

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 a los sectores productivos y de servicios del país.

SUBDEPARTAMENTO REACTORES

Jefe del Subdepartamento: Ing. Juan Klein D.
jklein@cchen.cl

Objetivos

Operar en forma segura y eficiente los reactores nucleares de investigación, desarrollando capacidades con el fin de aplicar los instrumentos e instalaciones que utilizan los neutrones, directamente en el núcleo del reactor o en el área experimental y prestar los servicios de irradiación de materiales.

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

Líneas de trabajo

- Operación de los reactores nucleares de investigación RECH-1, ubicado en el Centro de Estudios Nucleares La Reina, y RECH-2, ubicado en el Centro de Estudios Nucleares Lo Aguirre.
- Cálculos neutrónicos y termohidráulicos para apoyar la operación de los reactores.
- Mejoramiento y utilización de instrumentos, instalaciones y dispositivos experimentales en el reactor RECH-1 utilizando los tubos de haces de neutrones y las capacidades de irradiación en el núcleo.
- Medición del quemado de elementos combustibles.
- Irradiación de materiales para la producción de radioisótopos para uso en medicina e industria.
- Servicios de irradiación neutrónica de materiales para efectuar análisis por activación neutrónica, ser utilizados como trazadores, efectuar dataciones en geocronología, obtención de neutrografía, etc.
- Diseño de un contenedor para el almacenamiento temporal de combustible nuclear gastado.

Resultados relevantes del período

Durante el año 2007 el reactor RECH-1 operó de acuerdo a un programa establecido y acordado con el Laboratorio de Producción de Radioisótopos, principal usuario del



GOBIERNO DE CHILE
COMISION CHILENA
DE ENERGIA NUCLEAR

reactor. En este período de operación el reactor generó un total de 5.437 MWh, lo que representa un consumo de aproximadamente 283,2 gramos de ^{235}U .

Continuó el programa de seguimiento de los primeros cuatro elementos de bajo enriquecimiento introducidos en el núcleo del reactor RECH-1, con el objeto de conocer su comportamiento en función del quemado (fracción de ^{235}U fisionado) con fines de calificación. Los primeros dos elementos de bajo enriquecimiento introducidos en el núcleo, identificados como LR01-L y LR02-L y denominados elementos líderes, alcanzaron al 31 de diciembre de 2007 en promedio un quemado del orden del 42% de ^{235}U . El objetivo es que estos elementos superen el 50% de quemado, valor que corresponde al quemado máximo que alcanzarían los elementos combustibles durante su vida útil en el núcleo del reactor.

El sistema de medición del quemado de combustible instalado en la piscina del reactor RECH-1 operó en forma rutinaria durante el año 2007, proporcionando información valiosa al programa de caracterización de los elementos combustibles de alto enriquecimiento que cumplieron su vida útil y que se mantienen en la piscina de decaimiento del reactor.

Durante el año 2007 el sistema instalado en el núcleo del reactor, 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 utiliza principalmente para irradiar material geológico del Servicio Nacional de Geología y Minería (Sernageomin).

Para el Laboratorio de Producción de Radioisótopos se irradiaron 756 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 y ^{86}Rb .

Para el Laboratorio de Trazadores se irradiaron 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 todas las irradiaciones solicitadas, incluyendo las muestras irradiadas utilizando el sistema neumático para cortos períodos de irradiación (sistema "Rabbit").

Para Ingeominas, Bogotá, Colombia, se irradiaron 2 conjuntos de muestras de minerales para estudios mediante la técnica fission-track.

Se cumplió el primer año del proyecto regional OIEA RLA/4/020: Ingeniería de Contenedores para el Transporte de Elementos Combustibles Gastados de Reactores de Investigación, para ser desarrollado en el período 2007-09. En este proyecto participan Argentina, Brasil y Chile.

Participación internacional

- Proyecto Regional OIEA RLA/4/020: "Engineering of Casks for the Transport of Spent Fuel from Research Reactors", con la participación de Argentina, Brasil y Chile; se



GOBIERNO DE CHILE
COMISION CHILENA
DE ENERGIA NUCLEAR

realizó la Primera Reunión de Coordinación en Buenos Aires, Argentina, entre el 26 y 30 de Marzo.

- Organización en conjunto con el OIEA, de la Reunión sobre la Iniciativa de Reducción de la Amenaza Global (Global Threat Reduction Initiative) en Santiago, entre el 27 y 30 Marzo 2007.
- Organización en conjunto con el OIEA, del Taller Aplicación del Código de Conducta en la Seguridad de Reactores de Investigación en Santiago, entre el 10 y 14 Diciembre 2007.

Publicaciones Internacionales

Título	Autores	Publicado en	Fecha
Progress in Chile in the Development of the Fission ⁹⁹ Mo Production using Modified CYNTICHEM.	R. Schrader, J. Klein, J. Medel, J. Marín, N. Salazar, M. Barrera, C. Albornoz, M. Chandía, X. Errazu, R. Becerra, G. Sylvester, J. Jiménez, E. Vargas	RERTR-2007 International Meeting, Prague, Czech Republic.	September 23-27, 2007.
Neutronic Analysis for the Fission Mo-99 Production Irradiating a LEU-Foil Annular Target at RECH-1 Reactor	J. Medel	Página web del Proyecto Coordinado de Investigación del IAEA "Developing Techniques for Small Scale Indigenous Molybdenum ⁹⁹ Production using LEU Fission or Neutron Activation".	Noviembre, 2007.
Progress in Chile in the Development of the Fission Mo-99 Production using LEU.	R. Schrader, J. Klein, J. Medel, J. Marín, M. Chandía	International Conference on Research Reactors: Safe y Management and Effective Utilization, Sydney, Australia.	November 5 - 9, 2007.
Neutronic Analysis for the Fission Mo-99 Production by Irradiation of a LEU Target at RECH-1 Reactor.	J. Medel, G. Torres	International Conference on Research Reactors: Safe y Management and Effective Utilization, Sydney, Australia.	November 5 - 9, 2007.
Progress in Chile in the Development of the Fission Mo-99 Production Using LEU.	R. Schrader, J. Klein, J. Medel, J. Marín, M. Chandía	Workshop on the Production of Medical Isotope Molybdenum-99 using LEU. Sydney, Australia.	3 - 5 Diciembre, 2007.



GOBIERNO DE CHILE
COMISION CHILENA
DE ENERGIA NUCLEAR

Publicaciones Nacionales

Título	Autor	Publicado en	Fecha
Distribución de Velocidades en el Interior de un Elemento Combustible con y sin Caja Filtro Utilizando en el Reactor Nuclear Experimental RECH-1	E. Vargas	Memoria para optar al título de Ingeniero Civil Mecánico, Escuela de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso	2007.

Informes internos

Título	Autor	Fecha	Distribución
Desarrollo y Caracterización de Parches de Holmio para Tratamiento de Enfermedades de la Piel.	R. Crispieri, J. Klein.	Enero 2007.	CCHEN
Irradiación de un Elemento Combustible Experimental Fabricado con una Placa Activa de 4,8 gU/cm ³ . Cálculos Neutrónicos y Termohidráulicos.	J. Klein, J. Medel, S. Bustamante	Marzo 2007	CCHEN
Revisión del Algoritmo de Evaluación de Quemado	C. Pereda	Julio 2007	CCHEN
Estudio de Factibilidad de Aumento de Potencia de Operación Reactor RECH-1.	J. Klein, J. Daie, S. Bustamante	Noviembre 2007	CCHEN

SECCION DESARROLLOS INNOVATIVOS

Jefe de la Sección: Dr. Lipo Birstein F.
lbirstein@cchen.cl

Objetivos

Desarrollar proyectos innovativos de instrumental y/o metodologías especializados para apoyo de actividades de investigación desarrollo de la CCHEN.

Líneas de Trabajo

- Dosimetría de neutrones
- Técnicas de alto vacío.

Resultados relevantes del periodo

Durante el año 2007 se operó el Dosímetro Absoluto de Neutrones, diseñado y construido en la Sección Desarrollos Innovativos, siendo instalado para su operación rutinaria como patrón de referencia en la Sección de Metrología de las Radiaciones del Departamento de Protección Radiológica y Ambiental.

Se terminó de construir el degradador y la cámara de dispersión necesarios para obtener un haz de neutrones monoenergéticos, a partir del haz externo de electrones del Ciclotrón; se está en espera de poder intervenir efectivamente la instalación.

Durante 2007 se desarrolló un método para el control de calidad del sellado de blancos de Uranio como parte del proceso de preparación de Molibdeno de Fisión. El método se basa en detectar fugas de He en régimen de alto vacío sometiendo los blancos una atmósfera de Helio a alta presión.

Informes Técnicos

Título	Autores	Fecha	Distribución
Pruebas de estanqueidad de blancos anulares de uranio	L. Birstein, H. Loyola, C. Acevedo	Septiembre 2007	CCHEN

SECCION AGRICULTURA

Jefe de la Sección: Ing. Inés Pino N.
jpino@cchen.cl

Objetivos

Investigar, desarrollar y aplicar técnicas isotópicas en estudios de evaluación de cultivos, de sistemas integrados de manejo de suelo y agua, de mitigación de la degradación de suelos, de uso óptimo del agua de riego y nutrientes, y de degradación de los plaguicidas; para apoyo de programas agrícolas nacionales.

Líneas de Trabajo

- Estudios sobre el uso de nutrientes para optimizar la producción en Sistemas Agrícolas Sustentables.
- Estudios de la Fijación Biológica de Nitrógeno en diferentes genotipos de leguminosas anuales y en praderas forrajeras.
- Evaluación de la absorción de fertilizantes nitrogenados y de actividad radicular en frutales y cultivos anuales. Estudios de fertirrigación en frutales.
- Estudios de sorción, biodegradación y vida media de plaguicidas en muestras de suelo.
- Estudios en Agroforestería en el uso eficiente de los recursos naturales.
- Estudios de dinámica en diferentes tipos de suelos: P en suelos derivados de cenizas volcánicas, aplicación de roca fosfórica (RF) en suelos ácidos como fuente de P.
- Análisis isotópicos y químicos convencionales en muestras de suelo y vegetales: N total y ^{15}N , C total, Biomasa C, Biomasa N, Respiración microbiana, P Olsen, pH, materia orgánica, P extraíble.
- Ensayos MIT (Mineralización, Inmovilización y Turnover) en suelos con y sin residuos de vegetales.
- Medición de tasas de redistribución de suelo, por la técnica de ^7Be .

Resultados destacables del período

Durante el año 2007 la Sección Agricultura logró la Acreditación por parte de la Comisión de Normalización y Acreditación (CNA) de la Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo, en análisis de Boro, Nitrógeno, Fósforo y Azufre en tejidos vegetales.

Además, la Sección Agricultura continúa bajo el reconocimiento ARCAL como Centro Regional para análisis de N total y ^{15}N en muestras de suelos y vegetales, ^{32}P en muestras de suelos y vegetales, Cinética de intercambio isotópico, Técnica MIT, Biomasa C, Biomasa N, Carbono orgánico y fraccionamiento en suelos, dentro de la Región de América Latina y El Caribe.

Se finalizó el proyecto CHI5048 “Manejo integrado de cuencas agrícolas sustentables usando técnicas nucleares”, en cuyo marco la Srta. Virginia Carvajal presentó la tesis de grado “Estudios de Biodegradación de Clorpirifos (^{14}C) y Glifosato (^{14}C) en un suelo de la VI Región en condiciones controladas y ambientales” obteniendo el grado de Químico Ambiental, de la Universidad de Chile, siendo directora de Tesis la Jefa de la Sección Sra. Inés Pino. Así mismo, obtuvo el grado de Ingeniero Agrónomo el Sr. Oscar Moll, con el tema de tesis “Uso de Técnicas Isotópicas en la Sorción y Degradación microbiana de Clorpirifos (^{14}C) en un suelo de la VI Región de Chile”.

Dentro de las actividades del proyecto CHI5048 se recibió la misión de experto del Dr. Ralph Schulz (Universidad de Landau, Alemania) quién visitó la zona de estudios y asesoró frente a las metodologías y estrategias de muestreo de aguas.

Durante 2007, Ana María Parada realizó una beca por tres meses en el Centro de Investigación de Contaminación Ambiental (CICA) de la Universidad de Costa Rica, para trabajar en procedimientos de muestreos de aguas, procedimientos de extracción, limpieza y concentración de plaguicidas en suelo, fruta y vegetales considerando las BPA.

Por su parte, Ximena Videla participó en el Taller FAO/IAEA “Pesticide risk assessment, sampling and analytical methodology for pesticides in water”, Seibersdorf, Austria (3-14 diciembre, 2007). El objetivo de este Taller fue entrenar en el uso del PIRI, equipos de muestreo y metodologías asociadas, detección y confirmación de residuos de pesticidas en agua, medidas de control de calidad.

Actualmente, profesionales de la SA están recibiendo asesoría en la instalación y manejo de software de un cromatógrafo de gases 6890N con detector de masa 5975, donado por el OIEA dentro del marco del proyecto CHI5048. El objetivo de este GC/MS es realizar análisis de residuos de pesticidas en agua y suelo.

El Sr. Oscar Seguel, Dr. Ingeniero Agrónomo de la Universidad de Chile, contraparte de los proyectos actualmente liderados por la SA, fue seleccionado por el OIEA para participar en el taller “Use of nuclear and related techniques to measure storage, flows, and balance of water in cropping systems”, realizado en los laboratorios de Seibersdorf, Viena (Austria). Los conocimientos entregados al Sr. Seguel para fortalecer tanto los proyectos actuales como futuras propuestas de proyecto.



GOBIERNO DE CHILE
COMISION CHILENA
DE ENERGIA NUCLEAR

Participación internacional

- Proyecto de Cooperación Técnica con el Organismo Internacional de Energía Atómica CHI/5/048 “Integración de manejo de cuenca para la sustentabilidad de los suelos agrícolas usando técnicas nucleares”. Participan CCHEN, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Universidad de Chile, la Universidad Austral de Chile y el Servicio Agrícola y Ganadero.
- Proyecto de Investigación Coordinado del OIEA, CRP 14084: “Integrated Analytical Approaches to Assess Indicators of the Effectiveness of Pesticide Management Practices at the Catchment Scale”, apoyado por la FAO/OIEA, donde junto a Chile participan Argentina, Brasil, Bulgaria, China, Colombia, Costa Rica, Ecuador, India, Kenya.
- Proyecto Regional para América Latina y el Caribe, RLA 5/050: “Fortalecimiento de las capacidades analíticas de los laboratorios en la valoración de las BPA”, donde junto a Chile participan Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, Uruguay.

Participación Nacional

- Convenios de cooperación con el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), con la Universidad de Concepción, en análisis de N total y ^{15}N , y con la Pontificia Universidad Católica de Chile.

Publicaciones Internacionales

Título	Autores	Publicado en	Fecha
Fate and behavior of Chlorpyrifos and Glyphosate at a field level in Apalta catchment. I. Experimental phase.	A. Nario, E. Capri, I. Pino, A.M. Parada, W. Luzio	XIII Symposium Pesticida Chemistry. Piacenza, Italia. Environmental Fate and Ecological Effects of Pesticides. AA.M. Del Re, E. Capri, G. Fragoulis and M. Trevisan (Eds.). ISBN 978-88-7830-473-4 p. 786-792.	3-6 Septiembre, 2007.
Influence of Different Wood Treatments on the Pesticide Adsorption-Desorption by Wood Residues	M.J. Sánchez-Martín, M.S. Rodríguez-Cruz, A.M. Parada, M.S. Andrades	XIII Symposium Pesticide Chemistry. Piacenza, Italia. Environmental Fate and Ecological Effects of Pesticides. AA.M. Del Re, E. Capri, G. Fragoulis and M. Trevisan (Eds.). ISBN 978-88-7830-473-4 p. 216-223.	3-6 Septiembre, 2007.
Fate and behavior of pesticides at a field level in a sub-catchment at the VI	A. Nario, E. Capri, I. Pino, A. M. Parada, W. Luzio	International Summer School “Pesticides Environment – 2007”. Metaponto, Matera (Italia)	9-14 Septiembre, 2007.



GOBIERNO DE CHILE
COMISION CHILENA
DE ENERGIA NUCLEAR

Título	Autores	Publicado en	Fecha
region.		Quaderno Grifa n° 27	
Fate and behavior of chlorpyrifos and glyphosate at a field level in Apalta catchment	A. Nario, E. Capri, I. Pino, A.M. Parada, W. Luzio	RAISEBIO-AXIOM-NOMIRACLE-HIGRADE-Summer school "Chemicals in soil: Interactions, availability and residue formation". Leipzig (Alemania). (Abstracts)	24-27 Septiembre, 2007.
Cambio en las propiedades físicas de un Ultic Haploxeralf cultivado con vid (vitis vinifera).	E. Farías, O. Seguel, M. Casanova, W. Luzio, I. Pino, X. Videla, A.M. Parada, A. Nario	XVII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Guanajuato, México	Septiembre 2007
Manejo del Nitrógeno en Suelos de la Zona Centro-Sur de Chile.	I. Vidal, E. Zagal, I. Pino, F. Matus.	XVII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Guanajuato, México	Septiembre 2007
Changes in soil erosion associated with the shift from conventional tillage to a no tillage system documented using ¹³⁷ Cs measurements.	P. Schuller, D. Walling, A. Sepúlveda, A. Castillo, I. Pino.	Soil and Tillage Research 94 (2007). 183-192 p.	2007

Informes Técnicos

Título	Autores	Fecha	Distribución
Informe Final Proyecto CHI/5/048 "Integrated watershed management for the sustainability of agricultural lands using Nuclear Techniques"	A. Nario, P. Enríquez	Diciembre 2007	CCHEN, SAG, OIEA
Informe Primer Año CRP 14084.	A. Nario	Noviembre, 2007	CCHEN, OIEA
Informe de Avance: Resultados y proyección	SA (CCHEN), U Chile, SAG.	Octubre, 2007	CCHEN, SAG, UChile, Administrador Viña.



GOBIERNO DE CHILE
COMISION CHILENA
DE ENERGIA NUCLEAR

SECCION SALUD Y ALIMENTOS

Jefe 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 tratamiento cuarentenario, apoptosis celular, desinfección, reducción de carga microbiológica e inhibición de brotes, entre otros, sobre diversos productos los sectores salud y alimentación.

Líneas de trabajo

- Asesoría y servicios de irradiación para una amplia gama de productos, tales como 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.
- Procesamiento y radioesterilización de tejidos biológicos tales como: piel humana, piel de cerdo, membrana amniótica, hueso humano y hueso bovino desmineralizado.
- Control y certificación de dosis aplicadas para certificar dosis a productos tratados en la Planta de Irradiación Multipropósito, de manera de garantizar la calidad del servicio mediante su trazabilidad.
- Investigación y desarrollo de nuevas aplicaciones de la energía ionizante proveniente de fuentes emisoras de rayos gamma.

Resultados Relevantes del Periodo

Durante 2007 se realizó la prestación de servicios de irradiación a bajas dosis, generando un total de \$ 32.234.000. La distribución de los ingresos percibidos por los diferentes servicios prestados fue:

Ingresos por servicios de Irradiación:

Tipo de Servicio	Monto	Porcentaje
Irradiación de sangre, hemocomponentes y células	\$ 12.547.000	39%
Irradiación de alimentos y otros productos	\$ 7.391.000	23%
Irradiación de implantes y material médico quirúrgico	\$ 5.064.000	16%
Esterilización de tejidos	\$ 5.874.000	18%
Irradiación de gusanos de tebo	\$ 1.358.000	4%

Durante 2007, el servicio de irradiación de sangre y hemocomponentes se realizó a alrededor de 22 Bancos de Sangre de Hospitales y Clínicas de Santiago, irradiando un total estimado de 6.236 cargas aumentando un 4% con respecto al año 2006 en que se irradió 5.999 cargas.

Se emitieron un total de 808 certificados de irradiación, 101 certificados para exportación de gusanos de tebo, 567 certificados de dosis de irradiación a usuarios que envían productos a la Planta de Irradiación Multipropósito y 140 certificados a tejidos biológicos radioesterilizados.

Se realizó el procesamiento y radioesterilización de 194 lotes de tejidos biológicos, de los cuales 13 correspondieron a piel humana, 3 membranas amnióticas, 174 lotes de piel de



GOBIERNO DE CHILE
COMISION CHILENA
DE ENERGIA NUCLEAR

cerdo y 4 lotes de hueso humano. Esta actividad aumentó en un 79% respecto al año 2006 donde se procesó 109 lotes de tejido.

Se generó un contrato con la Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal de la Pontificia Universidad Católica de Chile para realizar estudios dosimétricos en ramillas de cítricos de distintas especies e irradiar ramillas de cítricos según los tiempos y dosis estimados en la dosimetría.

En noviembre de 2007 se organizó con mucho éxito el Seminario “Nuevas aplicaciones de la radiación gamma en la industria alimentaria, agricultura y otros ámbitos” cuyo principal objetivo fue difundir las actividades de la Sección, así como mostrar los diversos usos de la radiación gamma. El seminario contó con la participación de destacados profesionales de universidades que se han relacionado con trabajos de la Sección.

El Sr. Herman Zarate obtuvo la beca de entrenamiento OIEA C6/CHI/05018/CHI/0/012, en “Radiation Processing Facilities – Sterilization Using Gamma Facility and Applications”, del 1 al 30 de Abril de 2007, en el Centro de Tecnologia das Radiaciones, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Sao Paulo, Brasil, A su vez, el Sr. Samy Silva realizó “Curso de entrenamiento sobre fundamentos de protección física de materiales e instalaciones nucleares”, del 19 al 23 de Marzo de 2007 en la ciudad de Lima, Perú.

Publicaciones Internacionales

Título	Autores	Publicado en	Fecha
Experiencia del uso de membrana amniótica en cirugía oftalmológica y maxilofacial.	M.T. Ogrodnik, M. Azocar, J. Cortés, P. Aguirre, H. Zárate, S. Silva	III Congreso Internacional de la Asociación Latinoamericana de Bancos de Tejidos. Cancún, México.	23-26 mayo 2007
Implementation of good manufacturing practices (GMP) on human blood irradiation.	C. Boghi, C.M. Napolitano, D.C. Ferreira, H.S. Zarate, P.R. Rela.	International Nuclear Atlantic Conference (INAC 2007). Santos, Brasil.	29 septiembre – 5 octubre 2007.
Mortality of <i>Frankliniella Occidentalis</i> (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) by gamma irradiation.	J.E. Araya, T. Curkovic, H. Zárate	Agricultura Técnica (Chile) 67(2): 196-200 (Abril-Junio 2007).	Abril-Junio 2007.



GOBIERNO DE CHILE
COMISION CHILENA
DE ENERGIA NUCLEAR

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, obteniendo un beneficio para el proceso, el usuario y el país.

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 y determinación de filtraciones o bloqueos en ductos abiertos o cerrados.
- 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 gama en la industria petroquímica, para medición de interfaces y funcionamiento de torres de destilación.

Resultados Relevantes del Periodo

En el marco del Proyecto regional de cooperación en América Latina y el Caribe OIEA RLA/8/042: "Aplicación de tecnologías nucleares para la optimización de procesos industriales y la preservación del medio ambiente", el Ing. Francisco Díaz participó en la primera Reunión de Coordinadores realizada en San José, Costa Rica entre el 7 y 11 de mayo. Para sus actividades durante 2007 se recibieron equipos por un valor aproximado de US\$13.500.

En agosto, el Ing. Francisco Díaz realizó una Misión de experto a Haití, República Dominicana y Guatemala para asistir a las contrapartes nacionales en el inicio de la tecnología de radioisótopos y la identificación de las necesidades para la implementación del proyecto RLA/8/042.

También en este proyecto, Los Sres. Pedro Vega y Francisco Díaz asistieron al "Taller regional de entrenamiento sobre Estudios de Distribución de Tiempos de Residencia (RTD) para el diagnóstico del funcionamiento de plantas de tratamiento de aguas residuales", realizado en Santos, Brasil, entre el 1 y 5 de Octubre de 2007. Por su parte el Sr. Richard González asistió al curso "Gestión de Calidad y Técnicas de Marketing", realizado en Lima, Perú, entre el 10 y 14 de diciembre de 2007

Durante 2007 se realizaron actividades del primer año del proyecto Fondecyt "Modelación y supervisión de circuitos de flotación industrial" con la Universidad Técnica Federico



GOBIERNO DE CHILE
COMISION CHILENA
DE ENERGIA NUCLEAR

Santa María y la División El Teniente de CODELCO Chile. El proyecto fue aprobado para el trienio 2007-2009.

En el transcurso del año se realizaron prestaciones de servicios de Aplicación de Trazadores y de Técnicas Nucleares, en empresas mineras e industriales, lo que generó ingresos por un total aproximado de 58 millones de pesos.

Se dio inicio al Proyecto de Investigación Coordinado OIEA "Evaluation and validation of radionuclide generator-based radiotracers for industrial applications".

Participación internacional

- Proyecto regional RLA/8/042: "Applications of Nuclear Technology for Industrial Processes Optimization and Environment Protection", aprobado para el bienio 2007-2008.
- Proyecto de Investigación Coordinado OIEA "Evaluation and validation of radionuclide generator-based radiotracers for industrial applications".

Participación nacional

- Proyecto Fondecyt "Modelacion y supervision de circuitos de flotacion industrial" con la Universidad Técnica Federico Santa María y la División El Teniente de CODELCO Chile. El proyecto fue aprobado para el trienio 2007-2009.

Publicaciones Internacionales

Título	Autores	Publicado en	Fecha
Residence time distribution in large industrial flotation cells.	F. Díaz, J.B. Yianatos	International Nuclear Atlantic Conference (INAC 2007). Santos, Brasil.	29 septiembre – 5 octubre 2007
Froth RTD measurement in industrial flotation cells.	J. Yianatos, L. Bergh, K. Tello, F. Díaz, A. Villanueva	International Conference Flotation'07, Cape Town, South Africa.	6 – 9 Noviembre 2007

Informes Técnicos

Título	Autores	Fecha	Distribución
Servicio de ensayos con trazadores, para caracterización de flujos de aguas subterráneas en pozos de la cuenca de Calama, mediante ensayos de dilución de trazador en pozo único. Informe de avance N° 2 Interpretación de resultados	Francisco Díaz, Oscar Jiménez, Pedro Henríquez, Pedro Vega	Febrero 2007	CODELCO, CCHEN
Determinación de filtración de agua en red húmeda de incendio de la planta LIN PAC, mediante trazadores	Francisco Díaz, Pedro Vega, Oscar Jiménez, Pedro Henríquez	Marzo 2007	Rodrigo Vargas y Cía. Ltda., CCHEN
Balance del material de alimentación	Francisco Díaz,	Octubre 2007	Minera Valle



GOBIERNO DE CHILE
COMISION CHILENA
DE ENERGIA NUCLEAR

Título	Autores	Fecha	Distribución
desde cascadas y determinación de la distribución de tiempos de residencia, en varios puntos del proceso productivo de Minera Valle Central, mediante trazadores radiactivos	Pedro Vega, Pedro Henríquez, Richard González, Oscar Jiménez		Central, S.A., CCHEN
Detección del paso de trazador en líneas de soplado de los digestores del proceso productivo de Celulosa Arauco, mediante trazadores radiactivos, con inyección en digestores 6 y 7	Francisco Díaz, Pedro Vega, Pedro Henríquez	Noviembre 2007	Celulosa Arauco y Constitución S.A., CCHEN

LABORATORIO DE ISOTOPOS AMBIENTALES

Encargada: Evelyn Aguirre D.
eaquirre@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 en el área de Hidrología y Medio Ambiente.

Líneas de trabajo

- Hidrología Isotópica: Aplicación de técnicas con isótopos estables en estudios del recurso hídrico en zonas 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 aguas lluvias.
- Medio Ambiente: Estudio de ecosistemas agua-suelo-planta, determinación de ciclos fotosintéticos por discriminación isotópica.
- Servicios de 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). Servicios de muestreo y mediciones fisicoquímicas en terreno y asesorías en uso de técnicas con isótopos estables desarrollados en el Laboratorio.

Resultados Relevantes del Período

El Laboratorio asesoró y ofreció servicios de análisis isotópicos a la comunidad científica del país y otros países de la región, colaborando y contribuyendo en estudios e investigaciones en el área de Hidrología y Medio Ambiente. En esta área durante 2007 se generaron ingresos aproximados a \$ 26.000.000 asistiendo a empresas nacionales e internacionales.



GOBIERNO DE CHILE
COMISION CHILENA
DE ENERGIA NUCLEAR

El Laboratorio como Centro Designado ARCAL continuó el año 2007 realizando análisis de isótopos estables a países de la Región que participan en proyectos relacionados con la gestión del recurso hídrico y que cuentan con la coordinación y apoyo del OIEA.

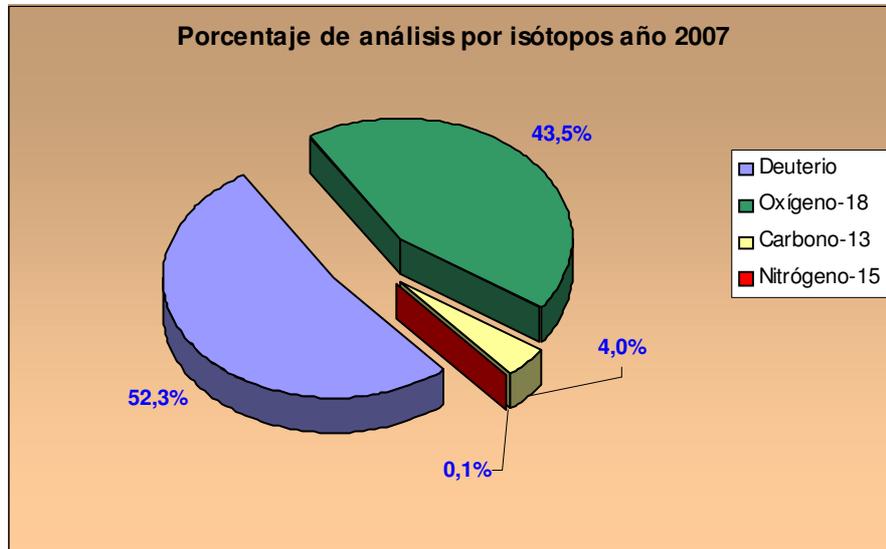
Así mismo, se continuó realizando el monitoreo mensual de contenidos isotópicos de Deuterio y Oxígeno-18 en las precipitaciones para la GNIP, (Global Network for Isotopes Precipitation) que coordina el OIEA (Organismo Internacional de Energía Atómica) y la OMM (Organización Meteorológica Mundial). El informe técnico con los datos isotópicos correspondientes al año 2006 de las Estaciones Meteorológicas de Quinta Normal Santiago, Isla de Pascua, La Serena, Puerto Montt y Punta Arenas se remite anualmente al OIEA y desde 2002 se publica en el Anuario de Estadísticas Medioambientales del Instituto Nacional de Estadísticas (INE). Este proyecto mundial GNIP tiene como finalidad la colección y almacenamiento de datos isotópicos contenidos en las precipitaciones para uso en estudios hidrogeológicos y en gestión del recurso hídrico. Además estos últimos años esta base de datos se ha utilizado en estudios e investigaciones de cambio climático y calentamiento global. La Sra. Evelyn Aguirre participó en la “Reunión Internacional Sobre Funcionamiento de Red de Monitoreo de Precipitaciones (GNIP) de países en vías de desarrollo” en Viena, Austria.

En el marco del convenio con la Universidad de La Serena, finalizó el proyecto FONDECYT “El papel de la disponibilidad de agua en el establecimiento de arbustos nativos con distintos sistema radicales”, informándose los últimos resultados isotópicos.

Durante 2007 se participa en un nuevo proyecto FONDECYT “Establecimientos de arbustos nativos en zonas áridas, compromiso entre tolerancia sombra y sequía”, para lo cual se firmó un nuevo Convenio de Colaboración con la Universidad de La Serena.

Se firmó nuevo contrato de servicio por un año CODELCO-CCHEN, para realizar análisis isotópico de Deuterio y Oxígeno a muestras de aguas de zonas mineras.





Participación Nacional

- Convenio con la Universidad de La Serena para desarrollar el estudio "Establecimientos de arbustos nativos en zonas áridas, compromiso entre tolerancia sombra y sequía", proyecto que cuenta con financiamiento de FONDECYT.

Publicaciones Internacionales

Título	Autores	Publicado en	Fecha
Application of stable isotope to evaluate the groundwater recharge of a coastal aquifer in north-central Chile and the effects on vegetation	E. Aguirre, F.A. Squeo, R. Aravena	International Symposium on Advances in Isotope Hydrology and its role in Sustainable Water Resources Management, (IHS-2007), Vienna, Austria	21-25 mayo 2007

Informes Técnicos

Título	Autores	Fecha	Distribución
Monitoreo de precipitaciones Año 2006	E. Aguirre, M. Gallardo, P. Moya	2007	CCHEN, OIEA



GOBIERNO DE CHILE
COMISION CHILENA
DE ENERGIA NUCLEAR

SECCION METROLOGIA QUÍMICA

Jefe de Sección: Sr. Eduardo Cortés
ecortes@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, para otorgar soporte técnico a los organismos reguladores y fiscalizadores nacionales en el tema de Metrología Química, asesorar a los laboratorios analíticos de servicio nacionales para la entrega de resultados confiables en los análisis de productos pecuarios y marinos de exportación, y contribuir a que los laboratorios analíticos nacionales eleven sus estándares con el propósito de ayudar a tener un reconocimiento internacional al sector exportador nacional.

Líneas de Trabajo

- 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, la validación de métodos de análisis y la armonización de las mediciones.

Resultados destacables del período

Se recibe la visita del Experto del OIEA Sr. Alberto Quejido dentro del marco de trabajo del proyecto CHI/5/046 "Certificación de Productos Pecuarios de Exportación, Mediante la Utilización de Técnicas Nucleares y Conexas", durante dos semanas para profundizar y poner en funcionamiento un equipo de ICP –MS recibido bajo este proyecto.

Participación en el Seminario de cierre del Proyecto IFOP-CCHEN sobre desarrollo e implementación de material de referencia para la detección de residuos farmacológicos y de metales pesados en productos finales de la acuicultura. Se presentó el trabajo "Preparación y análisis de materiales candidatos a materiales de referencia". Estas actividades están contempladas en el convenio con el Instituto de fomento pesquero, IFOP, para la prestación de Servicios científicos y tecnológicos.

Continuación con las actividades del convenio con el Servicio Nacional de Pesca SERNAPESCA, para desarrollar un programa de ensayos ínter laboratorios destinados a los laboratorios que ensayan productos pesqueros.

Un profesional de la Sección asistió a la Reunión del Grupo de Trabajo en Química Inorgánica (IAWG) del Comité Consultivo para la Cantidad de Materia (CCQM) en Charleston, Carolina del Sur, desde 1-3 de octubre del 2007.

Un profesional de la Sección participó, en carácter de invitado, en el International Workshop on Research Reactor Utilization: 50 Years of Safe and Sustainable Operation of



GOBIERNO DE CHILE
COMISION CHILENA
DE ENERGIA NUCLEAR

the IEA-R1 Research Reactor, para presentar el trabajo “The RECH-1 Chilean Nuclear Reactor: Experiences and Applications

Un profesional de la Sección participó como Experto del IAEA en una misión en República Dominicana en el tema “Evaluación e interpretación de resultados de análisis de material particulado atmosférico”.

La Sra. Paola Pismante A. obtuvo una beca de entrenamiento en la técnica de ICP-MS y sus aplicaciones en el análisis de muestras en diferentes matrices, principalmente de alimentos. Esta beca fue realizada dentro del programa Mampower Development del IAEA, entre el 31 de Octubre y el 1 de Diciembre de 2007. La pasantía, se realizó en el Laboratorio de Espectrometría de Masas del Centro de Investigaciones Energéticas y Medioambientales (CIEMAT), Madrid, España. Se ejecutó el programa previsto bajo la supervisión de la Dra. Marta Fernández.

Participación Internacional

- Proyecto CHI/5/046 “Certificación de Productos Pecuarios de Exportación, Mediante la Utilización de Técnicas Nucleares y Conexas”, financiado por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA).
- Proyecto Regional OIEA RLA/7/011 “Evaluación de la contaminación atmosférica por material particulado en Latinoamérica empleando técnicas analíticas nucleares y convencionales”, financiado por el OIEA.

Participación Nacional

- Convenio con el Instituto Nacional de Normalización, INN, para Desarrollar un programa de ensayos ínter laboratorios y producción de materiales de referencia, asesorar técnicamente al INN en temas de su competencia, producir materiales de referencia o de control en matrices naturales y reales de acuerdo a protocolos internacionales actualmente vigentes, realizar ensayos de aptitud y ejercicios ínter laboratorios con el propósito de evaluar metodologías analíticas y la competencia técnica de los laboratorios.
- Convenio con el Servicio Nacional de Pesca, SERNAPESCA, para desarrollar un programa de ensayos ínter laboratorios destinados a los laboratorios que ensayan productos pesqueros.
- Convenio con el Instituto de Fomento Pesquero, IFOP, para la prestación de servicios científicos y tecnológicos, en el marco del proyecto “Desarrollo e implementación de un material de referencia para la detección de residuos farmacológicos y metales pesados en productos finales de acuicultura”, financiado por el Fondo de Desarrollo e Innovación (FDI) de CORFO.

Publicaciones Internacionales

Título	Autores	Publicado en	Fecha
The RECH-1 Chilean Nuclear Reactor: Experiences and Applications	E. Cortés	International Workshop on Research Reactor Utilization: 50 Years of Safe and Sustainable Operation of the IEA-R1 Research Reactor. Sao Paulo, Brasil	3-6 diciembre 2007.

Informes Técnicos

Título	Autores	Fecha	Distribución
Evaluación de las Capacidades de Calibración y Medición de la CCHEN	E. Cortés	Noviembre 2007	CCHEN
Desarrollo y puesta a punto de la técnica de dilución isotópica con espectrometría de masa. Aplicación a la determinación de cadmio en un material de referencia y en una muestra de ostión.	L. Muñoz, M. Meneses, P. Pismante	Noviembre 2007	CCHEN

LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO POR INSTRUMENTACIÓN CLÁSICA y FRX

Encargado: Sr. Sergio Marín
smarin@cchen.cl

Líneas de trabajo

- Servicios de análisis químico elemental, mediante las técnicas de espectrometría de absorción atómica, espectrometría de emisión óptica de plasma inductivo, cromatografía líquida de alta resolución y espectrometría de fluorescencia de rayos X.
- Apoyo en análisis químico especializado a organismos nacionales, en el área de los materiales de interés nuclear, medioambiente y ciencia de los materiales.

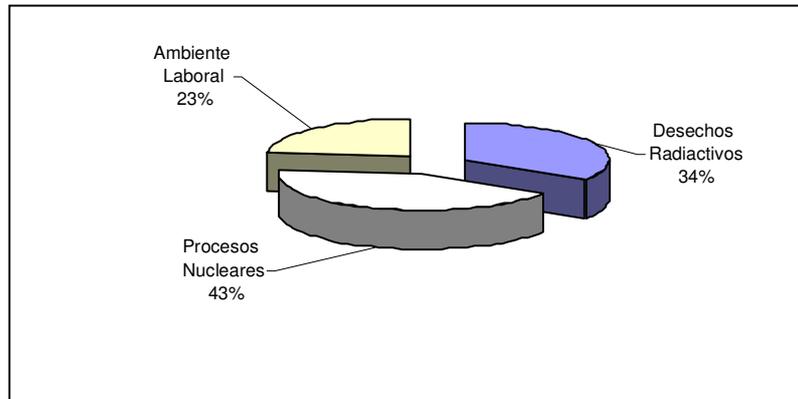
Resultados destacables del periodo.

Durante el año 2007 se realizaron servicios de análisis químico en apoyo a proyectos institucionales y a instituciones externas a CCHEN.

Para el apoyo de proyectos institucionales se realizó el análisis químico de 450 muestras, lo que implicó la realización de 757 determinaciones mediante técnicas instrumentales. Las muestras analizadas provinieron principalmente de:

- **Procesos Nucleares.** Se realizó el control de los materiales provenientes de los procesos de la fabricación de elementos combustibles, de los estudios sobre conversión de compuestos de uranio, de las aguas de los reactores de investigación de ambos centros nucleares.
- **Desechos Radiactivos.** Se realizaron los controles en análisis químico de los materiales provenientes de los estudios relacionados con el tratamiento de desechos radiactivos.
- **Ambiente Laboral.** Se realizó la determinación de uranio en filtros de aire provenientes de los lugares de trabajo. Además se realizó la determinación de plomo en muestras de sangre.

La figura siguiente muestra la distribución de las determinaciones respecto a las actividades institucionales.

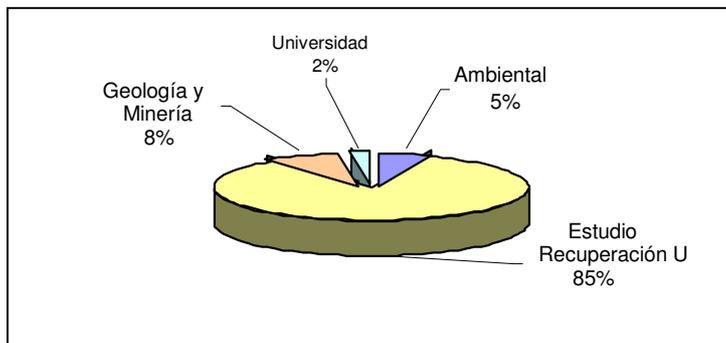


Distribución porcentual de las determinaciones realizadas en apoyo a proyectos institucionales.

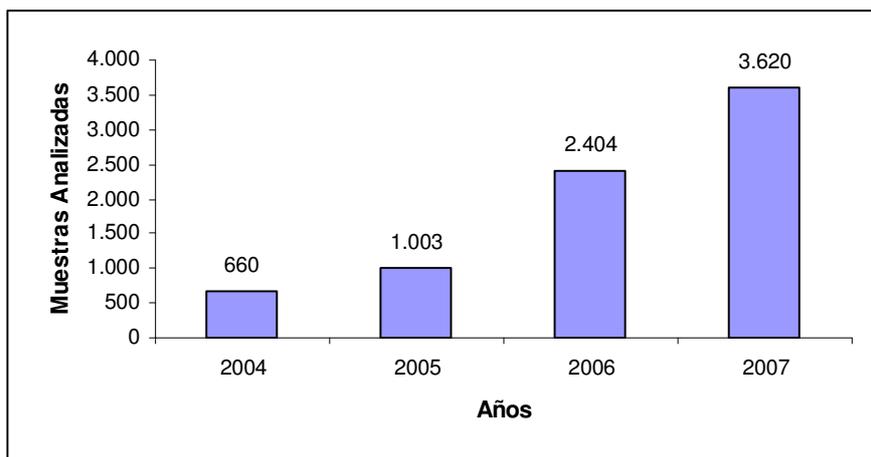
Como apoyo a instituciones externas, durante el año 2007 se efectuó el análisis de 3.620 muestras, lo que implicó la realización de 8.250 determinaciones mediante técnicas instrumentales. Las muestras analizadas provinieron principalmente de los siguientes sectores:

- **Medioambiental.** Se realizó el análisis de aguas naturales, y de descarte y material particulado sedimentable de procesos de tratamiento de minerales por posible contaminación de suelos agrícolas.
- **Geología y Minería.** Se determinó principalmente uranio en muestras de minerales, rípios y soluciones de procesos metalúrgicos, provenientes de mineras nacionales.
- **Estudios de recuperación de uranio.** Se realizó el control en análisis químico de los procesos metalúrgicos de uranio, de muestras provenientes de los estudios sobre recuperación de uranio realizados por CCHEN en apoyo a mineras nacionales.
- **Universidades.** Se analizaron diferentes muestras, correspondientes a estudios sobre investigaciones de la contaminación de suelos, sedimentos y materiales biológicos, realizados en centros universitarios.

Las figuras siguientes muestran la distribución de las determinaciones respecto a los sectores que han solicitado servicios de análisis y la evolución que éstas han tenido en los últimos cuatro años.



Distribución porcentual de las determinaciones en apoyo a instituciones externas.



Evolución del servicio de análisis químico en apoyo a sectores externos a la institución.

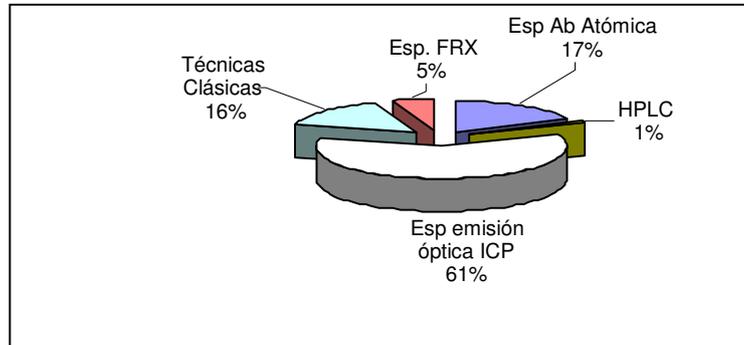
Las diferentes técnicas de análisis químico que fueron utilizadas para el desarrollo de las actividades de servicio fueron:

- Técnicas clásicas de potenciometría, gravimetría y espectrofotometría de absorción molecular.
- Espectrometría de Absorción atómica. En esta técnica están consideradas tanto la espectrometría de absorción atómica con llama, como con generador de hidruros.
- Cromatografía líquida de alta resolución (HPLC)
- Espectrometría de emisión óptica con plasma inductivo. En esta técnica están consideradas tanto la espectrometría de emisión óptica con sistema de nebulización neumática, como nebulizador ultrasónico (Esp. ICP).
- Espectrometría de fluorescencia de rayos X (Esp. FRX)



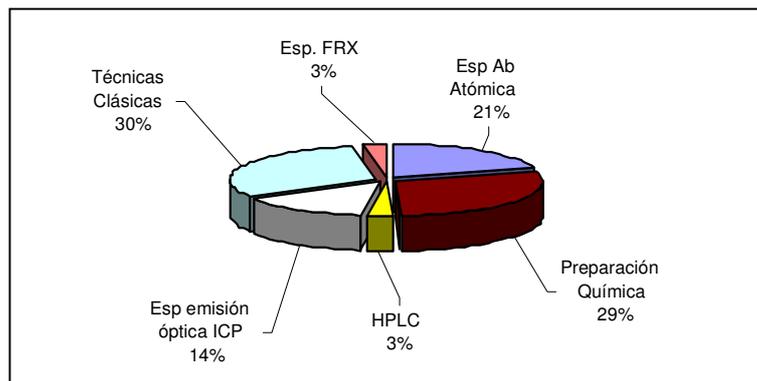
GOBIERNO DE CHILE
COMISION CHILENA
DE ENERGIA NUCLEAR

En la figura siguiente se puede apreciar la incidencia porcentual de cada técnica en el trabajo realizado, medido este por la cantidad de determinaciones realizadas.



Distribución porcentual de las técnicas utilizadas en las determinaciones para análisis químico.

La siguiente figura muestra el tiempo utilizado por cada una de las técnicas empleadas, expresado en horas.



Distribución del tiempo utilizado en las técnicas de análisis.

Al comparar ambas figuras se puede observar que la técnica que tiene el mejor rendimiento es la espectrometría de emisión óptica con plasma acoplado inductivamente. También se puede observar que un porcentaje importante de tiempo se utiliza en la preparación de las muestras.

También durante el año 2007 el Laboratorio participó en ensayos de aptitud de las matrices correspondientes a aguas de precipitación, sedimentos marinos y tejidos biológicos; con la finalidad de comprobar la confiabilidad de los procedimientos utilizados en el análisis químico de diferentes tipos de materiales. Los resultados obtenidos en estos ensayos mostraron un alto grado de concordancia con los informados.

Participación Internacional

- Trigésimo sexto (36th) programa anual de comparación entre laboratorios para la determinación de cationes y aniones en muestras preparadas de precipitaciones



GOBIERNO DE CHILE
COMISION CHILENA
DE ENERGIA NUCLEAR

ácidas. Evento organizado por el Organismo Mundial de Meteorología a través del Centro de Investigación de Ciencias Atmosféricas de la Universidad de Albany (New York, USA).

- Vigésimo quinto programa Inter.-Laboratorio “Monitoring and Evaluation of the Long-range Transmission of Air Pollutants in Europe (EMEP)” para la determinación de metales traza y ultratrazas en muestras sintéticas de lluvia ácida. Este evento fue organizado por el Instituto Noruego para la Investigación del Aire.

Participación Nacional

- Ejercicio de comparación entre laboratorios organizado por el Comité Oceanográfico Nacional (CONA) a través de La Universidad Andrés Bello, para la determinación de Cu y Cd en muestras de sedimento y tejido biológico.

LABORATORIO DE ANÁLISIS POR ACTIVACIÓN NEUTRÓNICA

Encargado: Sr. Oscar Andonie Z.
oandonie@cchen.cl

Líneas de Trabajo

- Operación y servicios de la facilidad de análisis por activación neutrónica. Determinación de elementos traza en muestras de origen biológico (vegetales, marinos, tejidos humanos y de animales), geológicos (suelos, sedimentos, minerales), cerámicas arqueológicas, medioambiental (material particulado, alimentos) y muestras de procesos, entre otras muchas matrices.
- Certificación de materiales. Cooperación en la certificación de Materiales de Referencias para su uso en análisis químico.
- Determinación de flujo neutrónico del RECH-1
- Determinación de pureza radionucleida.
- Programa de Aseguramiento de Calidad. El Laboratorio de Análisis por Activación se mantiene Acreditado por el INN según Norma NCh-ISO 17025:Of 2005.

Resultados destacables del período

Durante 2007 el laboratorio de análisis por activación neutrónica realizó un total de 5980 determinaciones analíticas como servicio tanto a usuarios internos como externos a la institución, lo cual implicó un aumento de un 33% respecto a las realizadas el año 2006.

En el marco del Proyecto Regional OIEA, RLA/8/043 “Uso de Técnicas Analíticas Nucleares y el desarrollo de una base de datos para la caracterización y preservación del Patrimonio Cultural”, se realizó el análisis químico de muestras de cerámicas provenientes de tres sitios arqueológicos y su posterior evaluación de procedencias. Así mismo, en relación a este proyecto, entre el 10 y 14 de Diciembre del 2007, se recibió la visita del experto Dr. Michael Glascock del Reactor de Investigación de la Universidad de Missouri (MURR) USA.

En el Proyecto Regional OIEA, RLA/1/010 “Mejora de la gestión de las masas de agua que están contaminadas con metales” se organizó un ensayo de aptitud regional en agua y sedimento; las muestras de agua y sedimento han sido distribuidas en todos los laboratorios participantes, así como la documentación e instrucciones necesarias.

Bajo el programa de aseguramiento de calidad del laboratorio se realizó la renovación de la Acreditación del Laboratorio por el INN según Norma NCh-ISO 17025:Of 2005, proceso que aún está en ejecución.

Durante el año 2007 se participó en 2 rondas de estudio de interlaboratorio, una de ellas a nivel internacional que fue el Ensayo Interlaboratorio para la certificación de un mineral y un concentrado de Cobre como Materiales de Referencia, organizado por el Centro de Tecnología Mineral (CETEM) perteneciente al Ministerio de Ciencia y Tecnología (MCT) de Brasil.

También se calculó el flujo térmico y epitérmico para 29 posiciones de irradiación de RECH-1.

Participación Internacional

- Proyecto Regional para América Latina y el Caribe del OIEA, RLA/1/010 “Mejora de la gestión de las masas de agua contaminadas con metales”.
- Proyecto Regional para América Latina y el Caribe del OIEA, RLA/8/040 “Uso de Técnicas Analíticas Nucleares y el desarrollo de una base de datos para la caracterización y preservación del Patrimonio Cultural”.
- Ensayo Interlaboratorio para la certificación de un mineral y un concentrado de Cobre como Materiales de Referencia. Este ensayo fue organizado por Centro de Tecnología Mineral (CETEM) perteneciente al Ministerio de Ciencia y Tecnología (MCT) de Brasil.

Participación Nacional

- Ronda Interlaboratorio para Mineral y Concentrado de Cobre. Organizado por el Instituto Nacional de Normalización (INN) y CODELCO Chile- División CODELCO Norte.