



GOBIERNO DE CHILE
COMISION CHILENA
DE ENERGIA NUCLEAR

DEPARTAMENTO DE APLICACIONES NUCLEARES

Jefe del Departamento: Ing. Oscar Durán P.

E-mail: 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.

E-mail: jklein@cchen.cl

OBJETIVOS

- Operar en forma segura y eficiente los reactores nucleares de investigación, desarrollando capacidades tecnológicas 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 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.
- Mejoramiento y utilización de instrumentos, instalaciones y dispositivos experimentales en el reactor RECH-1 que utilizan los tubos de haces de neutrones y las capacidades de irradiación en el núcleo.
- Medición del quemado de elementos combustibles.



GOBIERNO DE CHILE
COMISION CHILENA
DE ENERGIA NUCLEAR

- Servicio de irradiación neutrónica de materiales para la producción de radioisótopos para uso en medicina e industria, para efectuar análisis por activación neutrónica, para efectuar dataciones en geocronología, obtención de neutrografía, etcétera.
- Diseño de un contenedor para el almacenamiento temporal de combustible nuclear gastado.

RESULTADOS RELEVANTES DEL PERÍODO

Durante el año 2008 se operó el reactor RECH-1 de acuerdo al programa de funcionamiento establecido y acordado con el Laboratorio de Producción de Radioisótopos, principal usuario del reactor. En este período de operación el reactor generó un total de 5.109 MWh, lo que representa un consumo de aproximadamente 266,1 gramos de ^{235}U .

A partir de noviembre de 2008 la operación del reactor RECH-1 está certificada bajo la norma ISO 9001-2000.

Durante 2008 se mantuvo sin cambios el programa de seguimiento de los primeros cuatro elementos de bajo enriquecimiento introducidos en el núcleo del reactor RECH-1; este programa se realiza con el objeto de conocer su comportamiento en función del quemado (fracción de ^{235}U fisiónado) 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 2008, en promedio, un quemado del orden del 46% 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 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 799 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 utilizados en aplicaciones en medicina tales como: ^{153}Sm , ^{192}Ir , ^{64}Cu , ^{32}P y ^{86}Rb .



GOBIERNO DE CHILE
COMISION CHILENA
DE ENERGIA NUCLEAR

Para aplicaciones en la industria y minería se irradiaron materiales blancos que fueron utilizados como trazadores, especialmente en procesos de extracción de minerales.

Para el Laboratorio de Análisis por Activación Neutrónica se dio cumplimiento a todas las irradiaciones solicitadas, las que sumaron 440 blancos representando 1.571 muestras.

También, durante el año 2008 quedó completamente implementado el sistema de protección física de los reactores RECH-1 y RECH-2, para el cual se mejoró e incrementó la instrumentación de protección radiológica del reactor RECH-1 con la adquisición de dosímetros digitales y de un detector de radiación ambiental portátil.

Se cumplió el segundo año de ejecución del proyecto regional OIEA RLA/4/020: Ingeniería de Contenedores para el Transporte de Elementos Combustibles Gastados de Reactores de Investigación. En el año 2008 se dio término a la primera fase del proyecto. En este proyecto participan Argentina, Brasil y Chile.

PARTICIPACIÓN INTERNACIONAL

- Proyecto Regional RLA/4/020: “Engineering of Casks for the Transport of Spent Fuel from Research Reactors”, proyecto que una primera etapa abarca los años 2007-08. Este proyecto es financiado por el Organismo Internacional de Energía Atómica y participa Argentina, Brasil y Chile. Durante los dos primeros años de ejecución se ha efectuado el diseño de contenedores para el transporte y el almacenamiento de combustible nuclear gastado de reactores experimentales. Los profesionales de la CCHEN que participan en este proyecto tuvieron la responsabilidad del diseño del contenedor de almacenamiento con una capacidad para 37 elementos combustibles gastados. Durante la segunda etapa de este proyecto, 2009-10, se contempla la fabricación de contenedores prototipo a escala 1:1.

PARTICIPACIÓN NACIONAL

- Durante el año 2008, profesionales del Subdepartamento Reactores dictaron, en la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, el curso Introducción a la Ingeniería Nuclear. Este curso se dictó para alumnos de pregrado durante los dos semestres del año en el marco de un convenio entre la CCHEN y la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, PUCV.



GOBIERNO DE CHILE
COMISION CHILENA
DE ENERGIA NUCLEAR

PUBLICACIONES INTERNACIONALES

- “Status of the Chilean Implementation of the Modified Cintichem Process for Fission ⁹⁹Mo Production using LEU”. R. Schrader, J. Klein, J. Medel, J. Marín, J. Lisboa, L. Birstein, L. Ahumada, M. Chandía, R. Becerra, X. Errazu, C. Albornoz, G. Sylvester, J. Jiménez. 5-9 de Octubre de 2008, RERTR 2008 International Meeting, Washington D.C., E.E. U.U.

INFORMES INTERNOS

- Informe Anual de la Operación del Reactor RECH-1, Año 2007. J. Medel, Subdepartamento Reactores, Departamento Aplicaciones Nucleares, CCHEN, Marzo 2008.
- Informe de Calidad de Agua del Reactor RECH-1 durante el Año 2007. R. Crispieri, Subdepartamento Reactores, Departamento Aplicaciones Nucleares, CCHEN, Abril 2008.
- Plan para Mejorar la Protección Radiológica en el Reactor RECH-1. S. Bustamante, R. Crispieri, J. Daie, Subdepartamento Reactores, Departamento Aplicaciones Nucleares, CCHEN, Junio 2008.



GOBIERNO DE CHILE
COMISION CHILENA
DE ENERGIA NUCLEAR

SECCION SALUD Y ALIMENTOS

Jefa de la Sección: Ing. Paulina Aguirre H.

E-mail: 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

- Investigación y desarrollo de nuevas aplicaciones de la energía ionizante proveniente de fuentes emisoras de rayos gamma.
- Procesamiento y radioesterilización de tejidos biológicos tales como: piel humana, piel de cerdo, membrana amniótica, hueso humano y hueso bovino desmineralizado.
- Asesoría y servicios de irradiación con el objeto de realizar tratamiento cuarentenario, apoptosis celular, desinfección, reducción de carga microbiológica e inhibición de brotes, entre otros; 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.
- Dosimetría, control y certificación de dosis aplicadas en irradiación de productos.

RESULTADOS RELEVANTES DEL PERIODO

Durante el año 2008, la Sección Salud y Alimentos en conjunto con el Instituto de Ciencia y Tecnología de Puerto Montt de la Universidad Arturo Prat (UNAP), ha desarrollado el proyecto "Obtención de haploides por medio de irradiación para la obtención de orquídeas en el sur de Chile", lo cual es una de las nuevas aplicaciones de la energía ionizante proveniente de fuentes emisoras de radiación gamma.

También, conjuntamente con investigadores de la Facultad Tecnológica del Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, de la Universidad de Santiago de Chile, (USACH), se ha desarrollado un proyecto para estudiar la preservación de Ciboulette fresco, mediante el uso de radiación gamma.



GOBIERNO DE CHILE
COMISION CHILENA
DE ENERGIA NUCLEAR

El OIEA aprobó para el período 2009-2011 el proyecto “Consolidation of tissue banks in Latin America and radiation sterilization of tissue allografts”, que fue postulado como proyecto regional (ARCAL) por la Sección en conjunto con investigadores del Instituto de Pesquisas Energeticas e Nucleares (IPEN), la Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) de Brasil y la Comisión Nacional de Energía Atómica (CONEA) de Argentina.

Se comenzó el trabajo “Influencia de antiparaldeantes e irradiación gamma en pepino dulce (*Solanum muricatum* Ait.) y palta Hass (*Persea americana* Mill.) mínimamente procesados”, como memoria de título de un estudiante de Ingeniería en Agronomía de la Universidad.

Dentro del área de tratamiento cuarentenario, se ha realizado un estudio preliminar de la resistencia a la radiación del gusano de tebo (*Chilecomadia morei*), generando la publicación presentada a la revista institucional NUCLEOTECNICA.

Se realizó el procesamiento y radioesterilización de 94 lotes de tejidos biológicos, de los cuales 11 correspondieron a piel humana, obteniendo en total aproximadamente 31.000 cm² de tejido; 1 membrana amniótica con alrededor de 300 cm² y 82 lotes de piel de cerdo, produciendo aproximadamente 125.000 cm².

Durante 2008 se continuó entregando el servicio de irradiación de sangre y hemoderivados a 22 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, etcétera. En total se irradió 7.470 lotes con un total de 12.866 unidades de glóbulos de 350 ml c/u (4.503 litros), 37.165 unidades de plaquetas de 60 ml c/u (2.230 litros) y 2.622 unidades de concentrado plaquetario de 400 ml c/u (1.049 litros).

Durante el año se realizó también pruebas de irradiación a productos nuevos, por ejemplo: parches Biopiel, higos, caquis, damascos, duraznos, nectarines, polímeros, muestras de laboratorio, etcétera, con el objeto de determinar la dosis de irradiación mas adecuada para el objetivo deseado en cada caso.

También se trató con radiación ionizante diversos productos, como productos farmacológicos, alimentos, suelos, alimentos para ratas, 603 cargas de gusano de tebo para exportación, equivalentes a 2.714 k. y 65 cargas de de baba de caracol equivalentes a 420 litros.

Los ingresos generados por prestación de servicios se distribuyen según la tabla siguiente:



GOBIERNO DE CHILE
COMISION CHILENA
DE ENERGIA NUCLEAR

Distribución de ingresos por servicios de irradiación	
Irradiación de	%
Sangre y hemocomponentes	51,7
Tejidos Biológicos	18,9
Materiales de Laboratorios Químicos	9,6
Implantes	8,3
Gusanos de Tebo	4,2
Baba de caracol	1,8
Alimento para ratas	1,7
Suelo	1,5
Células	1,2
Pruebas de nuevos productos	0,7
Productos Farmacológicos	0,3
Alimentos	0,1
TOTAL	100,0

PUBLICACIONES INTERNACIONALES

- “The impact of the International Atomic Energy Agency (IAEA) program on radiation and tissue banking in Chile”. P. Aguirre H., J. Morales P., Cell and Tissue Banking, Publ. On line, Julio de 2008



GOBIERNO DE CHILE
COMISION CHILENA
DE ENERGIA NUCLEAR

SECCION AGRICULTURA

Jefe de la Sección: Ing. Inés Pino N.

E-mail: ipino@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, 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 de Mineralización, Inmovilización de nitrógeno (MIT) en suelos.
- Medición de tasas de redistribución de suelo, por técnica de espectrometría gama.

RESULTADOS DESTACABLES DEL PERÍODO

Durante el año 2008 la Sección Agricultura continuó bajo el reconocimiento OIEA 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. Además, participó en la ronda internacional de análisis vegetal en Nitrógeno Total, organizado por la WEPAL (Holanda) con la colaboración de la Unidad de Ciencias del Suelo de la FAO/IAEA Laboratorios de Biotecnología y Agricultura.

Dentro del proyecto RLA 5050, el Sr. Sebastián Gallardo desarrolla la fase práctica de su tesis de grado "Determinación de plaguicidas en agua en una zona agrícola de la VI región, por cromatografía de gases utilizando extracción líquido-líquido" para obtener el grado de Químico Ambiental, de la Universidad de Chile. En esta tesis se cuenta con la colaboración, como directora de tesis, de la Jefa de la Sección.

Dentro de las actividades del proyecto de cooperación Italia - Chile se recibió la visita de trabajo del Dr. Matteo Balderacchi (Universidad Católica del Sagrado Corazón, Italia) quién visitó la zona de estudios y asesoró frente al uso de modelos de



GOBIERNO DE CHILE
COMISION CHILENA
DE ENERGIA NUCLEAR

estimación de riesgo ambiental y la aplicación de la información obtenida en el proyecto.

Dentro de las actividades de la SA, la Jefa de Sección colaboró como profesora informante de la tesis “Efecto de aplicación post-cosecha de urea foliar en cerezo”, de la Ing. Agrónomo Mariana Theielmann V., quién obtuvo el grado de Magíster en Cs. Agropecuarias, Pontificia Universidad Católica de Chile.

La Unidad de Ciencias del Suelo de la FAO/IAEA, mediante la asesoría del Dr. Felipe Zapata solicitó la coordinación de la información obtenida por los proyectos CHI5020 y CHI5021, liderados por CCHEN en conjunto con el INIA Quilamapu, INIA Carillanca y Universidad de Concepción y estimar el impacto económico, titulado Nuclear-based Soil, Water and Nutrient Management Technologies developed in IAEA TC Projects CHILE CHI5020 and CHI5021.

También se aprobaron los Proyectos Regionales 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) y RLA5052 “Mejoramiento del uso eficiente de fertilizantes y manejo de cultivos en agricultura familiar” (2010/2012).

Los días 9 y 10 de Septiembre de 2008 se realizó el Taller “Manejo Sustentable de los Recursos Naturales, en un Área Productiva de Alta Tecnología: Valle Apalta, VI Región” en Santa Cruz, VI Región, con la presencia del Director Ejecutivo, Sr. Fernando López, el Jefe del Departamento de Aplicaciones Nucleares, Sr. Oscar Durán y profesionales del SAG y Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, principales contrapartes del proyecto apoyado por el IAEA. También se contó con 59 asistentes tales como profesionales de CONAMA, CONAF, INIA, Universidad de Talca, las Viñas Neyen, Ventisquero, Santa Rita, Montgras, Montes, Nuevo Mundo, Siegel, Casa Lapostolle, Las Niñas, Santa Cruz, San Pedro, Santa Helena, Cono Sur, y las empresas GIS Consultores y AMBIMET. El Taller fue cubierto por el diario regional “El Rancaguino” y por el área de difusión del SAG de la VI Región.

PARTICIPACIÓN INTERNACIONAL

- Proyecto de Coordinación de Investigación (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.



GOBIERNO DE CHILE
COMISION CHILENA
DE ENERGIA NUCLEAR

- Proyecto Regional para América Latina y el Caribe (RLA 5050) “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.

PUBLICACIONES INTERNACIONALES

- “Fate of pesticides at a wine growing scale using a pesticide risk assessment indicator at the VI Region of Chile”. A. Nario. Febrero 2008. III Workshop Dottorato di Ricerca in Chimica, Biochimica ed Ecologia degli Antiparassitari e degli Xenobiotici. Universidad de Milán y Universidad Católica del Sagrado Corazón. Milán, Italia.
- “Farm scale pesticide risk management using indicators on vineyards in the VI Region of Chile”. A. Nario, Octubre 2008. 5th European Conference on Pesticides and Related Organic Micropollutants in the Environment and 11th Symposium on Chemistry and Fate of Modern Pesticides, Marsella, Francia.
- “Fate and behavior of pesticides at a field level in a sub-catchment at the VI Region”. A. Nario, E. Capri, I. Pino, A.M. Parada, W. Luzio. Quaderno Grifa N°26. GRIFA- ISBN 978-88-95221-01-4.2008
- “Contribution and transfer of nitrogen from cover crops to raspberry plant using isotopic techniques with ^{15}N ”. C. Ovalle, M.I. González, J. Hirzel, I. Pino, A. del Pozo and S. Urquiaga. Acta Hort. (ISHS) 777:465-472. 2008
- “Destino del nitrógeno del fertilizante en un cultivo de maíz”. H. Rimski-Korsakov, G. Rubio, I. Pino y R. S. Lavado. Internacional Plant Nutrition Institute (IPNI). Informaciones Agronómicas del Cono Sur N°39. 1-5p. 2008
- “Effect of different Wood pretreatments on the sorption-desorption of Linuron and metalaxyl by woods”. S.Rodríguez-Cruz, M.S. Andrade, A.M. Parada, M.J. Sánchez-Martín. Journal of Agricultural and Food Chemistry 56: 7339-7346. 2008
- “Use of ^7Be fallout to document soil erosion and soil redistribution within Chilean vineyards”. X. Videla, I. Pino, A. Nario, A.M. Parada, D. Walling, W. Luzio, M. Casanova, O. Seguel. Soils Newsletter, vol. 31, N° 1. 5-6 p. 2008
- “Contribution and Transfer of Nitrogen from cover crops to Raspberry plant using isotopic techniques with ^{15}N ”. C. Ovalle, M.I. González, J. Hirzel, I. Pino, A. Del Pozo, S. Urquiaga. ISHS Acta Horticulturae 777: IX Internacional Rubís and Ribes Symposium. 2008.



GOBIERNO DE CHILE
COMISION CHILENA
DE ENERGIA NUCLEAR

INFORMES TÉCNICOS

- National Workshop “Sustainable Management of the Natural Resources in a High Productive Technology Area: Apalta Valley, VI Region”. Pino, I., Nario, A., Parada, A.M., Videla, X. Septiembre 2008.
- Informe Proyecto RLA5050. Diciembre 2008. SA-CCHEN
- Informe Segundo Año CRP 14084. A. Nario. Noviembre, 2008.SA-CCHEN.



GOBIERNO DE CHILE
COMISION CHILENA
DE ENERGIA NUCLEAR

SECCION INDUSTRIA Y MEDIO AMBIENTE

Jefe de la Sección: Ing. Francisco Díaz V.
E-mail: 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 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 gama en la industria petroquímica, para medición de interfaces y funcionamiento de torres de destilación.

RESULTADOS RELEVANTES DEL PERIODO

Durante 2008 se ejecutaron junto al Departamento de Procesos Químicos de la Universidad Técnica Federico Santa María, las actividades del segundo año del proyecto Fondecyt 1070106 "Modelling And Supervision Of Industrial Flotation Equipment", aprobado para el trienio 2007-2009.

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



GOBIERNO DE CHILE
COMISION CHILENA
DE ENERGIA NUCLEAR

procesos industriales y la preservación del medio ambiente", se ejecutaron las actividades programadas y se organizó el "Curso Regional de Capacitación para Aplicaciones de Radiotrazadores en Procesos Minero-Metalúrgicos y del Medio Ambiente Relacionado", el cual fue dictado sólo con los especialistas de la Sección SIMA y reconocidos asesores nacionales de empresas mineras chilenas.

También 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 64 millones de pesos.

PARTICIPACIÓN INTERNACIONAL

- Proyecto regional RLA/8/042: "Applications of Nuclear Technology for Industrial Processes Optimization and Environment Protection", proyecto en el cual se promueven las aplicaciones a nivel regional y la CCHEN aporta su experticia en el ámbito minero y metalúrgico.

PARTICIPACIÓN NACIONAL

- Proyecto Fondecyt 1070106 "Modelación y supervisión de circuitos de flotación industrial" con la Universidad Técnica Federico Santa María y la División El Teniente de CODELCO Chile.

PUBLICACIONES INTERNACIONALES

- "Short time response in a big flotation cell". Yianatos, J.B.; Larenas, J.; Moys, M.; **Díaz, F.** International Journal of Mineral Processing, Vol. 89, pp. 1-8 (2008).
- "Froth mean residence time measurement in industrial flotation cells". Yianatos, J.B.; Bergh, L.G.; Tello, K.; **Díaz, F.**; Villanueva, A. Minerals Engineering, Vol. 21, pp. 982-988 (2008).
- "Residence time distribution in single big industrial flotation cells". Yianatos, J.B.; Bergh, L.G.; Tello, K.; **Díaz, F.**; Villanueva, A. Minerals & Metallurgical Processing Journal, Vol.25, N°1, pp. 46-52 (2008).
- "RTD of the gas phase in a 130m³ self-aerated flotation cell". **Díaz, F.**; Yianatos, J.; Contreras, F. 5th International Conference on Tracers and Tracing Methods, TRACER 5. Tiradentes, Minas Gerais, Brasil. 03 - 06 Noviembre 2008.
- "Application Of Radioactive Tracers In Pulp Follow Up During A Digester Blowing In A Multiple Batch-Digester Pulp Mill". **Francisco Díaz V.**, Darren Ledermann M., Hernán Arriagada C. 5th International Conference on Tracers and Tracing Methods, TRACER 5. Tiradentes, Minas Gerais, Brasil. 03 - 06 Noviembre 2008.
- "Use Of Radiotracer In Copper Hydrometallurgical Operations". Jorge Menacho, **Francisco Díaz**. Conferencia Plenaria. 5th International Conference on Tracers



GOBIERNO DE CHILE
COMISION CHILENA
DE ENERGIA NUCLEAR

and Tracing Methods, TRACER 5. Tiradentes, Minas Gerais, Brasil. 03 - 06 Noviembre 2008.

- "Modelling and diagnosis of flotation circuits". Yianatos, J.; Berg, L.; **Díaz, F.** Primer Encuentro Internacional de Automatización en la Industria Minera, AUTOMINING 2008, Santiago, CHILE. 23 - 25 abril 2008.

INFORMES TÉCNICOS

- Informe de Actividades y Resultados del Contrato N°4500808636 denominado "Servicios de Determinación de Tiempos de Residencia en Celdas de Flotación - División Andina", entre la Corporación Nacional del Cobre de Chile y la Comisión Chilena de Energía Nuclear. Usuario: CODELCO Chile. Marzo 2008
- Medición de Caudales en los Ríos Cuervo y Marta, XI Región de Aysén. Campaña Abril 2008. Usuario: Energía Austral Ltda. Abril 2008.
- Medición de Caudales en los Ríos Cuervo y Marta, XI Región de Aysén. Campaña Mayo 2008. Usuario: Energía Austral Ltda. Abril 2008.
- Caracterización de Flujos de Aguas Subterráneas en Pozos del Sector del Tranque Huechún, Pertenecientes a División Andina de CODELCO Chile, Mediante Ensayos de Dilución de Trazador en Pozo Único, Para GP Consultores Ltda. Usuarios: GP Consultores Ltda. y CODELCO División Andina. Mayo 2008
- Informe de Actividades y Resultados del Contrato N°4500828920 denominado "Servicios de Determinación de Tiempos de Residencia en Celdas de Flotación – División El Teniente", entre la Corporación Nacional del Cobre de Chile y la Comisión Chilena de Energía Nuclear. Usuario: CODELCO Chile. Agosto 2008.
- Estudios de Interconexión de Agua entre Pozón y Pozos de Observación en Sector del Tranque Ovejería, Pertenecientes a Minera Andina, Mediante Ensayos con Tritio y Trazadores Fluorescentes. Usuario: GP Consultores Ltda. y CODELCO División Andina. Septiembre 2008.
- Caracterización de Flujos de Aguas Subterráneas en Pozos Experimentales de Sector Mina Damiana, de División El Salvador de CODELCO Chile, Mediante Ensayos de Dilución de Trazador en Pozo Único e Interconexión. Usuario: Instituto de Innovación en Minería y Metalurgia S.A. Octubre 2008. Octubre 2008.
- Estudio de Interconexión de Aguas Subterráneas en Pozos Experimentales de Sector Mina Damiana, de División El Salvador de CODELCO Chile, Mediante Tritio Como Radiotrazador. Usuario: Instituto de Innovación en Minería y Metalurgia S.A. Noviembre 2008.



GOBIERNO DE CHILE
COMISION CHILENA
DE ENERGIA NUCLEAR

LABORATORIO DE ISOTOPOS AMBIENTALES

Encargada de Laboratorio: Evelyn Aguirre D.

E-mail: eaguirre@cchen.cl

OBJETIVOS

Aplicar y desarrollar técnicas basadas en la utilización 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: Estudios de ecosistemas agua-suelo-planta, determinación de ciclos fotosintéticos por discriminación isotópica.
- Servicios y asesorías: 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. Servicios de muestreo y mediciones fisicoquímicas en terreno. Servicio de muestreo para análisis de Tritio (^3H) y Carbono-14 (^{14}C). y asesorías en uso de técnicas con isótopos estables y espectrometría de masas.

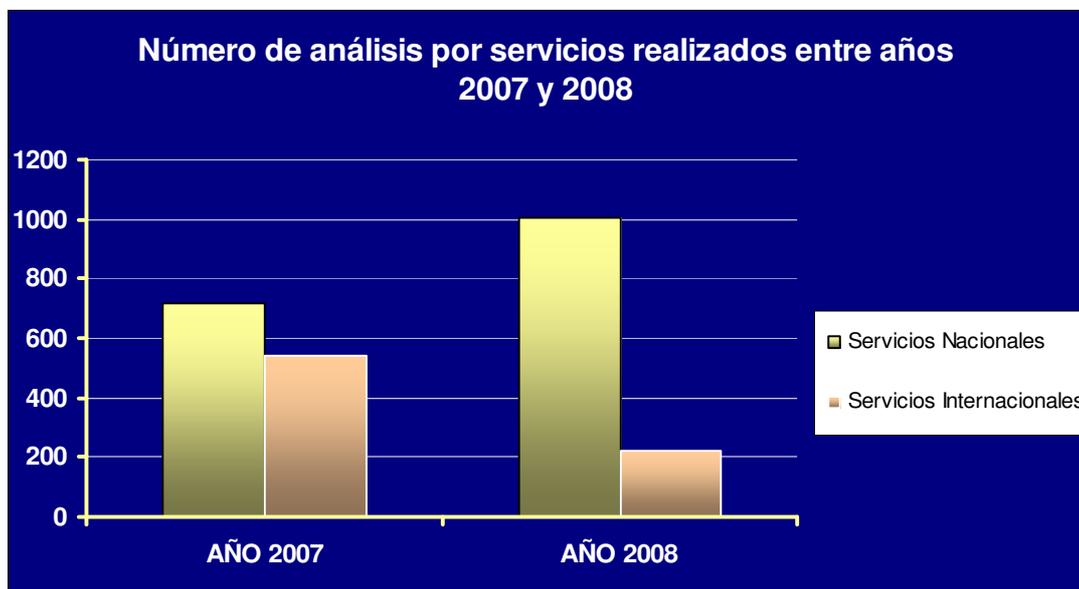
RESULTADOS RELEVANTES DEL PERÍODO

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, asistiendo a empresas nacionales e internacionales.

Los datos isotópicos del recurso hídrico están siendo muy utilizados por empresas del rubro de la minería para estudios de la disponibilidad del recurso; especial mención merece el contrato anual de servicio con CODELCO-Norte, que implicó en 2008 la determinación de análisis isotópico de Deuterio y Oxígeno a 120 muestras de aguas de zonas mineras de la Segunda Región.



GOBIERNO DE CHILE
COMISION CHILENA
DE ENERGIA NUCLEAR



El Laboratorio es reconocido por el OIEA como Centro Designado ARCAL y realiza 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. Durante 2008 el OIEA lo seleccionó para capacitar a la becaria Srta. Carmen Rondón procedente de Venezuela; el entrenamiento tuvo una duración de 2 meses y se basó en manejo del Espectrómetro de Masas, la realización de análisis isotópicos y la preparación de patrones de Laboratorio. La encargada del Laboratorio cumplió el rol de tutora de la becaria ante el OIEA y la CCHEN.

Se preparó y calibró un nuevo patrón de laboratorio en aguas subterráneas LR4-2 para Deuterio y Oxígeno-18; para ello se utilizó material de referencia internacional que prepara el OIEA.

En el ámbito de colaboración con el OIEA, se realizó el monitoreo mensual de contenidos isotópicos de Deuterio y Oxígeno-18 y el muestreo para análisis de tritio en las precipitaciones de las Estaciones Meteorológicas de Santiago, Isla de Pascua, La Serena, Puerto Montt y Punta Arenas para la GNIP, (Global Network for Isotopes Precipitation) que coordina el OIEA y la OMM (Organización Meteorológica Mundial). El proyecto mundial GNIP tiene como finalidad la colección y resguardo de los contenidos isotópicos contenidos en las precipitaciones, los cuales se utilizan en estudios hidrogeológicos y en la gestión del recurso hídrico; además en los últimos años esta base de datos se ha utilizado en estudios e investigaciones de cambio climático y calentamiento global. Los datos isotópicos nacionales correspondientes al



GOBIERNO DE CHILE
COMISION CHILENA
DE ENERGIA NUCLEAR

año se remiten al OIEA y desde 2002 se publican también en el Anuario de Estadísticas Medioambientales del Instituto Nacional de Estadísticas (INE).

Dentro de este marco de colaboración, la encargada del Laboratorio de Isótopos Ambientales fue invitada por el OIEA a una Reunión de Coordinación de Aseguramiento de Calidad de la Red de Laboratorio de Hidrología Isotópica. En esta oportunidad se entregaron pautas y recomendaciones para elaborar posteriormente un Manual de Calidad.

En el marco del convenio con la Universidad de La Serena, durante 2008 se participó en el proyecto FONDECYT “Establecimientos de arbustos nativos en zonas áridas, compromiso entre tolerancia sombra y sequía”. Se entregaron los informes de resultados correspondientes a muestras de pozos de la zona de estudio, lluvias y agua de riego utilizada en los ensayos de las especies arbustivas seleccionadas.

Además durante 2008 se aprobó el proyecto OIEA CHI/8/029 “Evaluating Water Resources in Arid Watersheds of Northern Chile Using Isotopic and Hydrogeochemical Techniques for Sustainable Management” que se desarrollará en conjunto con la Universidad de La Serena y la Pontificia Universidad Católica. En este proyecto se espera recibir un instrumento espectroscopio láser para medición de Deuterio y Oxígeno-18 en aguas que implicará un aumento de las capacidades analíticas.

La encargada del Laboratorio de Isótopos Ambientales participa, invitada por el Comité del Año Internacional del Planeta Tierra, en el grupo de Aguas Subterráneas.

En 2008, se distribuyó entre los usuarios y clientes del Laboratorio la Encuesta de Satisfacción al Cliente que fue respondida por un 90% de las entidades seleccionadas y cuyo resultado arrojó que el servicio de análisis isotópico prestado por el laboratorio ha sido muy satisfactorio.

PARTICIPACIÓN INTERNACIONAL

- Red Global para monitoreo Isotópico de las Precipitaciones, GNIP (Global Network for Isotopes Precipitation) que coordina el OIEA y la OMM (Organización Meteorológica Mundial). En Chile se monitorean mensualmente las precipitaciones determinando los contenidos isotópicos de Deuterio y Oxígeno-18 de las Estaciones Meteorológicas de Quinta Normal Santiago, Isla de Pascua, La Serena, Puerto Montt y Punta Arenas; además se extraen muestras para análisis de tritio en las mismas estaciones.



GOBIERNO DE CHILE
COMISION CHILENA
DE ENERGIA NUCLEAR

PARTICIPACIÓN NACIONAL

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

INFORMES TÉCNICOS

- “Monitoreo de Precipitaciones año 2007”. E. Aguirre, M. Gallardo, P. Moya. 2008.



GOBIERNO DE CHILE
COMISION CHILENA
DE ENERGIA NUCLEAR

SECCION METROLOGIA QUÍMICA

Jefe de Sección: Sr. Oscar Andonie Z.

E-mail: 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 servicios de análisis químico de elementos traza y/o determinación de pureza radionucleida, en muestras de origen biológico (vegetales, marinos, tejidos humanos y de animales), geológico (suelos, sedimentos, minerales), medioambiental (material particulado, alimentos) arqueológico (cerámicas) y muestras de procesos, entre otras.
- Certificación de materiales. Cooperación en la certificación de Materiales de Referencias para su uso en análisis químico.
- 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.
- Promoción de la utilización adecuada de los materiales de referencia para la calibración de instrumentos, validación de metodologías analíticas y armonización de las mediciones.
- Organización de ensayos de aptitud y rondas de intercomparación. Evaluación estadística e interpretación de los resultados.

RESULTADOS DESTACABLES DEL PERÍODO

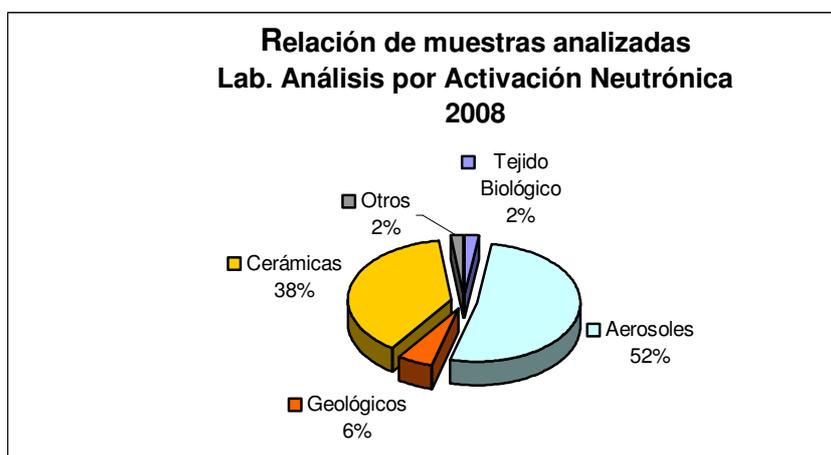
En septiembre de 2008, por necesidades institucionales, se reorganiza la Sección Metrología Química. Se transfiere el Laboratorio de Análisis Químico por técnicas instrumentales convencionales al Departamento de Materiales Nucleares y el Sr. Eduardo Cortés T. es promovido a Jefe de la Oficina de Cooperación Técnica y Relaciones Internacionales; conservando en la Sección Metrología Química las técnicas primarias de análisis por Activación neutrónica e ICP-MS.



GOBIERNO DE CHILE
COMISION CHILENA
DE ENERGIA NUCLEAR

El Laboratorio de Análisis por Activación Neutrónica desarrolla su programa de aseguramiento de calidad, por lo cual se mantiene Acreditado por el INN según Norma NCh-ISO 17025:Of 2005. Durante 2008 realizó un total de 8.591 determinaciones analíticas como servicios a usuarios internos y externos a la institución, lo cual implicó un aumento de un 44% respecto a las realizadas el año anterior.

El grafico siguiente muestra los principales tipos de muestras analizadas en 2008 y el porcentaje de cada una de ellas con relación al total de determinaciones.



Se inició también la determinación de Renio en molibdenita mediante Análisis por Activación Neutrónica Instrumental. Este elemento es de gran interés para el país ya que Chile es uno de los países con las mayores reservas de Renio.

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 la caracterización química de muestras de cerámicas prehispánicas provenientes de seis sitios arqueológicos del Valle Central de Chile y su posterior evaluación estadística permitió distinguir grupos composicionales los que denotan fuentes de procedencia de materias primas las que interpretamos como locus de producción de los artefactos cerámicos. Estos datos pasaran a formar parte de la Base de Datos regional conjuntamente con los datos obtenidos por el resto de los países participantes de este proyecto. La base de datos regional se encuentra actualmente en preparación



GOBIERNO DE CHILE
COMISION CHILENA
DE ENERGIA NUCLEAR

En el marco del proyecto Regional OIEA, RLA/1/010 “Mejora de la gestión de las masas de agua que están contaminadas con metales” el participante de Chile realizó la evaluación estadística de los resultados obtenidos de cada uno de los participantes de este proyecto correspondiente a los ensayos de aptitud para la muestra de sedimento y de agua. El resultado fue presentado por Chile (Luis Muñoz) en un taller con la participación de todos los integrantes del proyecto en Costa Rica.

Durante el período el laboratorio de activación neutrónica participó en ocho programas de intercomparaciones (Estudios Pilotos, Ensayos de Aptitud y/o estudio interlaboratorios), con la finalidad de comprobar el comportamiento de los procedimientos utilizados y en otros casos contribuir con la certificación de candidatos a Materiales de Referencias. Siete de estos programas fueron organizados por Instituciones Internacionales y uno de ellos por Institutos Nacionales.

En el marco de trabajo del proyecto CHI/5/046 “Certificación de Productos Pecuarios de Exportación, Mediante la Utilización de Técnicas Nucleares y Conexas”, se habilitó la técnica ICP–MS poniendo en operación instrumentación recibida bajo este proyecto.

PARTICIPACIÓN INTERNACIONAL

- Proyecto Regional para América Latina y el Caribe del 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”.
- 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.
- 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 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”
- Programas de Intercomparaciones:
 - Muestras de Polipropileno, CCQM P106 Pilot Study, National Institute of Metrology RP. China.
 - Muestra de Phosphogypsum, CCQM-P104 Pilot Study. Organizado por Organismo Internacional de Energía Atómica.



GOBIERNO DE CHILE
COMISION CHILENA
DE ENERGIA NUCLEAR

- Muestras de Cereal. Nutritional Components of Food, Proficiency Testing Round 41. Swedish National Food Administration, Sweden.
- Muestra de Leche, Trace Elements in Food, Proficiency Testing Round 17: Milk. Swedish National Food Administration, Sweden.
- Muestras de Minerales. Ejercicio de intercomparación para la certificación de Minerales de Plomo, de Cinc y de Oro Plata (2). Instituto Boliviano de Metrología, IBMETRO y Dirección Técnica de Acreditación, DTA.
- Muestras de Tabaco. Estudio para la Certificación de 2 muestras de tabacos. Institute of Nuclear Chemistry and Technology, Department of Analytical Chemistry, Poland.
- Muestras de Bauxitas. Estudio para certificar 10 muestras de Bauxitas candidatas a Materiales de Referencias. Centro de Tecnologia Mineral, Brasil.

PARTICIPACIÓN NACIONAL

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

PUBLICACIONES INTERNACIONALES

- "A comparative neutron activation analysis study of common generic manipulated and reference medicines commercialized in Brazil". A.S. Leal, M.A.B.C. Menezes, R.R. Rodrigues, O.Andonie, P.Vermaercke, L.Sneyers. Applied Radiation and Isotopes, 66 (10) pp. 1307-1312. Octubre 2008.



GOBIERNO DE CHILE
COMISION CHILENA
DE ENERGIA NUCLEAR

SECCION DESARROLLOS INNOVATIVOS

Jefe de la Sección: Dr. Lipo Birstein F.

E-mail: lbirstein@cchen.cl

OBJETIVOS

Desarrollar proyectos innovativos sobre instrumental y/o metodologías 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

Durante 2008, se realizaron mediciones y calibraciones de Dosis efectiva en torno a la fuente de Neutrones de la Sección de Metrología de las Radiaciones Ionizantes, SMRI, del departamento de Protección Radiológica y Ambiental, con el fin de establecer a esta fuente como un posible patrón de calibración. Para estas mediciones se usó el Dosímetro Absoluto de Neutrones diseñado y construido en la Sección Desarrollos Innovativos.

También se completaron las mediciones de evaluación de un sistema para calibraciones de fuentes Beta basado en una cámara de Extrapolación; trabajo realizado también para la SMRI.

En relación al desarrollo e implementación del haz externo de Protones del Ciclotrón, se continuó con los trabajos preparativos completando y probando un degradador de energía de protones y una cámara de dispersión para evaluar el haz. Se contempla finalizar la evaluación de este haz a fines de 2009. Durante 2010 se ha planificado la implementación de un haz de Neutrones monoenergéticos a partir del haz de Protones degradados. Este trabajo se desarrolla para el Departamento de Producción y Servicios de la CCHEN (DPS).

También para el DPS, se comenzó a desarrollar una Gama-Cámara de tamaño pequeño para estudios con animales pequeños.



GOBIERNO DE CHILE
COMISION CHILENA
DE ENERGIA NUCLEAR

Finalmente, se validó el control del sellado por fugas de He en alto vacío, de blancos de Uranio a ser utilizados en la producción de Molibdeno de Fisión. Trabajo para el DPS.

PUBLICACIONES INTERNACIONALES

- Multiplication Factors in Ethylene filled Proportional Counters. H. Loyola, L. Birstein and A. Hevia. Rad. Prot. Dosim. Vol 132, pgs 25-28, (2008)
- Development of an Absolute Neutron Dosimeter. L. Birstein, C. Acevedo and H. Loyola. Journal of Physics, Conf. Series. Vol. 134 (2008) 12039. XV Chilean Physics Symposium.

PUBLICACIONES NACIONALES

- Multiplication factors in ethylene filled proportional counters. H. Loyola, L. Birstein, y A. Hevia. XVI Simposio Chileno de Física. Valparaíso 12 - 14 de Noviembre de 2008.