin America". 12th Congreso Internacional de pesticidas (IUPAC), 4-8 Julio 2010, Melbourne, Australia.



Informes Técnicos

- Informe de Avance de Proyecto CRP 14084 (Año III). Octubre 2010. SA-CCHEN.
- Informe Anual ARCAL RLA5053. Enero 2010. SA-CCHEN.
- Informe de Caracterización de Suelos. Octubre 2010 Sección Agricultura (SA)-CCHEN, UCH.





SECCION INDUSTRIA Y MEDIO AMBIENTE

Jefe de la Sección: **Ing. Francisco Díaz V.**
fdiaz@cchen.cl

Objetivos

Investigar, desarrollar, aplicar y promover metodologías que, utilizando los isótopos como trazadores, contribuyan al conocimiento y estudio de procesos naturales, industriales y mineros.

Líneas de trabajo:

- Utilización de compuestos radiactivos, químicos, de color, fluorescentes y otros para el desarrollo de técnicas de aplicaciones de trazadores en estudios de procesos fluidodinámicos industriales y naturales.
- Prestación de servicios, en técnicas ya desarrolladas tales como: determinación de tiempos de residencia o de tránsito en diversas instalaciones industriales; medición de velocidades y de caudales en hidrología superficial y subterránea.
- Estudio de corrientes naturales superficiales y subterráneas para determinación de caudales en canales o ríos, lugares de filtración en embalses y piscinas, interconexiones entre diversos cuerpos de aguas, velocidades de aguas subterráneas, etc.
- Caracterización de emisarios submarinos, determinando los coeficientes de dilución inicial y de dispersión que presentan estos sistemas de tratamiento de aguas servidas.
- Utilización de fuentes selladas de neutrones y gamma en la industria petroquímica, para medición de interfaces y funcionamiento de torres de destilación.

Resultados Relevantes del Periodo:

Durante 2010 se realizó prestaciones de servicios de Aplicación de Trazadores y de Técnicas Nucleares, en empresas mineras e industriales, lo que generó ingresos totales para la CCHEN de un monto aproximado de \$134.000.000. Estos trabajos implican la colaboración de interna de varias unidades, pues a menudo se irradian los trazadores en el reactor RECH-1. Entre los usuarios de las técnicas de trazadores estuvieron importantes empresas mineras como División Andina de CODELCO, División El Salvador de CODELCO, Outotec Ltda., Minera Collahuasi, Compañía Minera Los Pelambres.

También se ejecutó las actividades del primer año del proyecto Fondecyt 1100854 del año 2010 "MODELLING OF FLOTATION CIRCUITS FOR PLANT OPERATIONAL ANALYSIS"; éste se realiza junto al Departamento de Procesos Químicos de la Universidad Técnica Federico Santa María y la División El Teniente de CODELCO.





En el Proyecto de Investigación Coordinado (CRP) del OIEA denominado "Evaluation and Validation of Radioisotope Generators-based Radiotracers for Industrial Applications", se realizó actividades de evaluación de un Generador de Germanio-68-Galio-68 aportado por el OIEA para aplicaciones como trazador.

Participación internacional

- Proyecto de Investigación Coordinado (CRP) con OIEA denominado "Evaluation and Validation of Radioisotope Generators-based Radiotracers for Industrial Applications" en el cual la Sección evalúa un Generador de Germanio-68 - Galio-68 para aplicaciones como trazador.

Participación nacional

- Proyecto Fondecyt 1100854 del año 2010 "MODELLING OF FLOTATION CIRCUITS FOR PLANT OPERATIONAL ANALYSIS" con la Universidad Técnica Federico Santa María y la División El Teniente de CODELCO Chile, en el área de aumento de la productividad industrial y de la competitividad. CCHEN aplica las técnicas de radiotrazadores para el estudio de circuitos de flotación.

Publicaciones Internacionales

- Yianatos, J., Contreras, F., **Díaz, F.** "GAS holdup and RTD measurement in an industrial flotation cell". Minerals Engineering 23 (2010). 125-130.
- **Díaz F.**, Yianatos J. "Residence time distribution in large industrial flotation cells". Atoms for Peace. Vol. 3 N° 1, 2010.
- Yianatos, J., Bergh, L., Vinnett, L., Contreras, F., **Díaz, F.** "Flotation rate distribution in the collection zone of industrial cells". Minerals Engineering 23 (2010). 1030-1035.
- J.B. Yianatos, L.G. Bergh, F.A. Contreras, **F. J. Díaz.** "A Novel Diagnosis and Evaluation for Flotation Plants". XXV International Mineral Processing Congress, IMPC 2010. Brisbane, Queensland, Australia, 6-10 September 2010.
- Pedro Morales, Hernán Elgueta, Carlos Torres, Juan Yianatos, Luis Vinnett, **Francisco Díaz.** "Hydrodynamic and Metallurgical Characterization of Flotation Cells in a Molybdenum Plant". VII International Mineral Processing Seminar, PROCEMIN 2010. Santiago, Chile. 8-10 December 2010.





Informes Técnicos

- Asesoría Técnica en Limpieza de Tubería de Concentrado N° 3 desde Concentradora a Planta de Filtros División Andina, CODELCO Los Andes, V Región. Mayo 2010.
- Determinación de la Distribución de Tiempos de Residencia en Líneas A, B Y C del Circuito de Flotación Rougher de Minera Collahuasi, utilizando Trazadores Radiactivos. Julio 2010.
- Caracterización de Flujos de Aguas Subterráneas en Pozos Experimentales del Sector Mina Damiana, de División El Salvador de CODELCO Chile, Mediante Ensayos de Dilución de Trazador en Pozo Único e Interconexión. Mayo 2010.
- Estudio de Interconexión de Aguas Subterráneas en Pozos Experimentales de Sector Mina Damiana, de División El Salvador de CODELCO Chile, Mediante Tritio como Radiotrazador. Julio 2010.
- Mediciones de Humedad Mediante Medidor Neutrónico Hidroprobe 503 Dr en Salar de Punta Negra, encargado por el Centro de Ecología Aplicada, para Compañía Minera Escondida Limitada. Informe de Avance N° 1. Agosto 2010.
- Distribución de Tiempos de Residencia de los Circuitos de Flotación Rougher y Scavenger; y Remolienda de Minera Los Pelambres, con Procesamiento de Mineral de 175.000 Tpd, utilizando Trazadores Radiactivos. Septiembre 2010.
- Distribución de Tiempos de Residencia de los Circuitos de Flotación Rougher y Scavenger; y Remolienda de Minera Los Pelambres, con Procesamiento de Mineral Nominal de 200.000 Tpd, utilizando Trazadores Radiactivos. Diciembre 2010.





SECCIÓN METROLOGÍA QUÍMICA

Jefe de Sección: **Qco. Oscar Andonie Z.**

oandonie@cchen.cl

Objetivo

Fortalecer la investigación y desarrollo de la química analítica en ámbitos tales como los materiales de interés nuclear, materiales biológicos, el medioambiente y la ciencia de los materiales, otorgando soporte técnico a organismos nacionales para la obtención de resultados analíticos confiables y contribuir a que los laboratorios eleven sus estándares analíticos.

Líneas de Trabajo

- Operación de la facilidad de análisis por activación neutrónica del Reactor Nuclear de Investigación RECH-1, para determinación de elementos traza en muestras de origen biológico (vegetales, marinos, tejidos humanos y de animales), geológico (suelos, sedimentos, minerales), medioambiental (material particulado, alimentos), cerámicas arqueológicas y muestras de procesos, entre otras.
- Organización de ensayos de aptitud y rondas de intercomparación. Evaluación estadística e interpretación de los resultados.
- Desarrollo de métodos primarios de análisis: Utilización de métodos absolutos de medida como métodos de referencia y en la caracterización de materiales de control y de referencia.
- Optimización y validación de metodologías analíticas.
- Promoción de la utilización adecuada de los materiales de referencia para la calibración de instrumentos, validación de metodologías analíticas y armonización de las mediciones.
- Certificación de materiales. Cooperación en la certificación de Materiales de Referencias para su uso en análisis químico.

Resultados destacables del período

El Laboratorio de Análisis por Activación Neutrónica (LAAN) que pertenece a la Sección de Metrología Química, mantiene un programa de aseguramiento de calidad y se mantiene Acreditado por el INN según Norma NCh ISO 17025.Of2005.





La participación en programas de intercomparación durante el año 2010 incluyó tres programas de Ensayo de Aptitud, dos de ellos organizados por Food National Administration (NFA) de Suecia y el otro por el IAEA, y un programa de estudio de intercomparación, organizado por el IAEA:

- Trace Elements in Foods, Round T-20: Fish, National Food Administration, Proficiency testing programme, March 2010.
- Trace Elements and Methylmercury in Sediments: IAEA-456, IAEA MEL, Interlaboratory comparison exercises, May 2010.
- Trace Elements in Foods, Round T-21: Simulated Diet, National Food Administration, Proficiency testing programme, September 2010.
- The IAEA-CU-2010-02 World wide proficiency test on the determination of selected elements in sewage sludge, IAEA October 2010.

La Dra. Riansares Muñoz Oliva, académica de la Universidad Complutense de Madrid, España, realizó, por el proyecto CHI/7/012, una visita científica a la Sección de Metrología Química como experta del IAEA. Durante la permanencia de la Dra. Riansares, se desarrolló la metodología para la especiación de arsénico en muestras de orina humana, mediante HPLC ICPMS. Esta metodología permite determinar las especies inorgánicas Arsénico III y Arsénico V y de las especies orgánicas Arsenobetaina (AsBe), Acido monometilarsénico (MMA) y dimetilarsénico (DMA). Esta nueva metodología permitirá cumplir con el objetivo del proyecto CHI/7/012, de cuantificar especies inorgánicas y metiladas de arsénico como indicadores biológicos de la exposición ocupacional y ambiental.

Se desarrolló la metodología para la determinación de razones isotópicas de Boro-10 y Boro-11 en muestras de vegetales mediante ICP-MS con el propósito de determinar la eficiencia de la fertilización con Boro.

Se desarrolló la metodología para la determinación de tierras raras (Praseodimio, Neodimio, Cerio y Lantano) mediante ICP-MS en muestras líquidas.

En el ámbito de servicio analítico interno (apoyo especializado a otras unidades de la CCHEN) por ICPMS se entregó apoyo analítico al Departamento de Materiales Nucleares con las siguientes determinaciones:

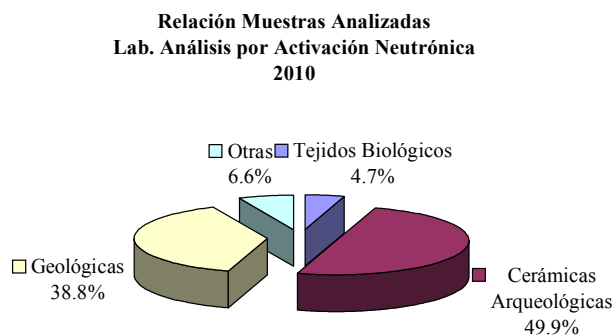
- Determinación de razones isotópicas de Uranio-234, Uranio-235 y Uranio-238.
- Determinación de Estaño en soluciones de alta concentración de Uranio.

Como servicio de análisis externo por ICPMS se analizaron muestras de sedimentos y microorganismos marinos y en soluciones de proceso. Además se prestó el servicio de Liofilización y molienda en variados tipos de muestras como por ejemplo Maqui, extracto vegetal Festuca (gramínea), sedimentos marinos y microorganismos marinos entre otras.



En Análisis por Activación Neutrónica y medición de neutrones retardados se determinó Uranio en 1200 muestras de minerales provenientes de Codelco, bajo el Convenio CCHEN-CODELCO: Recuperación de Uranio en Minerales de Codelco Norte.

También en Análisis por Activación Neutrónica y espectrometría gamma fueron realizadas 6162 determinaciones analíticas. El gráfico siguiente muestra los principales tipos de muestras analizadas y su porcentaje con respecto al total de determinaciones.



Participación Internacional:

- Proyecto IAEA CHI/7/012 "Desarrollo de nuevas metodologías para la cuantificación de especies inorgánicas y metiladas de arsénico y plomo plasmático como indicadores biológicos de la exposición ocupacional y ambiental", que busca contribuir a la vigilancia de la salud pública en Chile a través del desarrollo y aplicación de metodologías ICPMS en la CCHEN para la determinación de arsénico y plomo como indicadores biológicos de la exposición laboral y ambiental.
- Proyecto ARCAL RLA/1/010 "Aplicación de técnicas analíticas nucleares y trazadores en la evaluación de la calidad del agua y el transporte de metales en cuerpos de aguas superficiales en Latinoamérica"; cuyo objetivo es desarrollar, estandarizar y armonizar metodologías analíticas y capacitar recursos humanos para la evaluación de la calidad del agua y el transporte de metales en cuerpos de agua superficiales en países de la región.



- Proyecto ARCAL RLA/2/013 "Estudios de correlación entre la deposición atmosférica y los problemas sanitarios en Latinoamérica: Técnicas analíticas nucleares y el biomonitoreo de la polución ambiental"
- Proyecto ARCAL RLA/2/014 "Preparación y caracterización de materiales de referencia secundarios utilizando técnicas analíticas nucleares y relacionadas", que busca armonizar los estándares nacionales y regionales relacionados a control de calidad de alimentos para que sean utilizados por laboratorios que certifiquen la inocuidad de alimentos de exportación.
- Proyecto ARCAL RLA/5/054 "Programa Regional de Biomonitoreo de Elementos Químicos y Compuestos Orgánicos Persistente en Moluscos y Peces para establecer su inocuidad alimentaria en Latinoamérica y El Caribe".

Publicaciones Internacionales

- F. Falabella, **O. Andonie**. "Manejo diferenciado de materias primas en la producción cerámica Aconcagua de Chile central. Una evaluación mediante análisis de activación neutrónica instrumental". Society for American Archaeology (SAA) 75th Anniversary Meeting, St. Louis, Missouri, April 14-18, 2010.
- A. M. Ronco, Y. Gutierrez, N. Gras, **L. Muñoz**, G. Salazar, M. N. Llanos. "Lead and Arsenic Levels in Women with Different Body Mass Composition". Biol. Trace Elem. Res. 2010, Volume 136, Number 3, Pages 269-278.





SECCIÓN DESARROLLOS INNOVATIVOS

Jefe de la Sección: **Dr. Lipo Birstein F.**

lbirstein@cchen.cl

Objetivos

Desarrollar proyectos innovativos en el ámbito instrumental y/o de metodologías de medición de radiaciones especializados para apoyo de actividades de investigación y desarrollo de la CCHEN.

Líneas de Trabajo

- Desarrollo de tecnologías de apoyo a grupos de investigación de la CCHEN.
- Técnicas de alto vacío.

Resultados Relevantes del Periodo

Para el Departamento de Producción y Servicios, se está desarrollando una Gamma-Cámara de tamaño pequeño para estudios con animales, la cual está operativa en su primera fase. Las imágenes logradas son muy simples, sin embargo permiten evaluar las características de resolución espacial del sistema de división de carga y el software que permite construir imágenes en la pantalla de una PC. Durante 2011 se trabajará sobre objetos reales (animales pequeños), usando fuentes de Tecnecio-99m y se incluirá un colimador reticulado para optimizar las imágenes.

En el periodo se desarrolló una serie de tres programas denominados RPDC, RPDC3 y RPDC6, diseñados en Visual Basic y utilitarios para cálculos dosimétricos de radiación gamma y neutrones. Estos programas fueron habilitados para uso de personal de Protección Radiológica, entre otros.

También se desarrolló programas de cálculo y modelamiento matemático como apoyo de proyectos; se ha cuidado de ofrecer una presentación confiable, específica para su aplicación y totalmente amigable para el usuario. Entre éstos cabe mencionar el denominado "Peltier" que es un programa de modelamiento matemático y evaluación de celdas de enfriamiento por efecto Peltier, para dispositivos semiconductores tales como arreglos de fotodiodos para imágenes y detectores de partículas cargadas de alta resolución; y el denominado "Antoine"; programa que permite calcular presiones de vapor en función de la temperatura para diversos compuestos específicamente usados como agentes de quenching en la fabricación de contadores Geiger Müller, los cálculos se realizan a partir de la ecuación Termodinámica de Antoine.





Finalmente, se implementó un sistema de Espectrometría Alfa con cuatro detectores PIPS para control de calidad de emisores alfa en el producto del proceso de obtención de Molibdeno-99 de fisión.

En el periodo se ha mantenido en operación la planta de producción de nitrógeno líquido proveyendo de este elemento a todos los grupos de trabajo CCHEN que lo han requerido para el adecuado desempeño de numerosos detectores de radiación.

Publicaciones

- **L. Birstein**, M. Barrera, R. Schrader, R. Becerra, B. Carvacho, P. Sepúlveda, **O. Durán**. "Implementation of the Quality Controls for the LEU target fabrication and the final product in the process of production of fission Molybdenum-99". IAEA Technical meeting on Developing techniques for small scale indigenous Mo-99 production use LEU fission or neutron activation. Santiago, Chile. 9 - 12 noviembre 2010.

Informes Técnicos

- "Mini Gama Cámara para Animales Pequeños". H. Loyola, L. Birstein. Diciembre 2010.





LABORATORIO DE ISÓTOPOS AMBIENTALES

Encargada: **Qca. Evelyn Aguirre D.**
eaguirre@cchen.cl

Objetivos

Aplicar y desarrollar técnicas basadas en el uso de isótopos estables que se encuentran en la naturaleza tales como: Deuterio, Oxígeno-18, Carbono-13 y Nitrógeno-15, contribuyendo a los estudios e investigaciones nacionales e internacionales en el área de Hidrología y Medio Ambiente.

Líneas de trabajo

- Hidrología Isotópica: Monitoreo del Ciclo Hidrológico usando isótopos estables, información utilizada en estudios del recurso hídrico tanto en zonas no áridas, áridas y semiáridas; determinación del origen de la recarga del agua subterránea, interconexión de acuíferos, interconexión entre aguas superficiales y subterráneas, filtraciones en lagos y embalses, caracterización de lluvias, etc.
- Medio Ambiente: Estudios de contaminación de acuíferos, determinación de ciclos fotosintéticos por discriminación isotópica.
- Servicios y asesorías: Servicios de muestreo, mediciones fisicoquímicas en terreno y análisis de contenido isotópico de Deuterio (^2H) y Oxígeno-18 (^{18}O) en aguas; Carbono-13 (^{13}C) en carbonato disuelto, sedimentos carbonatados y materia orgánica; Nitrógeno-15 (^{15}N) y Oxígeno-18 (^{18}O) en aguas. Servicio de muestreo para análisis de Tritio (^3H) y Carbono-14 (^{14}C). Asesorías en uso de técnicas con isótopos estables y espectrometría de masas y mantenimiento de sistemas de vacío.

Resultados Relevantes del Período

Se continuó con la participación del grupo del Laboratorio, en el Proyecto de Cooperación Técnica CHI 8/029 y convenio con las Universidades de La Serena y Pontificia Universidad Católica de Chile para el desarrollo del proyecto "Evaluación del Recurso Hídrico en Cuencas Áridas del Norte de Chile Usando Técnicas Hidrogeoquímicas para un Manejo Sustentable del Recurso"

El Laboratorio participa en la red para el Monitoreo de Precipitaciones GNIP (Global Network for Isotopes Precipitation), establecido con el OIEA (Organismo Internacional de Energía Atómica) y la OMM (Organización Meteorológica Mundial), para la cual se determinó el contenido isotópico de Deuterio y Oxígeno-18 en muestras mensuales de lluvias de las Estaciones Meteorológicas de Chile de Quinta Normal Santiago, Isla de Pascua, La Serena, Puerto Montt y Punta Arenas. El





programa GNIP tiene como objetivo principal la recopilación de datos isotópicos de precipitación en todo el mundo para uso en estudios hidrogeológicos, oceanografía e investigaciones relacionadas con el ciclo del agua e investigaciones de cambio climático y calentamiento global.

También se envía los datos de contenido de Deuterio y Oxígeno 18 en lluvias al Instituto Nacional de Estadísticas (INE) para los registros del Anuario de Estadísticas Medioambientales.

En 2010 se continuó con la participación en el proyecto OIEA CHI/08/029 "Evaluación del Recurso Hídrico en Cuencas Áridas del Norte de Chile Usando Técnicas Hidrogeoquímicas para un Manejo Sustentable del Recurso", que se desarrolla en conjunto con la Universidad de La Serena y la Pontificia Universidad Católica de Chile.

En el marco del proyecto, el Laboratorio de Isótopos Ambientales recibió un Espectroscopio Laser (Liquid Water Isotope Analyzer) que fue puesto en operación y se calibró con materiales de referencia OIEA y Patrones de Laboratorio. Este instrumento permite la medición de los isótopos de Deuterio y Oxígeno 18 en muestras de agua lo que ha implicado aumentar la capacidad analítica y disminuir los tiempos de respuesta. Esta opción, además, permite disponer del espectrómetro de masas para determinación de los isótopos de C-13 y N-15 (Fig.2).

El año 2010 se realizó análisis isotópicos a instituciones del Estado, empresas nacionales e internacionales del área minera, industrial, sanitarias, universidades, geotermia, etc., elaborando 40 informes técnicos correspondiendo a un total de 2103 análisis isotópicos y destacándose el aumento de la demanda en comparación con el año anterior. Se destaca además, el aumento de solicitudes de servicio de análisis por parte de países de la Región. En las figuras siguientes se muestran los porcentajes y el número de los distintos análisis realizados.





El OIEA solicitó al Laboratorio ser referente en análisis de Deuterio y Oxígeno-18 por Espectrometría de Masas, para lo cual se hizo análisis para evaluar y comparar resultados generados por Colombia y Perú.

Finalizó Convenio con Universidad de La Serena generado para colaborar con el proyecto "Establecimientos de arbustos nativos en zonas áridas compromiso entre tolerancia sombra y sequía". Se generó un informe final con las conclusiones correspondientes del estudio.

Participación Internacional

- Proyecto de cooperación técnica OIEA CHI/08/029 “Evaluación del Recurso Hídrico en Cuencas Áridas del Norte de Chile Usando Técnicas Hidrogeoquímicas para un Manejo Sustentable del Recurso”, que se desarrolla en conjunto con la Universidad de La Serena y la Pontificia Universidad Católica de Chile. CCHEN aporta con la aplicación de técnicas isotópicas.

Publicaciones Internacionales

- M. F. León, N. C. Olivares, F. A. Squeo, **E. Aguirre**, J. R. Gutiérrez. “¿Prosopis chilensis afecta la disponibilidad de recursos usados por arbustos vecinos en una comunidad semiárida del Desierto de Atacama?”. X Congreso Latino Americano de Botánica. La Serena, Chile. 4 - 10 Octubre 2010.
- **P. Moya, E. Aguirre, P. Gallardo**. “Searching for new internal laboratory standard for $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{18}\text{O}$ in nitrates”. IAEA Technical Meeting on Future Trends for Stable Isotope Reference Materials. Viena, Austria. 18 - 21 octubre 2010.

Informes Técnicos

- Informe técnico de Convenio con ULS para abordar el estudio “Establecimientos de arbustos nativos en zonas áridas compromiso entre tolerancia sombra y sequía”. Julio 2010.
- “Monitoreo de Precipitaciones año 2009”. Aguirre E., Gallardo M., Moya P. 2010.
- Informe Técnico de Calibración y puesta en operación Espectroscopio Láser. Gallardo M., Aguirre E. y Moya P. Junio 2010.



Espectroscopio Láser para determinación de Deuterio y Oxígeno-18

