



**fcfm**

Ingeniería  
y Ciencias

FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

Revista

n°47 | VERANO 2010

FCFM / UNIVERSIDAD DE CHILE



# Nace el Centro Sismológico Nacional

Lixiviación Bacteriana:  
**Biología y  
Matemática al  
Servicio de la  
Industria Minera**

MS Elastomers:  
**Hacia la creación  
de materiales  
inteligentes**

**Históricos  
Innovadores:**  
Arturo Arias Suárez

**NIC Labs:** Investigación de clase mundial en tecnologías IP

Ceremonia de **Graduación 2009**

n°47 | VERANO

## La FCFM en el Bicentenario

**En el año del Bicentenario de la nación, los miembros de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile podemos mirar con orgullo los resultados de una política de desarrollo** que se extiende por más de una década y que mantiene como ejes principales el fortalecimiento de cuadros académicos capaces de abordar con éxito problemas científicos de frontera, el mantenimiento de las actividades de pre y postgrado de primer nivel y la modernización y ampliación de la infraestructura para las tareas de investigación y docencia.

Los exitosos resultados de esta política, sólo pueden traducirse en un mayor crecimiento. En el futuro habrá más estudiantes que formar, más proyectos que abordar, más profesores visitantes, un número creciente de alumnos de intercambio, más conexiones internacionales, más demandas de espacio, más laboratorios y talleres. En fin, el desafío sigue siendo interesante para consolidar esta Facultad como el principal centro científico-tecnológico a nivel nacional.

Hace exactamente un siglo, y animados por el entusiasmo que despierta la conmemoración de efemérides importantes, las autoridades de la Facultad se movieron para expandir sus actividades a un edificio propio, aprobándose en mayo de 1910 que el Decano de la época realizara gestiones para obtener el terreno que actualmente ocupa la Facultad. Un siglo después, el Bicentenario encuentra a la FCFM embarcada en el mayor proyecto de ampliación de infraestructura desde su traslado a la calle Beauchef, el proyecto Beauchef Poniente, el que una vez finalizado abrirá espacios para plantearse nuevos desafíos, todavía más ambiciosos que los actuales.

**fcfm**  
Ingeniería  
y Ciencias

FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

Representante Legal  
Francisco Brieva R.

Director  
Patricio Aceituno G.

Editora Periodística  
Valeria Villagrán A.

Periodistas:  
Ana María Sáez C.  
Sofía Vargas P.

Colaboradores:  
Daniela Cid M.  
Ana Gabriela Martínez A.

Fotografía:  
Marco Antonio Angelini V.  
Patricio Baeza G.  
Equipo Área de Comunicaciones y  
Colaboradores FCFM.

Dirección  
Beauchef 850, Torre Central, 3° piso  
Área de Comunicaciones  
Santiago, Chile  
Teléfono: 9784417  
E-mail: [comunicaciones@ing.uchile.cl](mailto:comunicaciones@ing.uchile.cl)  
Sitio Web: [ingenieria.uchile.cl](http://ingenieria.uchile.cl)

Diseño:  
[www.publisisga.cl](http://www.publisisga.cl)

Revista FCFM es una publicación de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile. La reproducción, total o parcial, de sus artículos debe citar el nombre de la Revista y su Institución.

Revista FCFM n°47 – ISSN 0716-3088

Versión online disponible en:  
[http://ingenieria.uchile.cl/revista\\_fcfm](http://ingenieria.uchile.cl/revista_fcfm)

## Noticias y Eventos

- FCFM suma tres nuevos Proyectos Anillos
- Lala Vidaurre, la nueva Mujer del Siglo XXI
- Decano Francisco Brieva recibe premio "Raúl Devés Jullian" • Más de mil personas se reunieron en el XII Congreso Geológico • El universo seduce en Feria Internacional del Libro • Graduados de programas de doctorado en la FCFM durante el 2009 • Semana Minera en la FCFM insta una nueva tradición
- Físicos nucleares se reunieron en Beauchef
- Ascensos Académicos • NIC Chile conmemoró "22 años de un sueño" ..... 2-7

## Alumnos

- Talleres recreativos: Beauchef en Movimiento ..... 30-33
- Breves ..... 34-35

## Vinculación empresa

- NIC Labs: Investigación de clase mundial en tecnologías IP ..... 36-39

## Históricos Innovadores

- Arturo Arias Suárez: Intensidad a toda prueba ..... 40-43



3



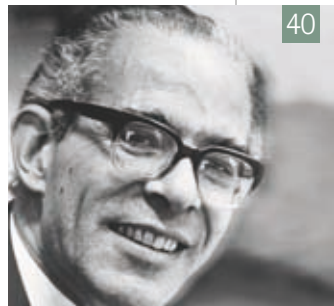
22



26



30



40

## Actualidad

- Nace el Centro Sismológico Nacional ..... 8-13

## Investigación

- Manuel del Pino: Trabajando en el Límite ..... 14-17
- Lixiviación Bacteriana: Biología y Modelación Matemática al Servicio de la Industria Minera ..... 18-21
- MS Elastomers: Hacia la creación de materiales inteligentes ..... 22-25

## Facultad

- Ceremonia de Graduación 2009 ..... 26-29

## Beauchefianos por el Mundo

- Karl Roennberg, Mallorca, España; Octavio Betancourt, Nueva York, Estados Unidos; Verónica Fuster, California, Estados Unidos ..... 44-45

## Personajes

- Tomás Guendelman: Medalla de Oro 2009 del Instituto de Ingenieros ..... 46-48
- Jacobo Rapaport: Visionario de la Física ..... 49-51

## Recomendaciones Online

- Leonardo Basso • Martín Reich • Nicolás Beltrán ..... 52

## FCFM suma tres nuevos Proyectos Anillos

Con novedosas iniciativas multidisciplinares, la FCFM logró adjudicarse tres de los 20 proyectos del Tercer Concurso Nacional de Proyectos Anillos de Investigación en Ciencia y Tecnología de CONICYT.

Entre las propuestas, que tendrán una duración máxima de tres años y recibirán cerca de 150 millones de pesos anuales, se incluyen *"Quantitative methods in security"*, liderada por el académico del Departamento de Ingeniería Matemática, Raúl Manasevich; *"Center for Analysis of*

*partial differential equations (CAPDE)"*, dirigida por el Prof. Patricio Felmer, del mismo departamento; y *"Dynamics of disordered and heterogeneous media"*, encabezada por el académico del Departamento de Física, Nicolás Mujica.

Con estas tres iniciativas, la FCFM ya suma un total de siete Proyectos Anillos y contribuye a posicionar la Universidad de Chile como líder en la adjudicación de este tipo de iniciativas de investigación, con un total de seis proyectos asignados durante 2009.



## Lala Vidaurre, la nueva Mujer del Siglo XXI



Todo aquel que egresa de Beauchef ha pasado por la oficina de Audalissa Vidaurre. Desde allí, la encargada de la Oficina de Títulos y Grados, más conocida como "Lala", se ha preocupado por más de dos décadas de regularizar las situaciones de los estudiantes de la FCFM y comenzar los trámites de titulación o de obtención

de grados académicos. Una importante labor que ella define como "gratificante" y por la que en noviembre último fue reconocida con el Premio Mujer del Siglo XXI.

Responsabilidad, perseverancia y afecto en el día a día contribuyendo al crecimiento de la Universidad fueron los valores que este año motivaron la elección de las galardonadas, cualidades que la funcionaria de la FCFM ha cumplido con creces, después de toda una vida dedicada a la Facultad.

"No conocía este reconocimiento. Por lo mismo me emocioné mucho cuando me contaron que me encontraba en la lista de las premiadas de este año", dijo Audalissa Vidaurre al referirse a su nominación para recibir el premio creado

en 2003 por iniciativa de la Vicerrectoría de Asuntos Académicos y de la Dirección de Comunicaciones de la Universidad de Chile, con el fin de destacar el rol de la mujer al interior de la Casa de Bello. "Creo que fue una acertada decisión postular a un cargo en la Universidad de Chile. Acá he aprendido mucho y estar ligada a los estudiantes en su proceso de titulación es muy emocionante. La verdad es que me siento feliz de ser parte de la comunidad de Beauchef", agregó.

La encargada de la Oficina de Títulos y Grados de la FCFM es la séptima integrante de la comunidad beauchefiana galardonada con el premio Mujer Generación Siglo XXI. Académicas como Alejandra Mizala, María Leonor Varas y Diana Comte, han sido premiadas en años anteriores.

## Decano Francisco Brieva recibe premio "Raúl Devés Jullian"

En una ceremonia a la que asistieron autoridades universitarias y académicos de la FCFM, el Decano de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Francisco Brieva Rodríguez, recibió el premio "Raúl Devés Jullian", que cada dos años otorga el Instituto de Ingenieros. Durante el acto, que se realizó el 22 de octubre último, el Decano Brieva recibió la distinción de manos del Vicepresidente del Instituto de Ingenieros, Sebastián Bernstein, por sus contribuciones a la enseñanza de la Ingeniería en el país.

El discurso de presentación del Premio "Raúl Devés Jullian" 2009 estuvo a cargo del académico de la FCFM, Guillermo González, quien en 2007 obtuvo el mismo reconocimiento. Tras referirse al Decano



Francisco Brieva como "una de esas personas que tiene importantes ideas que luego es capaz de convertir en realidad", destacó proyectos emblemáticos de su decanato, como los cubos tecnológicos (laboratorios con paredes de cristal que permiten ver el trabajo científico en su interior), el impulso a la formación de académicos jóvenes iniciada en 1999 y la innovación en la enseñanza de la Ingeniería a través del nuevo currículum implementado en 2007.

Junto con agradecer la distinción, el Decano Brieva dijo que en la FCFM "la enseñanza de la ingeniería se guía por la concepción de entenderla como un 'arte', con el compromiso de cultivarla a diario para lograr niveles de excelencia". En esta línea, además, reafirmó el "compromiso de nuestra Escuela de Ingeniería y Ciencias de abrazar con entusiasmo la misión de la Universidad de Chile en la generación del saber en todas las áreas del conocimiento".

El Prof. Francisco Brieva Rodríguez es Ingeniero Civil Electricista (1973) y Magíster en Física de la Universidad de Chile. Obtuvo su Ph. D. en Física en la Universidad de Oxford en 1978. En 1988 fue nombrado Profesor Titular de la U. de Chile, y en 1993 fue reconocido como Miembro De Número de la Academia Chilena de Ciencias. Desde 2002 es Decano de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de esta casa de estudios.

## Más de mil personas se reunieron en el XII Congreso Geológico

Cuatro días marcados por una discusión de alto nivel caracterizaron el desarrollo del XII Congreso Geológico Chileno, que se realizó del 22 al 26 de noviembre. La cita organizada por el Departamento de Geología de la FCFM, convocó a más de 1200 científicos, estudiantes y profesionales, tanto chilenos como extranjeros.

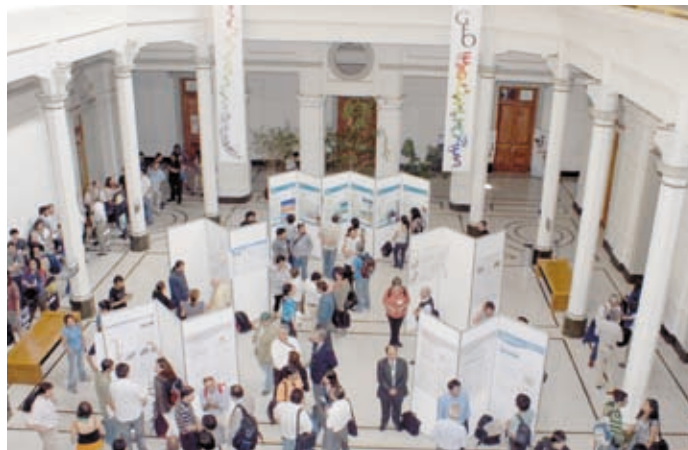
El comienzo estuvo marcado por un homenaje al destacado profesor del Departamento de Geología de la FCFM Juan Varela Barbagelata, fallecido en 1993, y en cuyo honor se realizó esta versión del Congreso. A continuación, se dio inicio a los 13 simposios temáticos entre los que destacó el de Historia de la Geología en Chile, donde el Decano de la FCFM, Francisco Brieva, se refirió a la vida de

Ignacio Domeyko. En la sesión de la Sociedad Geológica de Chile, se reconoció el desempeño del beauchefiano Carlos Prades, ganador del premio al alumno sobresaliente 2006-2009.

Las asambleas incluyeron charlas de expertos mundiales como Nina Kukowski, de GFZ Postdam, Alemania, John M.A. Hronsky, de Western Mining Services y University of Western Australia, y Ricardo Armijo, del Instituto de la Física del Globo de París. Este último expuso un trabajo sobre la causa de la falla sísmológica de San Ramón, en Santiago, realizado en conjunto con Robin Lacassin y los académicos de la FCFM Gabriel

Vargas, Ricardo Thiele, Jaime Campos, Edgard Kausel y el estudiante Rodrigo Rauld, presentación que generó gran debate.

Este año, el XII Congreso Geológico Chileno recibió 462 trabajos y entre sus innovaciones destacó la realización de un mayor número de simposios, cada uno de ellos con enfoque multidisciplinario.



## El universo seduce en Feria Internacional del Libro

Con la convicción de que un libro puede llevar el conocimiento a los lugares menos pensados, el académico de la FCFM y Premio Nacional de Ciencias Exactas 1999, José Maza, presentó la segunda edición de su exitosa obra, "Astronomía Contemporánea", en la 29ª Feria Internacional del Libro de Santiago.

En el lanzamiento, a cargo de la académica del Departamento de Astronomía de la FCFM y Premio Nacional de Ciencias Exactas 1997, María Teresa Ruiz, el autor agradeció a Ediciones B por reeditar "Astronomía Contemporánea", cuando se cumplen 21 años de la publicación de su primera versión. El académico recordó que la idea original del libro lanzado, en su primera edición por Editorial Universitaria, "surgió después de escribir siete

suplementos sobre astronomía para Icarito, a propósito del paso del Cometa Halley en 1986".

La segunda edición, que nació en el marco del Año Internacional de la Astronomía, cuenta con las últimas dos décadas de historia y avances de esta apasionante ciencia, y nuevas ilustraciones e imágenes. "El libro está pensado para toda la gente que no sabe nada de Astronomía", aseguró Maza, quien recordó la carta que un joven de 17 años le hizo llegar desde la cárcel de Punta Arenas pidiéndole libros de Astronomía.



José Maza autografiando su libro.

"Creo que con una charla puedo llegar a mucha gente, pero en un libro está la posibilidad de llegar a lugares que nunca podría imaginar", destacó el astrónomo, quien agradeció a la Universidad de Chile por el apoyo brindado para la producción de su nuevo trabajo.

## Graduados 2009 de programas de doctorado en la FCFM

**U**n total de 19 estudiantes de la Escuela de Postgrado de la FCFM obtuvieron durante el año 2009 el máximo grado académico que entrega la Universidad de Chile. La consolidación de los programas de doctorado impartidos por la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas se refleja en el alto interés que los 11 programas que se ofrecen actualmente despiertan entre postulantes chilenos y extranjeros.

Los egresados de la FCFM José Aliste, Álvaro Coronel y Flavio Guiñez; Jorge Huentutripay, ingeniero de la Universidad de Concepción, Julio López, ingeniero de la Universidad Nacional de Trujillo, Perú, junto con la profesora de la FCFM María Leonor Varas, fueron los seis doctores que se graduaron en el Programa de Doctorado en Ciencias de la Ingeniería mención Modelación Matemática. A su vez, el Programa de doctorado en Ciencias de la Ingeniería mención Fluidodinámica logró

sus dos primeras graduaciones desde su comienzo en 2002: Alberto de la Fuente, ingeniero civil hidráulico de la FCFM y Wernher Brevis, ingeniero civil de la Universidad de Concepción.

Por otra parte, el Programa de Doctorado en Ciencias, mención Computación, graduó a dos nuevos doctores: Renzo Angles, ingeniero de la Universidad Católica de Santa María de Perú y Diego Arroyuelo, licenciado en Ciencias de la Computación de la Universidad Nacional de San Luis, Argentina.

De igual forma, tres estudiantes se graduaron el 2009 del Programa de Doctorado en Ciencias, mención Astronomía: los egresados de la FCFM Luis Chavarría y Harold Francke, y Christian Moni, titulado de la Universidad de Padua, Italia. A lo que se suman los nuevos graduados del Programa de Doctorado en Química de la Universidad de Chile y

egresados de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas: Irma Fuentes, Verónica Gautier y Claudio Escobar.

Como un gran aporte al desarrollo científico, calificó el director del Departamento de Ciencias de los Materiales, Ricardo Letelier, las tesis desarrolladas por los dos graduados durante el año 2009 en el Programa de Doctorado en Ciencias de la Ingeniería, mención Ciencia de los Materiales: Mario Díaz y Donovan Díaz, ambos ingenieros de la FCFM.

Finalmente el ingeniero eléctrico de la Universidad de Chile, Alfredo Núñez se transformó en el primer graduado del Programa de Doctorado en Ingeniería Eléctrica con su tesis **"Design of Hybrid Predictive Control Strategies for Optimization of Operational Processes in Dynamic Transport Systems"**.





## Físicos nucleares se reunieron en Beauchef

Entre el 15 y el 19 de diciembre cerca de doscientos físicos nucleares se congregaron en el **VIII Latin American Symposium on Nuclear Physics and Applications**, patrocinado por la FCFM, a cargo del Profesor Hugo Arellano, y la Universidad del Estado de Arizona, equipo liderado por el físico chileno Ricardo Alarcón. El evento que se realiza cada dos años y que por primera vez se lleva a cabo en Chile, reunió a la comunidad científica y académica relacionada con las distintas áreas de investigación en física nuclear, tanto las vinculadas a sus aplicaciones como a sus aspectos fundamentales.

Entre las temáticas que se trataron estuvieron las aplicaciones de la física nuclear en la medicina, la energía y la seguridad nacional; avances en instrumentación nuclear y las instalaciones; estructura nuclear y las reacciones nucleares; astrofísica y física de partículas; entre otras.

Durante la ceremonia de inauguración se realizó un homenaje al destacado físico nuclear y ex académico de la FCFM, Jacobo Rapaport.

## Semana Minera en la FCFM instaurationa una nueva tradición

Todo un éxito resultó la primera cena Anual de Ingeniería de Minas de la FCFM de la Universidad de Chile, en el marco de la Semana Minera que organizó el Centro de Alumnos de la especialidad. El encuentro, que fue encabezado por el Decano de la Facultad, Prof. Francisco Brieva, junto al Director del Departamento de Ingeniería de Minas, Prof. Aldo Casali, y al Presidente de la Fundación de Ingenieros de Minas de la Universidad de Chile, Alberto Salas, contó con la asistencia de empresarios, ex alumnos y estudiantes, quienes pudieron estrechar vínculos y conocer los aspectos relevantes de la carrera.

En su discurso el Profesor Aldo Casali, felicitó a los estudiantes del Centro de Alumnos, quienes con su esfuerzo llenaron el salón con más de 200 asistentes. Asimismo, destacó que la carrera, con 155 años de vida, "ha crecido notablemente tanto en profesores como en alumnos".

Por su parte, el Presidente del Centro de Alumnos, Luis Felipe Orellana, junto con



*El Presidente del Centro de Alumnos, Luis Felipe Orellana en la cena anual.*

mostrarse muy satisfecho por el éxito de la actividad, dedicó unas palabras al profesor Jaime Chacón, "por su gran labor formando profesionales en todos estos años" y manifestó su deseo de que "esta cena se transforme en un tradición para los profesionales mineros".

La Semana Minera 2009 tuvo un variado programa de actividades entre las que destacaron también la Exposición Itinerante

de Codelco "El Hombre de Cobre", una mesa redonda que analizó el tema: "Oportunidades en Minería" y que contó con la participación de expertos de distintas empresas; salidas a terreno, en las que estudiantes de las diferentes especialidades de la Facultad tuvieron la oportunidad de visitar instalaciones vinculadas a la minería y la Feria de Prácticas y Memorias, actividad exclusiva para los alumnos de la carrera de Ingeniería Civil de Minas.

## Ascensos Académicos

**E**l ascenso en la carrera académica de cinco profesores de la FCFM confirma el buen momento por el cual atraviesa la Facultad, y la potencia como el mayor centro científico-tecnológico a nivel nacional.

**Nelson Baloian**, del Departamento de Ciencias de la Computación, y **Paulina Lira**, del Departamento de Astronomía (DAS), alcanzaron la jerarquía de Profesor Asociado, en tanto que los profesores **Michal Kowalczyk** y **Alejandro Jofré** del Departamento de Ingeniería Matemática, así como **Jaime Sánchez** del Departamento de Ciencias de la Computación, alcanzaron la cúspide de la carrera académica al serles otorgada la jerarquía de Profesor Titular.

Expertos en sus áreas, los académicos han desarrollado una muy destacada labor dentro de la FCFM, alcanzando además

un sólido reconocimiento a nivel nacional e internacional. Nelson Baloian, quien obtuvo su doctorado en la University of Duisburg en Alemania se ha dedicado a trabajar las áreas de instrucción asistida por computador, teoría de grafos, seguridad de datos y Java. Paulina Lira, académica del DAS desde 2002, obtuvo el Ph.D. en Astronomía en la Universidad de Edimburgo, Reino Unido y sus líneas de investigación son las galaxias activas y agujeros negros.

Entre quienes alcanzaron la más alta jerarquía académica de la Universidad de Chile está el académico de origen polaco Michal Kowalczyk, especialista en ecuaciones diferenciales parciales, quien se incorporó a la Facultad en 2005. Desde entonces ha conseguido importantes avances en su línea de investigación y un amplio reconocimiento entre sus alumnos por la calidad de su docencia. Por su parte, el

otorgamiento de la jerarquía de Profesor Titular al académico del DIM y actual sub-director del Centro de Modelamiento Matemático, Alejandro Jofré, reconoce su destacada labor en el ámbito de la ingeniería y matemática aplicada, así como sus aportes en la industria de telecomunicaciones y eléctrica, y su conocimiento del mercado energético chileno e internacional.

En el caso del Profesor Jaime Sánchez, su significativa contribución científica en el área de las tecnologías de la información y la comunicación, y sus aplicaciones en el campo de la educación fueron factores determinantes en el otorgamiento de la más alta jerarquía académica, que al igual que los profesores Kowalczyk y Jofré, se hizo merecedor del ascenso por consolidar un elevado prestigio nacional e internacional, desarrollando su actividad académica en forma sobresaliente.

## NIC Chile conmemoró "22 años de un sueño"

**P**robablemente, el desarrollo de internet en nuestro país no hubiera sido lo mismo sin el impulso de NIC Chile. Hoy, a 22 años de su gestación, el organismo dependiente del Departamento de Ciencias de la Computación (DCC) de la FCFM registra más de 260 mil dominios inscritos.

"Toda la internet chilena depende de NIC", asegura su director técnico, Prof. José Miguel Piquer, quien recorrió la historia del organismo en la charla "NIC Chile: 22 años de un sueño" realizada en dependencias de la Facultad. "Fuimos

líderes como universidad y país", aseguró Piquer en una conferencia en la que destacó hitos como la primera vez que el DCC se conectó a Internet, en 1992, la instalación del primer servidor web, en 1993, la creación de la primera página web en Chile, en 1997, y el impulso al sistema de factura electrónica en conjunto con el Servicio de Impuestos Internos (SII), en 2003.

"Hoy hemos logrado una cobertura enorme de servidores por todo el mundo y somos uno de los países que más utiliza el dominio local (.cl)", dijo Piquer.



# Nace el Centro Sismológico Nacional

*Terremoto de 1985, localidad de San Antonio.*



Foto: Juan Meza Lapandía, [www.fchilephoto.cl](http://www.fchilephoto.cl)



*El Director de la Red de Acelerógrafos del Depto. de Ingeniería Civil, Rubén Boroschek, y el Director del Centro Sismológico Nacional, Sergio Barrientos.*

A partir de este año estará operativa una de las redes sismológicas más instrumentalizadas de América, a cargo de un selecto grupo de científicos y técnicos de la FCFM. ¿Su misión?, recaudar información sísmica en una de las regiones del mundo con mayor frecuencia de movimientos telúricos y generar una base de datos con cobertura nacional, vital para mejorar los planes de emergencia y las normas sísmicas de construcción en el país.

**Señalar que Chile es uno de los países más sísmicos del mundo no es una novedad.** Menos aún si se considera que en los últimos 450 años ha sido afectado por 45 terremotos destructores, es decir, de magnitud mayor a 7.5, algunos de los cuales originaron maremotos significativos que afectaron gran parte de las costas del Pacífico.

Estos fenómenos naturales no sólo han causado alarma en la población, sino también un fuerte impacto en la economía nacional. Por ejemplo, el terremoto del 3 de marzo de 1985 provocó pérdidas cercanas al 9% del PIB. Precisamente para reducir estas mermas económicas y otorgar mayor seguridad a la población, los diseñadores de infraestructuras necesitan contar

con información sísmica básica del territorio, en especial de las zonas de mayor concentración demográfica y desarrollo económico. Sin embargo, hasta ahora Chile no contaba con una política nacional para la vigilancia sistemática de los fenómenos sísmicos que proporcionara una base de datos de calidad con cobertura nacional, esencial para mejorar las normas de diseño sismorresistente y los planes de emergencia.

### LOS PRIMEROS PASOS

El año 2007 será recordado por los habitantes de Aysén como el año en que una sucesión de sismos de distinta intensidad afectó a la zona durante meses. El más grande de ellos,

de magnitud 6.2 grados Richter, ocurrido el 21 de abril, produjo deslizamientos de tierra que generaron olas de hasta seis metros de altura que al impactar en la costa dejaron a tres personas fallecidas y otras siete desaparecidas.

Ante el preocupante escenario, días más tarde el Ministro del Interior de la época, Belisario Velasco, se reunió con académicos de los Departamentos de Geofísica y Geología y especialistas del Servicio Sismológico para analizar los acontecimientos ocurridos en Aysén. En la reunión, que se llevó a cabo en el campus Beauchef, nuestros expertos explicaron la necesidad de disponer de una red sismológica homogénea a lo largo del país y no distribuida



El Ministro del Interior, Belisario Velasco, junto a los científicos de la FCFM anuncian la creación del Centro Sismológico Nacional.



Estación sismológica con sistema solar y eólico.

sólo en algunas regiones, como la que existía hasta el momento.

La autoridad, entonces, propuso a los investigadores desarrollar una iniciativa tendiente a proveer al territorio nacional del equipamiento óptimo para el seguimiento permanente de la actividad sísmica.

En julio del mismo año, y en representación del grupo de investigadores que trabajó en el tema, el Director Científico del Servicio Sismológico de la FCFM, Sergio Barrientos, y el Director de la Red de Acelerógrafos del Departamento de Ingeniería Civil, Rubén Boroschek, presentaron el proyecto al Ministerio del Interior, el que fue aprobado por tres años y que comenzará a operar durante 2010. Así surgió el Proyecto

Bicentenario, Centro Sismológico Nacional dirigido por la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la U. de Chile, el que facilitará la modernización del actual Servicio Sismológico, que en la etapa de transición –alrededor de dos años– actuará como cabecera técnica del proceso. "Esta red contempla la expansión y modernización de los equipos, ya que incluye tanto instrumentos sismológicos como de infraestructura y suelo, utilizados por los ingenieros civiles. Estos instrumentos estarán dispuestos a lo largo de todo Chile", señala el Director del Centro Sismológico Nacional.

Los primeros pasos para mejorar el equipamiento se gestaron en noviembre de 2006, cuando el Dr. Barrientos y el Jefe del Servicio Sismológico, Carlos Aranda, iniciaron conversaciones con la

Directora de la Oficina Nacional de Emergencia (ONEMI), Carmen Fernández, sobre la necesidad de actualizar la instrumentación del Servicio Sismológico tanto en calidad como en cantidad y cobertura. En esa ocasión, la agencia técnica gubernamental manifestó su disposición a apoyar la iniciativa y a promoverla al interior de las autoridades de gobierno, lo que ocurrió meses más tarde.

Integrado por alrededor de 30 profesionales, el Centro tendrá sus oficinas principales en el campus Beauchef de la Universidad de Chile. "Nuestra idea es que, además de las tareas propias de nuestro centro, los estudiantes tengan la oportunidad de trabajar con nosotros, de hacer ciencia y estar en contacto permanente con esta información única que vamos a adquirir", agrega Barrientos.

## RECURSOS

"Chile presenta condiciones extraordinariamente favorables para la observación y captura de señales geofísicas relacionadas con los procesos de los terremotos, pero requiere de 'equipamiento mayor' distribuido a lo largo de todo el país, condiciones logísticas de instalación, mantención, operación y manejo de una base de datos con elevados estándares y grados de accesibilidad que son complejos y costosos", señala el Dr. Jaime Campos, académico del Departamento de Geofísica de la FCFM y Director del Núcleo Milenio Centro Internacional de Investigación de Terremotos Montessus de Ballore (CIIT-MB).

Considerando estos desafíos, el gobierno decidió entregar a la iniciativa un presupuesto inicial cercano a 18 millones de dólares, que en su mayor parte está destinado a la adquisición de equipamiento, mientras que el resto considera los recursos iniciales para la instalación, operación y mantención del Centro.

## A REGISTRAR

Contar con una red de instrumentos con cobertura nacional es indispensable para realizar una correcta identificación del peligro, la reducción y manejo del riesgo sísmico. Para ello, la Red de Observación Sismológica de este centro tendrá 65 estaciones sismológicas de banda ancha –capaces de registrar tanto sismos locales como aquellos ocurridos a miles de kilómetros y determinar la magnitud de los mismos– 140 estaciones de sistemas de posicionamiento

global (GPS) -las que estarán distanciadas entre 30 y 50 km. a lo largo de la costa, permitiendo identificar las zonas de ruptura de un sismo-, 25 estaciones de medición de temperatura, humedad y presión - que permitirán corregir los retrasos de las señales emitidas por los satélites GPS al pasar por la atmósfera-, 12 redes regionales y dos redes portátiles para apoyo durante crisis sísmicas (40 estaciones sismológicas y GPS). Por otra parte, la Red de Infraestructuras y Suelos que tendrá el Centro, contempla 300 acelerógrafos de superficie y una red portátil.

"Queremos tener una cobertura homogénea en las zonas donde se han generado los grandes terremotos en Chile, desde la Península de Taitao hacia el norte y en la región de la Falla de Magallanes. La idea es ubicar estaciones entre distancias que, en general, no superen los 100 km.", señala el Dr. Barrientos.

Gran parte de los instrumentos transmitirán sus datos en tiempo real a la central de procesamiento -ubicada en la FCFM- para su análisis y posterior distribución. "En la central instalaremos sistemas automáticos que actúen inmediatamente apenas se comiencen a recibir las señales en los diferentes sensores, por lo que el *software* detectará la ocurrencia de un terremoto y calculará su epicentro. Actualmente este proceso lo realizamos prácticamente a mano, por lo que nos demoramos alrededor de media hora en dar a conocer el epicentro, con el nuevo *software* no debiera ser más de cinco minutos", indica.

## COLABORACIÓN

Con el objetivo de entablar nexos colaborativos entre distintas instituciones nacionales, el Centro Sismológico Nacional ha establecido una serie de convenios tendientes a potenciar el trabajo multidisciplinario. Entre sus colaboradores se encuentran la Oficina Nacional de Emergencia, ONEMI -agencia técnica gubernamental que ha facilitado la realización del proyecto y a través de la cual se entregan los recursos al Centro-, el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada, SHOA, el Instituto Geográfico Militar -que hasta ahora han apoyado en la labor de reconocimiento de sitios para instalar equipos- y la Dirección General de Aeronáutica Civil, DGAC.

Un aspecto fundamental del proyecto es el de los sistemas de comunicación. "La DGAC tiene

un rol fundamental en este ámbito, ya que posee un sistema de comunicación muy robusto que enlaza los aeropuertos más importantes de Chile, por lo que muchas de las estaciones de banda ancha, así como los GPS, utilizarán esta vía", señala el Dr. Sergio Barrientos. El acuerdo entre la FCFM y la DGAC, suscrito en 2008, ha permitido establecer enlaces de comunicación entre la central de procesamiento y las estaciones de Cochrane, Futaleufú, Chaitén, Rocas de Santo Domingo, Antofagasta, Iquique y actualmente estamos haciendo estudios para instalar en Copiapó y Arica", agrega.

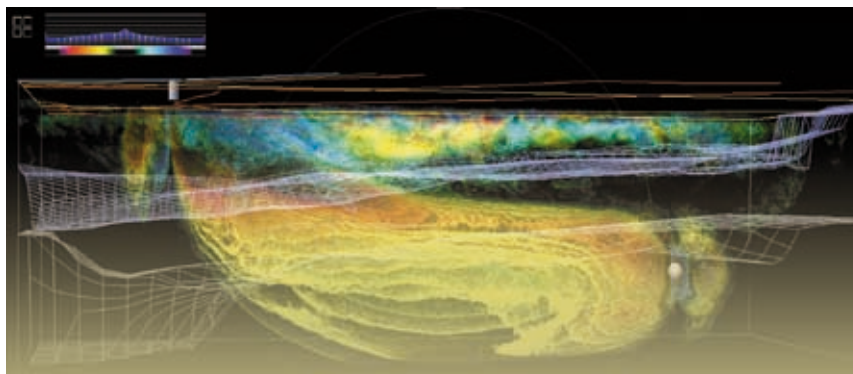
## APORTES PAÍS

Chile, laboratorio natural de sismología, pasará a ser un territorio instrumentalizado que proporcionará los datos necesarios para comprender los procesos sísmicos y sus posibles consecuencias. De esta manera el Centro Sismológico Nacional deberá registrar la actividad sísmica del país de manera uniforme; informar a las instituciones nacionales pertinentes -ante cada evento sísmico de magnitud mayor o igual a 4.7- la ubicación epicentral, área de ruptura, tiempo de origen, magnitud, área de posible daños; asesorar técnicamente a la ONEMI frente a

eventuales peligros asociados a la sismicidad y sus efectos secundarios; proveer de información al SHOA para su Sistema Nacional de Alerta de Maremotos (SNAM); vigilar y proveer información sísmica asociada a 19 volcanes indicados por el Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN); y proporcionar los datos -obtenidos por los GPS- para que el Instituto Geográfico Militar pueda establecer la Red Geodésica Nacional.

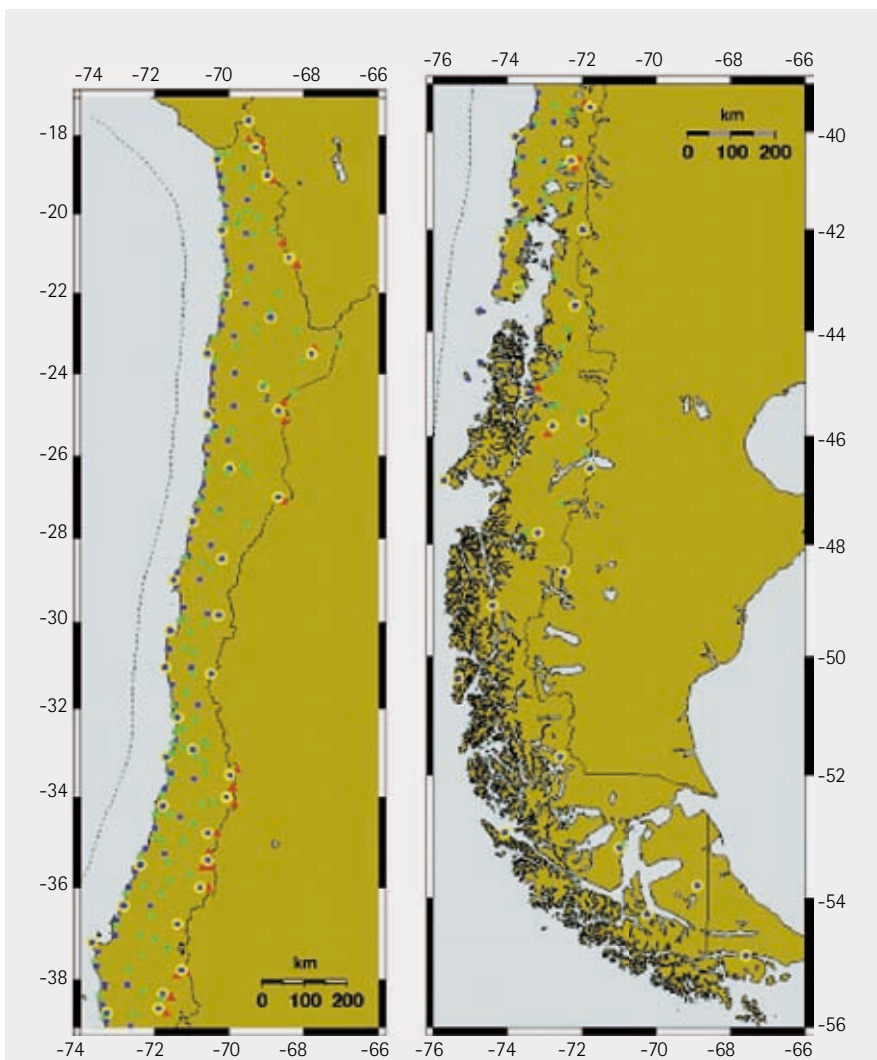
También proporcionará información dirigida a instituciones de gestión del riesgo, población en general, desarrolladores de infraestructura del sector habitacional, comercial, servicios e industrial, instituciones académicas, de planificación, entre otras. "Vamos a distribuir los datos en forma pública, de manera que todos los interesados puedan acceder a ellos. Nuestra intención es trabajar con universidades regionales para que se realicen estudios de las condiciones locales, para lo cual ya tenemos conversaciones avanzadas. Éste es un esfuerzo nacional", asegura el Director del Centro.

Para el Dr. Barrientos, uno de los principales aportes de la iniciativa se relaciona con la alerta temprana de *tsunami*, aspecto fundamental en Chile por la extensión de su costa y la población que allí se concentra. "Queremos entregarle al



### EN EL MUNDO

Experiencias similares al Centro Sismológico Nacional se han implementado en Japón y en Estados Unidos. Allí existen prestigiosas universidades con grupos científicos activos en geofísica, geología, ingeniería de terremotos y de teledetección satelital, potenciados a través de programas como el Earthquake Research Institute de la Universidad de Tokyo, el International Institute of Seismology and Earthquake Engineering en Japón, el Servicio Geológico Americano y el Southern California Earthquake Center (SCEC) en EE.UU.



## ESQUEMA PRELIMINAR DE UBICACIÓN DE INSTRUMENTOS Y REDES:

**Puntos azules:** Instrumentos GPS.

**Círculos amarillos:** Equipos sismológicos integrados.

**Puntos verdes:** Acelerógrafos.

**Triángulos rojos:** Ubicación de volcanes activos.

No se indican las estaciones de Isla de Pascua y Juan Fernández.

SHOA la mayor cantidad de antecedentes para que esta institución –ente oficial en la emisión de alertas de este tipo– pueda realizar su evaluación de la manera más precisa posible. Ante esas situaciones es muy importante decir con propiedad si un determinado terremoto puede o no generar un *tsunami*”.

## INFRAESTRUCTURA SEGURA

En Chile se han identificado algunas fallas tectónicas superficiales que pueden constituir un peligro para las poblaciones aledañas, por lo que deberían ser monitoreadas para definir su peligrosidad. Ésta también será una labor del Centro, que estandarizará la información de modo que se puedan actualizar permanentemente las normas sísmicas de construcción en el país.

Estas reglamentaciones están basadas en los datos obtenidos por los acelerógrafos, instrumentos que ante un sismo registran cómo se mueve el suelo y las fuerzas que se generan sobre las infraestructuras. Sobre la base de esas fuerzas se diseñan los edificios. Desde los años '60 hasta hoy, el único referente nacional en este tema ha sido la Red de Acelerógrafos de la FCFM, cuyos datos son utilizados en la ingeniería sismorresistente y, por tanto, en la mitigación del riesgo sísmico de viviendas, hospitales, represas, comercio, entre otros.

“Vamos a instrumentar, a nivel de terreno, todas las ciudades importantes y adicionalmente tendremos sensores en lugares donde haya gran concentración de población y zonas de desarrollo económico. Esto nos va a permitir un desarrollo sustentable desde el punto de vista de la infraestructura”, señala el Director de la Red de Acelerógrafos de la FCFM, Dr. Rubén Boroschek.

En Santiago se instalarán cerca de 30 instrumentos. Una vez ocurrido un sismo se tendrá de forma automática un mapa de distribución espacial de la intensidad asociada, así como de daño probable. Esto permitirá a la ONEMI conocer las zonas más afectadas y así priorizar las medidas. “No va a haber ciudad de más de 20 mil habitantes que no tenga instrumentos y los polos económicos alrededor de ella también los tendrán”, agrega Boroschek.

Sin embargo, para el académico del Departamento de Ingeniería Civil, éste es sólo el primer paso: “El siguiente es instrumentar infraestructura



## NEXOS

Con el fin de potenciar la colaboración científica en sismología, la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile ha establecido acuerdos de cooperación con distintas instituciones internacionales. Desde 2007 mantiene un programa de colaboración científica con Francia, a través del Laboratoire International Associé Montessus de Ballore del CNRS.

También posee convenios con el centro de investigación alemán GeoForschungs-Zentrum Potsdam (GFZ) y el California Institute of Technology (CALTECH) de EE.UU. "En la actualidad se están estableciendo acuerdos similares con la Universidad de Berkeley y con la Universidad de Kyoto en Japón", señala el académico del Departamento de Geofísica de la FCFM, Dr. Jaime Campos.

crítica en el país, como hospitales, puentes, viviendas sociales, represas, etc. y que los datos sean públicos, para garantizar que ese tipo de infraestructura sea la apropiada".

Para el Dr. Boroschek, la creación del Centro Sismológico Nacional resolverá un tema que hasta ahora había sido tratado en forma inadecuada en el país: "las normas se habían realizado con pocos datos". La reglamentación sobre diseño sísmico en Chile se comenzó a formalizar con el terremoto de Talca de 1928. Hoy la reducción del riesgo sísmico se realiza a través de normas del Instituto Nacional de Normalización y a través de requerimientos de diseño especializados.

Gracias a esta información y a pesar de sus limitaciones de cobertura territorial, se ha generado una base de datos fundamental para la elaboración de normas de diseño tales como la de Diseño Sísmico de Edificios (NCh 433 de 1996), Diseño Sísmico de Estructuras e



Instalación de estación GPS en el Norte.

Instalaciones Industriales (NCh 2369 de 2003) y Análisis y Diseño de Edificios con Aislación Sísmica (NCh 2745 de 2003).

"Con los nuevos datos, agrega el académico, podremos crear nuevas normas y mejorar las existentes, lo que va a tener un impacto social y económico importante en el país".

## DESAFÍO CIENTÍFICO

Para el Dr. Jaime Campos, Director del Núcleo Milenio CIIT-MB, el Centro Sismológico Nacional debe ir de la mano de un programa científico que permita su valorización con impacto directo en la ingeniería nacional y en los instrumentos de mitigación del riesgo sísmico. "Esto se logra a través de acciones focalizadas en potenciar la academia, implementación y desarrollo de nuevas líneas de investigación, aumentando el número de investigadores jóvenes en el país y fortaleciendo los programas doctorales", asegura. "Este esfuerzo académico, enfatiza, es una responsabilidad ineludible que la Universidad de Chile debe liderar y asumir, puesto que a nivel nacional es la única institución que tiene la capacidad para cumplir con este imperativo".

El terreno fértil que ofrecerá nuestro país en cuanto a investigación sismológica será un gran atractivo para los científicos, en especial, para los locales, asegura el Dr. Barrientos: "Vamos a conocer muchísimo sobre cómo se comporta la fuente sísmica, cómo comienzan los terremotos, cómo se distribuye el desplazamiento

en cada una de las fallas. Vamos a adquirir tal cantidad de información que esperamos que en los próximos diez años Chile se conozca en el mundo –a nivel sismotectónico– al igual que Japón, debido a la cantidad y calidad de datos que vamos a producir".

El Centro Sismológico Nacional no sólo será un aporte para el avance de la ciencia sismológica e ingeniería sismorresistente en el país sino también una fuente de información que, entre sus múltiples aplicaciones, otorgará mayores estándares de seguridad a la ciudadanía. Por ello cobra importancia la obtención de recursos para su mantención. Así lo asegura su Director, Sergio Barrientos: "Una inversión de este tipo, tan útil para el desarrollo del país, no puede ser dejada de lado. Nuestra intención es que en los próximos años sea una ley de la República, es decir, que anualmente se destinen los fondos necesarios para operar y mantener la red". En esta misma línea, el Dr. Rubén Boroschek indica que "sería muy importante atravesar las barreras de los gobiernos y convertirla en una política de Estado, que no cambie cada cuatro años".

Por su parte, para el Dr. Jaime Campos, el hecho de que la Universidad de Chile cobije a un Centro Sismológico Nacional, cuya misión es recabar información, hacerla accesible y útil para su explotación científica y para la ingeniería nacional, "nos pone ante el gran desafío de consolidar aún más la academia y la formación de excelencia de nuestros científicos e ingenieros".

Texto: Ana María Sáez C.



Manuel del Pino:

# Trabajando en el Límite

Enfrentar un problema complejo con una solución inesperada fue lo que permitió al académico del Departamento de Ingeniería Matemática de la FCFM, Manuel del Pino, resolver una célebre conjetura planteada en 1978 por el matemático italiano, Ennio De Giorgi. Hoy, mientras su trabajo es evaluado por jueces internacionales, el académico se prepara para dar su primera charla en el International Congress of Mathematicians, la reunión más importante del mundo para la disciplina.

#### Manuel del Pino dice que suele hablar "con cierto pudor" sobre su trabajo.

De hecho, jamás revela por iniciativa propia que es un matemático porque la mayoría de las personas le dice que "eran malos para esa cuestión en el colegio, que no les gustaba", explica. Una de las únicas ocasiones en que alguien no le ha hecho un comentario negativo acerca de su profesión ocurrió hace poco mientras asistía a una conferencia en San Antonio, Texas. "Un taxista me preguntó que hacía ahí y le dije que era un 'mathematician'. La cara se le ensombreció y empezó a hablarme de la muerte de su padre y de todos los arreglos que ayudó a hacerle al cadáver", recuerda. Después de un momento de perplejidad, Del Pino se dio cuenta de que el conductor había entendido que era un "mortician", por lo que se encargó de aclararle que el congreso al que asistía no era para arregladores de muertos sino para matemáticos. Fue en ese momento cuando el taxista "se sintió tan aliviado que hasta me dio la mano", dice Manuel del Pino.

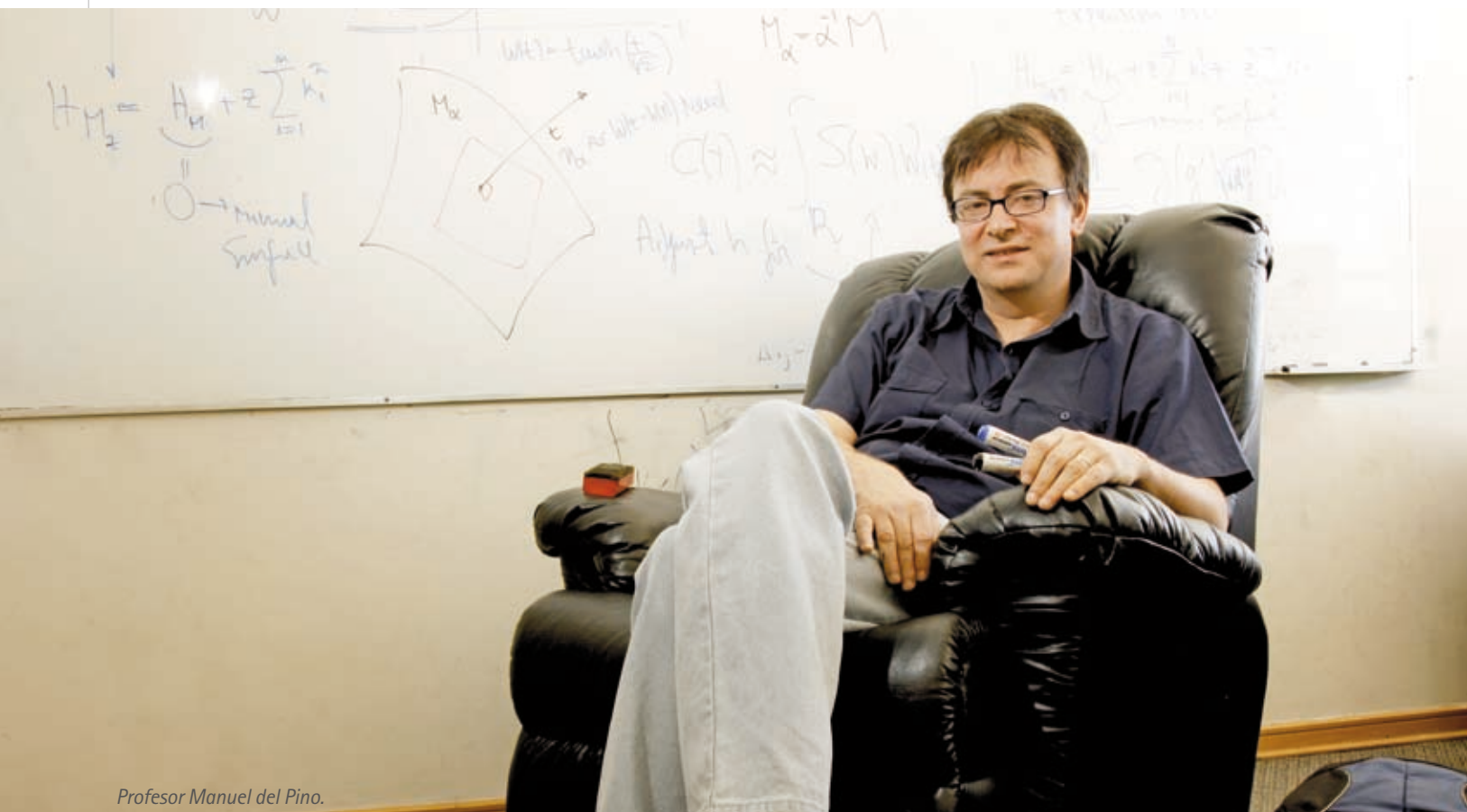
Meses más tarde, y ya de vuelta en Santiago, el académico del Departamento de Ingeniería Matemática (DIM) e investigador del Centro de Modelamiento Matemático (CMM) de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas (FCFM), demora en abrir la puerta de su oficina. Es un viernes en la tarde a fines de noviembre y un cómodo

sillón negro, un pizarrón con algunos símbolos matemáticos y un escritorio con vista hacia el sector Sur de Santiago parecieran develar parte de la cotidianeidad de este académico. Pero no es así. En tres días más, Del Pino viajará a Japón para asistir a una conferencia y luego dará clases en Madrid, por lo que una hora y media de entrevista es lo máximo que puede ofrecer para hablar sobre su trabajo y su invitación a la próxima versión del International Congress of Mathematicians (ICM), el evento más importante de la especialidad a nivel mundial.

Manuel del Pino (47), Ingeniero Civil Matemático de la FCFM de la Universidad de Chile y Ph.D. de la Universidad de Minnesota, se ha transformado en el primer matemático afiliado en Chile que tendrá la oportunidad de presentar sus hallazgos en el ICM, escenario de la entrega de la Medalla Fields, el equivalente al Premio Nobel de Matemática. Pero en lugar de decir frases comunes sobre el orgullo que le hace sentir una invitación de este tipo, Del Pino opta por contar anécdotas de matemáticos rusos, chinos y estadounidenses. Secretos de un mundo desconocido para el común de la gente y en el que las influencias y la habilidad política tienen un peso casi tan grande como los méritos propios. De estos últimos, por cierto, Del Pino tiene de sobra. Sus publicaciones en revistas científicas suman más de 100 y el ISI

Essential Science Indicators de marzo último lo ubicó en el lugar número 53 en el listado de los 1000 matemáticos más citados en revistas ISI por artículos publicados durante los últimos 10 años. Pero no son ésas las únicas razones por las que dará una charla en el ICM en Hyderabad, India, en agosto próximo. Manuel del Pino, experto en Ecuaciones Diferenciales Parciales (EDP), hablará sobre el más grande hallazgo de su carrera, hasta ahora: la construcción de un contraejemplo a una célebre conjetura del matemático italiano Ennio De Giorgi (1928-1996).

Los detalles sobre cómo Del Pino logró demostrar que la conjetura de De Giorgi era falsa desde la dimensión 9 en adelante difícilmente podrían ser explicados en un artículo periodístico. La razón es simple: casi dos horas de entrevista y un intercambio de 20 mails con él y otros matemáticos para aclarar dudas posteriores a la entrevista, no podrían registrar años de trabajo y de rigor intelectual. Pero aunque pedirle a un matemático que explique lo que hace sea tan inoportuno como pedirle a un pintor vanguardista que revele el significado de su obra, Manuel del Pino accede a deslizar, sólo algunos centímetros, el velo que protege el misterio de su trabajo.



Profesor Manuel del Pino.

## PASO A PASO

La historia sobre cómo Manuel del Pino descubrió la solución al problema de De Giorgi comienza hace más de seis años, cuando junto al investigador del DIM, Michal Kowalczyk, y al matemático de la Chinese University of Hong Kong, Juncheng Wei, trabajaba en la teoría matemática de formación de patrones biológicos de Alan Turing, que habitualmente se ejemplifica con la pregunta sobre por qué la piel de los leopardos tiene motas de determinada pigmentación y distribuidas en patrones ordenados. Durante una charla ofrecida en ese entonces por Juncheng Wei sobre este tema, uno de los asistentes sugirió que "quizá ese análisis podría servir para construir un contraejemplo a la conjetura de De Giorgi". A partir de ese momento, Del Pino, Kowalczyk y Wei optaron por este inesperado camino para

resolver el problema durante un año y medio "hasta que nos resultó", recuerda el investigador. El período fue corto si se considera que para resolver problemas matemáticos de gran complejidad se requieren años de análisis. Sin embargo, Del Pino, Kowalczyk y Wei venían trabajando desde hacía 10 años en las técnicas con que finalmente llegaron al contraejemplo de la conjetura de De Giorgi.

Aunque todavía no ha sido publicado oficialmente por encontrarse en fase de evaluación por parte de jueces internacionales, el análisis de los investigadores de la FCFM-U. de Chile y de la Chinese University of Hong Kong puede encontrarse en una versión completa y preliminar en la base de datos de trabajos matemáticos arxiv ([www.arxiv.org](http://www.arxiv.org)). Además, una versión resumida ya fue publicada en el Boletín de la Academia de Ciencias de París ([\[ciences.fr/publications/comptes\\\_rendus.htm\]\(http://ciences.fr/publications/comptes\_rendus.htm\)\). En ambas, se aprecia paso a paso el conjunto de soluciones desarrolladas para establecer el contraejemplo a la famosa conjetura que el matemático italiano planteó en torno a la teoría de transiciones de fase.](http://www.academies-</a></p></div><div data-bbox=)

De Giorgi, uno de los matemáticos italianos más influyentes del siglo XX, conjeturó en 1978 que las soluciones de la ecuación de Allen Cahn –modelo que originalmente se utilizó para predecir cambios de estado de un elemento en el procesamiento de acero a altas temperaturas– son funciones, y que esas funciones tienen conjuntos de nivel que se pueden graficar como las cotas de nivel de los planos cartográficos. En este contexto, el matemático italiano dijo que, en una dimensión menor que 9, todas las soluciones a la ecuación tenían que tener cotas de nivel planas o hiperplanas, "un



Manuel del Pino junto a investigadores del DIM.

nombre genérico para un objeto plano con una dimensión menos que la del espacio donde está ambientado", explica Manuel del Pino.

El hallazgo del matemático de la FCFM y de sus colegas Kowalczyk y Wei demostró que cuando la dimensión era mayor que 9 había soluciones cuyos conjuntos de nivel o cotas, no eran rectos o planos sino curvos. Construir este contraejemplo no fue nada de sencillo, tal como lo expresa el matemático en sus propias palabras. "Introdujimos, en un modo aparentemente artificial, un parámetro pequeño en la ecuación mediante escalamiento y lo hicimos a pesar de que no había mayor indicio que pudiera demostrar que este valor pequeño estaba escondido. Sin embargo, como ya habíamos desarrollado técnicas para el estudio de este tipo de problemas, logramos establecer este vínculo que no era obvio y ése fue quizás nuestro principal aporte", revela el investigador. Las técnicas a las que se refiere Del Pino son fundamentalmente dos: perturbación singular y reducción de Lyapunov-Schmidt infinito-dimensional. Mientras la primera involucra un valor que se iguala a cero o muy cerca de cero, la segunda apunta a dividir el problema en dos para disminuir, en parte, su nivel de dificultad.


La combinación de ambos métodos marcó un antes y un después en la historia del análisis de la conjetura de De Giorgi. Las técnicas utilizadas anteriormente por otros investigadores habían atacado el problema a través del método directo del cálculo de variaciones. Éste es el caso de Nassif Ghoussoub y Changfeng Gui, quienes en 1997 lograron demostrar la conjetura en dos dimensiones, Luigi Ambrosio y Xavier Cabré, quienes lograron formularla en tres dimensiones en 1999, y Ovidiu Savin, quien hace 6 años "casi logró responder a la pregunta de De Giorgi entre las dimensiones 4 y 8, pero debió agregar un leve supuesto adicional", indica el académico. Pero la técnica desarrollada por Del Pino, Kowalczyk y Wei no sólo les permitió abrir un camino diferente sino que además fue clave para probar que la conjetura era falsa desde la dimensión 9 en adelante.

### DE LO SIMPLE A LO PROFUNDO

Mientras su trabajo continúa ganando prestigio internacional, Manuel del Pino adelanta que se preparará con especial dedicación para el International Congress of Mathematicians. Por esta razón, su charla sobre EDP no sólo analizará su trabajo con De Giorgi sino también

con una serie de ecuaciones que, al igual que la conjetura del matemático italiano, tampoco involucran características geométricas o parámetros pequeños explícitos, tal como ocurre con el problema de ondas estacionarias en la ecuación de Schrödinger no-lineal, que habitualmente se utiliza para describir la posición de una partícula, a través de una función de ondas. "Queremos mostrar que en las ecuaciones consideradas como más simples existen problemas matemáticos eventualmente más sofisticados que las aplicaciones para las que originalmente fueron formuladas", explica el investigador.

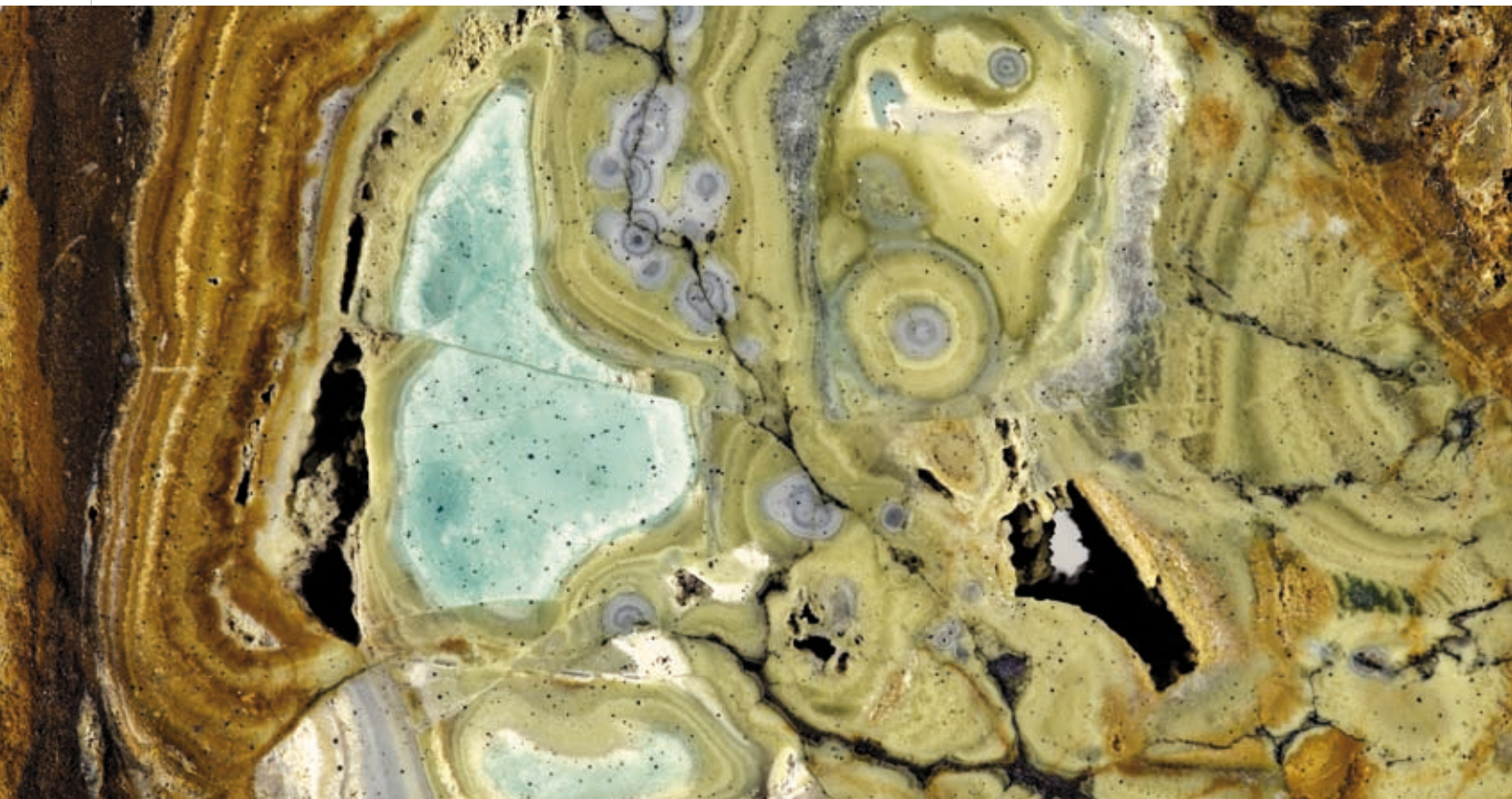
Con esta apreciación, el experto en EDP de la FCFM, deja en evidencia que, más que una aplicación o un modelo en especial, "lo que realmente interesa a los matemáticos es la ecuación en sí misma. La ecuación, típicamente, posee una infinidad de soluciones", explica Del Pino. "El problema está en identificar soluciones que sean interesantes por un lado, y por otro, intentar clasificarlas y entregar afirmaciones más generales o decir lo que más se pueda", agrega. En el caso de la conjetura de De Giorgi, por ejemplo, el investigador destaca que lo importante es la belleza de la pregunta que plantea porque conecta la teoría de las ecuaciones llamadas elípticas semilineales con la teoría matemática de superficies mínimas, que suele graficarse con burbujas de jabón. "Ya sea creando o descubriendo, la motivación última de la gran mayoría de los matemáticos es estética y quienes nos dedicamos a esta disciplina siempre lo haremos por el placer infinito que significa comprender conceptos, teorías o fenómenos", manifiesta.

Luego de esta última declaración, y al ver que la grabadora se ha apagado, Manuel del Pino dice que, aunque no suele fumar, últimamente sí lo ha estado haciendo. "Por eso me demoré en abrir la puerta de mi oficina. Estaba abriendo la ventana para que no se sintiera el olor a cigarrillo", explica con cierto relajo al ver que la entrevista terminó. Aunque la experiencia de hablar sobre lo que hace no le desagradó, según reconoce, ya han sido demasiadas revelaciones por una tarde y es tiempo de volver a correr el velo a su lugar para seguir protegiendo el secreto de su trabajo. Por ahora, lo mejor será que los números continúen hablando por él. 

Texto: Daniela Cid M.

Lixiviación Bacteriana:

# Biología y Modelación Matemática al Servicio de la Industria Minera



A medida que avanza el desarrollo tecnológico en los procesos productivos de la minería cuprífera, surgen nuevos métodos que prometen recuperar cobre de minerales que hoy no son viables económicamente. La lixiviación bacteriana es la gran apuesta. Y así lo entendieron los científicos del Instituto Milenio de Dinámica Celular y Biotecnología de la FCFM, que desde el 2003 están realizando estudios pioneros sobre microorganismos que pueden hacer más eficiente y rápida la recuperación del metal rojo.

**La principal industria del país, el cobre, está en constante búsqueda de proyectos de investigación e innovación tecnológica que le permitan lograr una producción más eficiente y sustentable.**

Fue así como surgió la biolixiviación, utilización de bacterias para disolver el mineral. Ésta pretende incrementar las reservas mineras al posibilitar la explotación de recursos de baja ley, que hoy no son rentables.

De acuerdo con estimaciones, la aplicación de la biolixiviación a la totalidad del cobre que se produce en Chile disminuiría los costos de producción en un 50% y se cuadruplicarían las reservas económicamente explotables del país.

Precisamente la relevancia del tema llevó a los ingenieros químicos y biotecnólogos del "Instituto Milenio de Dinámica Celular y Biotecnología (ICDB): Un Centro de Biología de Sistemas", albergado en la FCFM, a estudiar el metabolismo de bacterias lixiviantes, su modelación matemática y su interacción con el mineral, con el objetivo de conocer mecanismos que ayuden a una disolución más eficiente.

"Desde el año 2003 estamos realizando estudios en esta área porque reconocemos la importancia del cobre para Chile. Y como es parte de la esencia del Instituto desarrollar soluciones a problemas

científicos nacionales, las investigaciones de frontera que hemos llevado a cabo en esta materia, debieran tener resultados económicos importantes para la minería cuprífera", señala el Dr. Juan Asenjo, académico del Departamento de Ingeniería Química y Biotecnología de la FCFM y Director del ICDB.

## BIOLIXIVIACIÓN

La lixiviación biológica; más conocida como biolixiviación, es el procesamiento de minerales en el cual intervienen bacterias. Éstas al entrar en contacto con el mineral, lo disuelven mediante una reacción de oxidación a partir de la cual se puede recuperar el cobre como metal.

En comparación con los métodos no biológicos, esta tecnología microbiana permite el tratamiento de minerales de baja ley que no pueden ser económicamente procesados por los métodos tradicionales, es más amigable con el medio ambiente debido a la ausencia de polución durante el proceso y presenta bajos costos en las operaciones hidrometalúrgicas.

Sin embargo, también existen problemas. "No todo mineral se disuelve fácilmente. Por ejemplo, el mineral más abundante de cobre - la calcopirita - es el más resistente. Hay problemas prácticos que impiden recuperar el cobre en un tiempo prudente. La idea es lograrlo en un período razonable y tratar de extraer, al menos, un 90% del cobre existente en ese mineral,

pero no es fácil", indica el Dr. Álvaro Olivera, investigador joven del ICDB.

Actualmente sólo un 2% del cobre del mundo y un 5% del que se produce en Chile se logra a través de este proceso. El desafío es incrementar este método de producción, pero para lograrlo se necesita conocer mejor a estas bacterias. Labor que están desarrollando los investigadores del ICDB.

## EL INTERIOR DE LA BACTERIA

"El problema de este tipo de bacterias, es que se conocen poco. Por lo que debemos empezar a buscar qué es lo que pasa dentro de ellas, reconstruir su metabolismo", indica el Dr. Olivera.

La idea es construir modelos metabólicos de bacterias biolixiviantes, es decir, conocer las reacciones bioquímicas que están ocurriendo en su interior y, de paso, ver cómo reaccionan frente a lo que ocurre en el medio externo y cómo a su vez lo modifican. "Las bacterias biolixiviantes toman elementos del medio para obtener su energía y lo cambian de tal manera que a nosotros nos sirve porque permiten que el mineral se disuelva más rápido. Entonces si tenemos el modelo metabólico, éste te dice que para que lo modifique de tal manera, en tales condiciones, se necesita una bacteria que haga tales cosas adentro", señala Olivera. "La gracia de un modelo metabólico -agrega el Dr. Asenjo- es



Profesor Juan Asenjo.

"El modelo, que nunca se había hecho en el mundo, es capaz de simular los principales aspectos del metabolismo y será útil para la investigación y la mejora de los procedimientos de biolixiviación", explica el Dr. Asenjo

que sólo midiendo lo que pasa afuera, puedes predecir lo que ocurre adentro".

El año 2003 se produjo el primer acercamiento a este tipo de estudio, cuando el estudiante de doctorado Ramón González realizó un modelo metabólico de la levadura. La investigación pretendía conocer cuáles eran las diferencias entre una levadura que no producía proteína recombinante (SOD) y otra que sí lo hacía, de modo de optimizar la producción de SOD en base a lo que ocurría al interior de la levadura. "Al final se logró optimizar una estrategia de cultivo de esa levadura para obtener el mayor rendimiento posible de SOD en el menor tiempo", indica el Prof. Juan Asenjo.

Estos análisis de flujos metabólicos, también se pueden aplicar a las bacterias lixiviantes para que la modificación que realicen del medio sea la óptima para aumentar la disolución del mineral, hacerlo más rápido y eficiente. Al respecto, el Dr. Olivera señala que, "es una estrategia que no se ha usado antes. En este caso la optimización viene por el lado de las bacterias, qué necesitamos ponerle al medio -al ácido que sale de los regadores de las pilas de mineral- para que la bacteria lo modifique de manera que el cobre se disuelva óptimamente. Por otro lado, qué bacteria funcionaría mejor, cuál tiene las mejores vías para modificar el medio de tal manera que se obtenga una mejor disolución, etc."

El siguiente paso lo dio el estudiante de postgrado Christoph Hold, quien junto a la Dra. Barbara Andrews y al Dr. Asenjo, desarrolló

un modelo estequiométrico -de 62 ecuaciones químicas- del metabolismo de *Acidithiobacillus ferrooxidans*, bacteria lixiviante más conocida. Éste le permitió conocer cuáles son las reacciones que hay dentro de la bacteria. "El modelo, que nunca se había hecho en el mundo, es capaz de simular los principales aspectos del metabolismo y será útil para la investigación y la mejora de los procedimientos de biolixiviación", explica el Dr. Asenjo. Hold descubrió cómo es el sistema a través del cual estos microorganismos obtienen energía de iones y que un ciclo (TCA) que en los humanos funciona en un sentido, en ellos es al revés. Con estos antecedentes se puede construir el modelo de cómo la célula obtiene su energía y cómo puede ir aumentando su masa de manera de dividirse y reproducirse. Ese mecanismo de obtención energética es el mismo que indirectamente termina haciendo que el mineral se disuelva.

Para el Prof. Asenjo, es importante que en un país como Chile, los estudiantes de doctorado, que realizan investigación de primer nivel, tengan contacto con la industria. Éste es el caso de María Paz Merino, quien está realizando, al igual que Hold, un modelo estequiométrico, pero esta vez de la bacteria *Leptospirillum ferrooxidans*, que comprende 84 ecuaciones químicas. "Le presentamos la idea a BioSigma -filial de Codelco- y les interesó porque este microorganismo existe en las plantas mineras de los reactores que están empezando a instalar en Codelco. Actualmente María Paz está haciendo experimentos en BioSigma para encontrar los parámetros del cultivo mixto con el que trabajan, óxido y sulfuro", indica.

## EL APORTE DE LA MATEMÁTICA

La matemática también cumple un rol importante en el proceso de lixiviación bacteriana, al desarrollar modelos matemáticos para estos sistemas biológicos. En el Instituto Milenio de Dinámica Celular y Biotecnología (ICDB), un grupo de ingenieros matemáticos encabezados por el Dr. Carlos Conca, académico del Departamento de Ingeniería Matemática de la FCFM y Premio Nacional de Ciencias Exactas 2003, estudian los sistemas de ecuaciones que definen los modelos desarrollados por los ingenieros químicos y biotecnólogos de las bacterias lixiviantes. Analizan la consistencia matemática de las ecuaciones, su comportamiento, cómo se pueden resolver, qué tipo de soluciones se pueden esperar y cuáles van a ser los problemas para resolverlas. La idea es aplicar estos modelamientos matemáticos de sistemas biológicos a las pilas de cobre.

Por otra parte, el Centro de Modelamiento Matemático de la FCFM, a través del Laboratorio de Bioinformática y Matemática del Genoma (LBMG), en 2003 suscribió un convenio de cooperación científica con BioSigma. Desde el área de la bioinformática y de la modelación matemática, le brinda apoyo a los desarrollos tecnológicos en biominería. El LBMG, dirigido por el académico del Departamento de Ingeniería Matemática de la FCFM, Alejandro Maass, y su contraparte, iniciaron el estudio del comportamiento de bacterias biomineras, el que llevó a la creación de sistemas de monitoreo de estos microorganismos.

## BIOLIXIVIACIÓN EN RADOMIRO TOMIC

Con una inversión de US\$ 5,5 millones, en septiembre de este año la mina Radomiro Tomic, perteneciente a la división Codelco Norte, comenzará a operar una planta de biolixiviación que será la primera del mundo en su tipo a nivel industrial, ya que está orientada a extraer cobre de yacimientos mixtos de baja ley, sulfuro y óxido.

El diseño y desarrollo de la planta está a cargo de BioSigma, filial de Codelco, que mantiene una sociedad con la compañía japonesa Nippon Mining & Metals.

La iniciativa contempla procesar cerca de 20 millones de toneladas de mineral. Para ello, utilizarán dos biorreactores en los que se harán proliferar las bacterias Wenelén, Licanantay y Yagán, patentadas por BioSigma. El proyecto considera un tiempo inicial de operación de 30 meses.



El investigador Álvaro Olivera.

## BIOFILM

Para lograr optimizar la disolución de los minerales no sólo es importante conocer lo que ocurre al interior de la bacteria, sino también lo que pasa fuera de ella. El Dr. Álvaro Olivera realizó la primera investigación sobre un biofilm aplicado a procesos de lixiviación bacteriana. Cuando las bacterias crecen pueden hacerlo flotando en un líquido o, lo más común, apoyadas sobre la superficie del mineral. Así van formando una especie de alfombra y, a medida que se reproducen, el biofilm empieza a tomar distintas morfologías, no sólo expandiéndose sino también engrosando, lo que puede dificultar la disolución del mineral.

Para evitarlo, Olivera modeló el proceso de interacción de las bacterias con el mineral. "Este trabajo es el modelamiento, ya no del interior de una bacteria, sino de cómo interactúa con el mineral y cómo se va formando la capa insoluble sobre éste y cómo las bacterias bajo ciertas condiciones pueden ayudar a eliminar esa alfombra y bajo otras condiciones es al revés", explica.

Este modelamiento permitiría optimizar qué clases de bacterias deberían formar la alfombra y qué tipos no, qué hacer para que las bacterias ayuden a limpiar la capa y así aumentar la disolución del cobre y cómo evitar que la

morfología de la alfombra impida la salida o entrada de productos al mineral.

"Por ejemplo, modelamos lo que ocurre en el mineral con y sin bacterias. Después de seis días el porcentaje de aumento de recuperación de cobre con el proceso de biolixiviación y con poco hierro en el medio, es de más de un 30% extra de cobre. Entonces no basta con tener bacterias, también depende del medio, si tiene más o menos hierro", indica.

Para el Dr. Olivera se deben lograr bacterias, especies de bacterias o bacterias modificadas, que sean capaces de limpiar a una velocidad establecida la capa insoluble. "También se puede modificar el medio para cambiar la morfología de la alfombra de bacterias y así obtener mejores disoluciones del mineral", agrega.

Para el Dr. Juan Asenjo, Premio Nacional de Ciencias Aplicadas 2004, los avances en estas investigaciones de frontera no sólo permiten la sustentabilidad de la minería en el largo plazo, sino también "posicionan a Chile y a sus científicos en un sitio de privilegio en la biominería. Área en que el Instituto de Dinámica Celular y Biotecnología posee un equipo interdisciplinario de excelencia que ha realizado y seguirá haciendo contribuciones tan importantes para la economía del país", concluye el destacado investigador. 📌

Texto: Ana María Sáez C.





*MS Elastomers:*

# Hacia la creación de materiales inteligentes

En el Departamento de Ingeniería Mecánica se trabaja en el conocimiento y comprensión de un nuevo material que brinda la posibilidad de controlar su comportamiento, dando paso a la formación de los llamados materiales "inteligentes".

Mejorar el control de ruido de una ventana, la vibración de una máquina de trabajo o fabricar robots cada vez más reales, serán algunas de las posibles aplicaciones de la investigación que desarrolla el académico del Departamento de Ingeniería Mecánica de la FCFM, Roger Bustamante, cuyo objetivo es modelar a través de métodos numéricos el comportamiento de un material llamado *Magneto-Sensitive Elastomers (MS Elastomers)*, que es altamente elástico y se deforma producto de la aplicación de campos magnéticos.

Se trata de un material que se obtiene a través de un proceso de fabricación en que un polímero de caucho, sometido a un proceso químico es convertido en un líquido al que se le agregan partículas de hierro que al mezclarse y solidificarse, originan este nuevo componente. "Esta propiedad de alta deformación que se puede controlar con campos magnéticos, permite decir que se trata de un material inteligente puesto que su forma o su resistencia se pueden modificar dependiendo de la necesidad para la cual se requiera", sostiene el académico.

Esta investigación la realiza en el marco del proyecto Fondecyt de iniciación de investigación "*Mathematical Modelling of Non-Linear Magneto Sensitive Elastomer*" que busca conocer cómo será el comportamiento de una pieza fabricada de *MS Elastomers*, bajo las condiciones de uso que se desee. Para esto, Bustamante trabaja en predecir a través de ecuaciones matemáticas el desempeño del material. El investigador explica "que existen, por un lado, las ecuaciones de la elasticidad no

lineal, y por otro, las ecuaciones con las cuales se obtienen las formas o distribución de los campos magnéticos. Y en este caso ambas se deben resolver de manera acoplada".

En este proceso son múltiples las variables en las que debe trabajar, relacionadas con: la deformación del cuerpo, cómo actúa el campo magnético dentro del cuerpo y fuera de éste, y cómo interactúan ambos elementos, "porque, además, el campo magnético en la interfaz entre el cuerpo y el espacio que lo rodea tiene que cumplir ciertas condiciones. Entonces son varios los aspectos que se tienen que resolver de manera simultánea", dice Bustamante.

Y si bien existen materiales como el cuarzo que también se deforman con campos eléctricos, esto sucede en menor medida que con *MS Elastomers*, por lo tanto se trata de un material que ofrece mayores posibilidades de controlar su deformación, pudiendo lograr que ésta sea mayor o menor dependiendo de lo que se requiera. Sin embargo, el académico destaca que "el problema que se presenta es que todavía no es fácil predecir el comportamiento, pero una vez que esto se logre va a ser posible producir pequeñas estructuras que se incorporen a un producto determinado, de modo de mejorar su desempeño".

Según señala, se trata de un tema que aún no se desarrolla de manera masiva a nivel mundial y junto a la FCFM, hoy es abordado por algunas universidades y centros de investigación de Alemania, Escocia, Estados Unidos, Japón y Suecia.

## ROBOTS MÁS HUMANOS

Los resultados que esta investigación genere tendrán aplicaciones prácticas. Una de ellas tiene que ver con su utilización en la fabricación de piezas de robots cuya apariencia es semejante a la de un humano. La utilización de *MS Elastomers* permitirá crear componentes de menor rigidez aplicables, por ejemplo, a su rostro otorgándoles una apariencia de mayor realismo. Asimismo, este material se podrá incorporar en las extremidades del robot, de modo que éstas sean más flexibles.

Otro uso se relaciona con el control de ruido, lo que aplicado, por ejemplo, a una ventana permitirá reducir el ruido que se traspasa a través de ésta desde el exterior al interior. "En este caso, una de las principales formas en que el ruido se transmite es porque las ondas

acústicas hacen vibrar la ventana y ésta a su vez hace vibrar el aire que contiene. Lo que se propone, es colocar este material en unos dispositivos que se ubiquen tanto en la parte superior como en la parte inferior del marco de la ventana, de modo que cuando se produzca una onda que provoque ruido, por medio de un campo magnético también vibren los trozos de *MS Elastomers* con una onda exactamente igual a la que viene de afuera pero en sentido contrario, disminuyendo así el ruido que se traspasa", dice Bustamante.

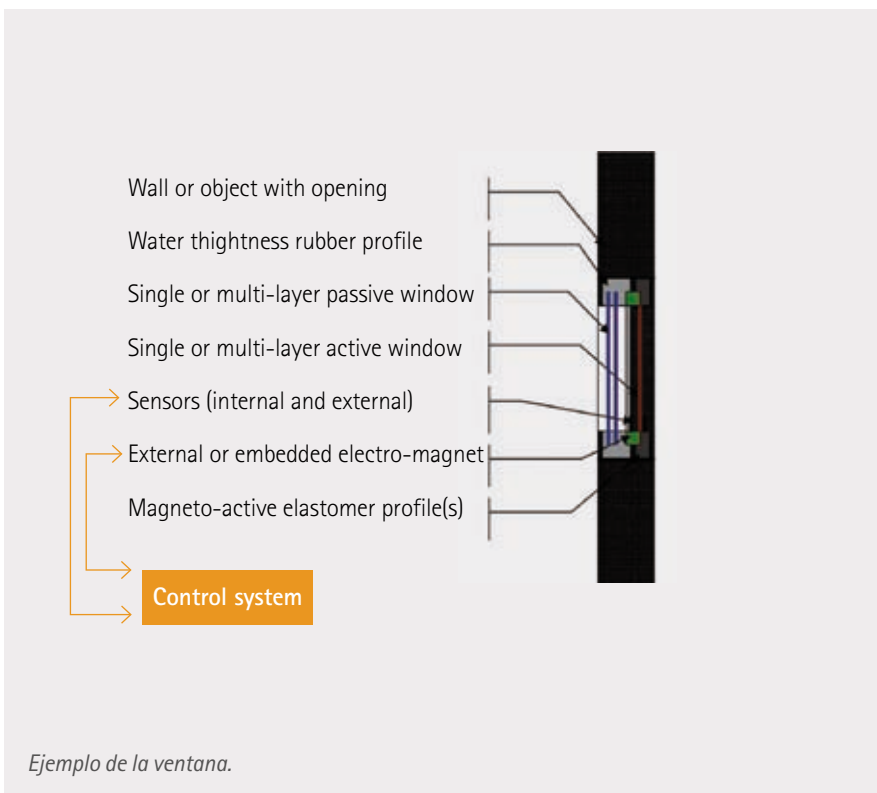
Agrega que, en general, existen dos maneras prácticas de generar este campo magnético. Una es a través de imanes, los que generan un campo magnético permanente. Y la otra es por medio de un electro imán, es decir por una corriente eléctrica que pasa a través de un material especial, lo que genera a su vez

un campo magnético, siendo dichas corrientes eléctricas fácilmente modificables, según explica Bustamante, quien señala que en el caso de la ventana "lo más importante es contar con un sistema de control que capte las ondas que vienen desde afuera y las procese de tal manera de generar un campo magnético apropiado que haga vibrar al *MS Elastomer* de la forma deseada".

Una tercera aplicación tiene que ver con el control de vibraciones. "El *MS Elastomers* podría utilizarse en las fundaciones de una máquina que por el tipo de trabajo que realiza está en movimiento permanente y gracias a la deformación de este material se reduciría considerablemente el movimiento", explica el académico.



Profesor Roger Bustamante.




Una tercera aplicación tiene que ver con el control de vibraciones. "El *MS Elastomers* podría utilizarse en las fundaciones de una máquina que por el tipo de trabajo que realiza está en movimiento permanente y gracias a la deformación de este material se reduciría considerablemente el movimiento"

### DESAFÍOS POR RESOLVER

El profesor Bustamante sostiene que en este trabajo de modelación del comportamiento de *MS Elastomers* aún quedan múltiples interrogantes por resolver. Una de ellas es la incorporación del factor tiempo, que hasta ahora no se ha incluido, es decir, estudiar la deformación que presenta el material en un periodo determinado. Explica que "las otras preguntas tienen que ver con la elasticidad no lineal. Por ejemplo, cuando se tiene un cuerpo y se le aplica fuerza se espera que primero se deforme y luego alcance una forma final. Sin embargo, hay materiales y hay situaciones en las cuales se aplica una fuerza y se pueden obtener dos formas distintas para el mismo cuerpo. Por ejemplo, si se somete una barra a compresión pueden darse dos situaciones:

una es que se acorte y la otra es que se doble. Entonces tenemos un problema donde para la misma fuerza, para el mismo cuerpo, tenemos dos soluciones. Y al estudiar este material, esas también son preguntas que se deben considerar".

Y una vez que la modelación numérica esté completa, el paso siguiente es iniciar la etapa de experimentación, de modo que el material sea puesto a prueba en diferentes posibles aplicaciones. "Pero para eso primero es necesario resolver los problemas planteados en las ecuaciones; éste es el gran paso antes de entrar a la aplicación porque aún estamos en una etapa de conocimiento y exploración", concluyó. 

Texto: Ana Gabriela Martínez A.



# Ceremonia de Graduación 2009



*Graduados de Ingeniería Eléctrica, junto a los profesores Nelson Morales y Nicolás Beltrán.*



*Graduados de Ingeniería Civil en Computación, con los profesores Nancy Hitschfeld y José Miguel Piquer.*



*El Decano Francisco Brieva entrega su discurso.*

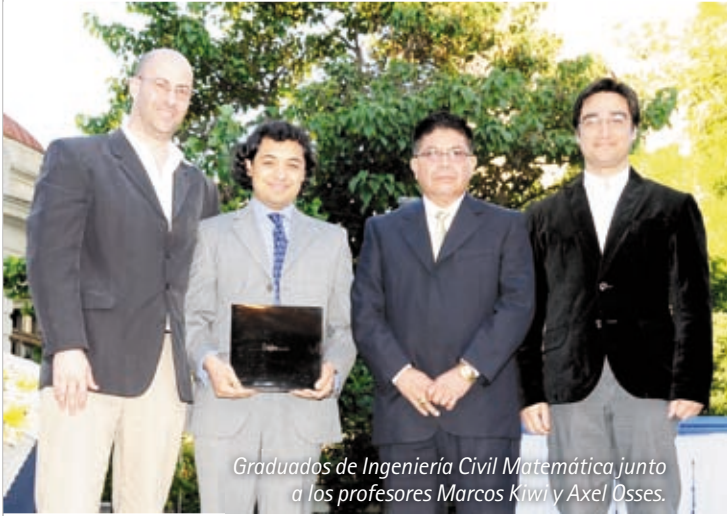
Orgullo y emoción fueron los sentimientos que reinaban entre los familiares y amigos que acompañaron el sábado 28 de noviembre a los 379 ingenieros y 34 geólogos que se titularon durante el 2009 luego de finalizar sus estudios en la Escuela de Ingeniería y Ciencias de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile.



*Graduados de Ingeniería Civil de Minas y sus profesores Alao Casali y Jaime Chacón.*



*Ingenieros Civiles Químicos y Biotecnólogos junto al Profesor Paulo Araya.*



*Graduados de Ingeniería Civil Matemática junto a los profesores Marcos Kiwi y Axel Osses.*



*Ingenieros Civiles en Materiales junto al Profesor Eduardo Donoso.*

**Familias orgullosas, padres al borde de las lágrimas y estudiantes contentos de haber alcanzado la meta de transformarse en profesionales.** Fue así como se vivió la tradicional ceremonia de Graduación, la que contó con la presencia de las principales autoridades de la FCFM, acompañados por el Presidente del Instituto de Ingenieros, Mateo Budinich, el Gerente del Colegio de Ingenieros, Pedro Torres, y el Secretario (s) de la Universidad de Chile, Roberto La Rosa. En la ceremonia también se entregaron diplomas a 58 graduados de la Escuela de Postgrado de los cuales 19 obtuvieron el grado de Doctor y 38 el grado de Magister durante el 2009.

En total fueron 471 nuevos profesionales y graduados que se reunieron en la ceremonia que congrega a toda la comunidad beauchefiana. El director de la Escuela de Ingeniería y Ciencias, Patricio Poblete, fue el encargado de dar inicio al evento.

Durante su exposición Poblete destacó la importancia de ser estudiantes y profesionales

activos. "Valoramos mucho el esfuerzo y creatividad que tienen todos ustedes. Quienes más aprenden son quienes tienen un rol dinámico en su desarrollo, por ello, nos hemos enfocado en que las metodologías favorezcan un sistema de enseñanza participativo. El resultado de ello, es lo que ustedes han logrado".

Uno de los puntos emotivos de la ceremonia, fue cuando los titulados efectuaron el juramento profesional, respondiendo a la lectura del mismo realizada por el Secretario General (s) de la Universidad de Chile, Roberto La Rosa.

Con un fuerte "Sí juro", los nuevos profesionales y graduados se comprometieron a cumplir con los deberes de su profesión y velar por el cumplimiento ético de sus acciones.

La ética profesional, fue precisamente uno de los tópicos que abordó en un emotivo discurso, el Decano de la FCFM, Francisco Brieva. "Poco queda ya que entregar. Sólo la invitación a mantenerse fiel a ese carácter que Beauchef forjó en ustedes, ese estado de dimensiones múltiples que mezcla la racionalidad del oficio, la justicia de la acción, la independencia de vuestra



*Graduados de Geología junto a los profesores Victor Makshev y Miguel Ángel Parada.*



*Graduados de Ingeniería Mecánica y los profesores Álvaro Valencia y Roger Bustamante.*

En total fueron 471 nuevos profesionales y graduados que se reunieron en la ceremonia que congrega a toda la comunidad beauchefiana.



*Graduados de Ingeniería Civil, junto a las profesoras Ximena Vargas y María Ofelia Moroni.*




*Graduados de Ingeniería Civil Industrial con los profesores Sebastián Ríos y Richard Weber.*

intelectualidad, la calidez del sentimiento y la sensibilidad de la percepción social. Es el privilegio de los iniciados, herederos de un talentoso pasado y forjadores de las nuevas técnicas, formas y valores que construirán un mejor futuro. Es vuestra impronta, es vuestro mérito, es el premio que en ustedes se convierte en el deber que sólo asumen los mejores".

Fueron éstos, los principios que destacaron los egresados al finalizar la ceremonia, entre

ellos Eduardo Acuña, Ingeniero Civil Industrial, quien fue Presidente del Centro de Estudiantes, CEI, el 2004. "Un desafío importante para los ingenieros de hoy es seguir sus motivaciones y darse cuenta de que existe una variedad muy amplia de trabajos por realizar. La sociedad civil, el Estado y las pequeñas empresas requieren de muchos más ingenieros dispuestos a jugársela por el desarrollo del país, siempre con un comportamiento ético acorde a un profesional de la Universidad de Chile", señaló.

La ceremonia, que duró cerca de dos horas, marcó el cierre de la etapa de formación universitaria para cerca de 500 beauchefianos, para quienes, tal como lo mencionó el Decano de la FCFM, "el desafío ahora está en construir un futuro mejor". 

*Texto: Sofía Vargas P.  
Fotografías: Gastón Carreño y Ricardo León.*

Talleres recreativos:

# Beauchef en Movimiento

Salsa, *break dance*, tango y telas aéreas son algunas de las nuevas actividades complementarias que practican los beauchefianos.



Panorama de artistas beauchefianos.

Los estudiantes de la FCFM no sólo son buenos para la matemática, también lo son para bailar. Durante el año 2009, más de un centenar de alumnos decidió ocupar sus horas libres moviéndose al ritmo del *break dance*, danza del vientre, tango y telas aéreas entre otras actividades corporales.

Es bien sabido que el baile, al igual que el deporte, representa una terapia anti *stress* porque se transforma en un momento de relajación y de

descarga de preocupaciones; y que, además, ayuda a vencer la timidez y mejora la comunicación no verbal. Esto es lo que parecen haber comprendido los estudiantes de la FCFM porque en 2009 han demostrado un alto interés por realizar actividades de este tipo complementarias a sus estudios formales.

Este entusiasmo, se ha visto reflejado en un aumento en el número de interesados por los tradicionales talleres recreativos organizados

*Panorama del público en el hall sur.*

por el Centro de Estudiantes de Ingeniería, CEI, y coordinados por el grupo organizado "Beauchef en Movimiento", BeM. Este año las actividades tuvieron un crecimiento en la convocatoria de alrededor de un 10%, y culminaron con una masiva y exitosa presentación final.

Los talleres CEI, creados el año 2000 durante la directiva encabezada por Pedro Vallejo, se han consolidado y transformado en un espacio de recreación para los estudiantes de Beauchef, al igual que los grupos organizados y las actividades deportivas.

Según sus organizadores, la clave está en que los alumnos comprendan que el baile es un buen antídoto para romper la rutina académica y establecer lazos con compañeros que no son de la misma especialidad o sección. "Queremos a través de las artes corporales brindar un espacio de distensión dentro de la Facultad. La calidad de los profesores es muy buena y la acogida de los estudiantes ha sido excelente", cuenta Rodrigo Orellana, alumno de Ingeniería Matemática y coordinador del BeM. A lo que Mauricio Santibáñez, profesor del taller de Tango, agrega, "la danza permite mejorar el aspecto comunicativo y físico, además, fomenta el trabajo en equipo, factores claves en el desarrollo de los futuros profesionales".

## BROCHE DE ORO

Es viernes y el *hall* sur del tradicional edificio escuela de la FCFM vibra al son de tambores y melodías que brotan desde el centro de la emblemática construcción. Por unas horas los estudiantes de Beauchef dejan de

*Grupo de Tango.*



Baile y ritmo.



Grupo de Telas Aéreas.

Anualmente, desde su creación, los talleres CEI realizan una presentación final.

preocuparse por sus exámenes y se transforman en bailarines; se trata de la presentación final de los talleres CEI.

Por cerca de dos horas, los grupos de salsa, telas aéreas, danza del vientre, baile y ritmo, tango y *break dance* demostraron las técnicas aprendidas durante el año. Familias emocionadas, compañeros orgullosos y autoridades sorprendidas, repletaron, esa cálida tarde, el *hall* sur del campus Beauchef.

Anualmente, desde su creación, los talleres CEI realizan una presentación final. La particularidad de 2009 fue que la actividad, además de ser organizada por el Centro de Estudiantes fue fuertemente apoyada por el grupo Beauchef en Movimiento. Fue así como ambos equipos lograron convocar a un masivo público, como no se veía en años.

Patricio Aceituno, Vicedecano de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas fue uno de





Danza del vientre.



Break dance.




Presentación final en el hall sur.

los asistentes, quien se sorprendió ante las diversas presentaciones. "Me llamó la atención que los estudiantes desarrollen este tipo de arte y que aprecien este tipo de manifestaciones. Esto confirma que las personas talentosas pueden serlo no en un sólo ámbito, sino que en muchas direcciones", señaló el vicedecano de la FCFM.

Además, la autoridad valoró el desarrollo de actividades paralelas al plan de estudio y el nivel de las presentaciones. "Los estudiantes mostraron un alto nivel en cada una de las manifestaciones. Este tipo de actividades da cuenta de que los jóvenes están interesados en el arte, la danza, la música, la fotografía, lo que los transforma en profesionales integrales. Demostraron que el talento no se expresa de una sola forma", agregó Patricio Aceituno.

La presentación, contó además con la participación del grupo "Jazz Dance" de la Pontificia Universidad Católica y de la campeona mundial de Tango, Paloma Berrios.

Para el 2010, tanto el CEI como Beauchef en Movimiento pretenden repetir esta actividad y celebrar así los 10 años de los talleres. 

Texto: Sofía Vargas P.  
Fotografías: Klaus Winler (Alumno FCFM).

## Rebeca Gaete, nueva Presidenta del Centro de Estudiantes de Ingeniería

Con el eslogan "Comunidad, Conciencia y Participación", la lista de estudiantes de izquierda liderada por la alumna de Ingeniería Civil Industrial, Rebeca Gaete, ganó la elección del Centro de Estudiantes de Ingeniería (CEI) realizada el 12 y 13 de noviembre, en la que participó un 40% del total de alumnos de la FCFM.

En los 102 años de vida de la organización –un semillero de líderes que incluyen a ex Presidentes de la República como Jorge Alessandri Rodríguez y Eduardo Frei Ruiz Tagle y ex Presidentes de la FECH, como Julio Lira, Luis Felipe San Martín y Felipe Melo–, la única mujer que hasta ahora había ocupado el cargo de Presidenta del CEI fue Scarlett Vásquez en 1996, mientras era estudiante de

ingeniería civil. Por esto, el liderazgo que Rebeca Gaete –hija de un ex alumno de Beauchef, el ingeniero civil matemático Sergio Gaete Becerra– asumirá en la conducción del movimiento estudiantil, da un nuevo impulso a la inserción de la mujer en la política universitaria.

"Más que como Presidenta, esperamos como directiva ganar la confianza de los estudiantes, generando la convicción de que es necesaria la existencia de una organización estudiantil con ingerencia en muchos ámbitos lo que conlleva una gran responsabilidad tanto a nivel universitario como a nivel nacional", dijo Rebeca Gaete al ser consultada por la baja participación en los comicios estudiantiles en la FCFM durante los últimos años.

Al referirse a la comunidad de Beauchef, la nueva Presidenta del CEI, quien ha participado en política estudiantil desde que ingresó a la FCFM, como Presidenta del Centro de Estudiantes de Plan Común, destacó la importancia de "fortalecer los lazos con los otros estamentos universitarios integrados por académicos y funcionarios, para crear una identidad de Facultad".

La nueva directiva del CEI quedó integrada por Rebeca Gaete, Presidenta, Matías Grau, Vicepresidente, Natalia Garrido, Directora de Docencia, Yerko Montenegro, Director de Comunicaciones, y Diego Ramírez, como Director Económico.



Primera fila Directiva CEI 2010: Diego Ramírez, Rebeca Gaete, Matías Grau, Natalia Garrido, Yerko Montenegro.

## Feria de Deportes FCFM: Incentivando la práctica deportiva

Vóleibol, tae won do, kárate, judo, tenis de mesa, ajedrez, natación, montañismo y remo olímpico son sólo algunas de las disciplinas deportivas que se practican en Beauchef, sin embargo, no todos los estudiantes lo saben. Con el fin de informarlos, el 17 y el 18 de noviembre se llevó a cabo la Feria de Deportes de la FCFM.

En el evento, convocado por el Centro Deportivo de Ingeniería, los beauchefianos pudieron acceder a información sobre las distintas disciplinas deportivas que se practican en la Facultad y también tuvieron la posibilidad de inscribirse para postular a un equipo de su interés.

"Nos dimos cuenta de que muchos no practican deportes por falta de información con respecto a las ramas en las que

pueden participar", dijo Ximena Pizarro, del Centro Deportivo de Ingeniería e integrante de la rama de natación. La estudiante agregó que la idea principal de esta Feria fue difundir las disciplinas deportivas que se desarrollan en la FCFM "para que se integren nuevos deportistas que formen parte de las selecciones y compitan en las olimpiadas de la Universidad o en torneos inter facultades".

Según explicó Ximena Pizarro, el Centro Deportivo de Ingeniería planea realizar nuevamente este evento a principios del año académico 2010. Esta vez, la actividad estará dirigida principalmente a los mechones que ingresen a la Facultad, para que desde el comienzo de su vida universitaria tengan toda la información posible sobre los deportes que pueden practicar.



## Construyendo Sueños desde Beauchef



Con el propósito de conocer y debatir sobre temas vinculados a iniciativas sociales desarrolladas en Chile, cerca de 150 jóvenes de diversas carreras y universidades de todo el país se reunieron en la FCFM para participar en el primer **Congreso de Iniciativas Sociales Estudiantiles**.

La actividad organizada por el programa Construyendo Mis Sueños (CMS) y el Área de Humanidades de la FCFM, se realizó a fines de octubre y contó con paneles de discusión con expertos como el Director del Centro de Investigación y Desarrollo de la Educación de la Universidad Alberto

Hurtado, Juan Eduardo García-Huidobro; el sociólogo y analista internacional, Raúl Sohr; y el ingeniero comercial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, Ricardo French-Davis, entre otros.

En forma paralela al debate, el *hall* sur del Edificio Escuela se transformó en un espacio de exhibición para los microempresarios participantes del programa CMS, creado por alumnos del Departamento de Ingeniería Industrial, DII. Entre sus organizadores, la Directora Ejecutiva del programa, Solsiré Giaverini, expresó su satisfacción al advertir lo contentos y motivados que se mostraron los estudiantes para desarrollar proyectos

de integración social en sus casas de estudio.

En el congreso también participaron los finalistas del primer concurso de Iniciativas Sociales Universitarias. Entre ellos, el primer lugar lo obtuvo el "Proyecto de Desarrollo Pecuario Alto Andino", impulsado por estudiantes de medicina veterinaria de la Universidad de Chile para el desarrollo de comunidades aymaras. Una idea a la que también se sumaron iniciativas como un taller de energía solar a bajo costo, una escuela de formación sindical, un operativo de salud rural, un preuniversitario solidario y un grupo de voluntariado.

NIC Labs:

# Investigación de clase mundial en tecnologías IP



http://www

## Investigación aplicada y transferencia tecnológica en torno a temas de relevancia nacional y mundial son el foco del trabajo de NIC Labs, laboratorio de investigación de NIC Chile que hoy se consolida como centro de investigación de nivel internacional en el área de redes IP.

**En nuestro país, NIC Chile, dependiente del Departamento de Ciencias de la Computación (DCC) de la FCFM, es el organismo responsable de administrar los nombres de dominio .cl y preservar la estabilidad, seguridad e interoperabilidad de Internet.** Por la naturaleza de sus funciones se mantiene a la vanguardia tecnológica en esta materia, especialmente del "servidor de nombres" o DNS (Domain Name System). Según el Director de NIC Chile, Patricio Poblete, "aunque tenemos un grupo de ingeniería de primer nivel era necesario contar con un grupo dedicado a investigación y desarrollo, más libre de las urgencias cotidianas y que abordará temas de más largo plazo".

De este modo, a fines de 2007 nació NIC Labs, laboratorio de investigación aplicada dedicado a desarrollar investigación de clase mundial en torno a tecnologías IP o de redes, de modo de generar nuevo conocimiento y hacer transferencia tecnológica, convertirse en referente nacional y regional y apoyar a NIC Chile en sus procesos de desarrollo tecnológico. "Uno

de los valores más importantes que tenemos es que el conocimiento no es apropiable. Todo el conocimiento que generamos está a disposición de la comunidad", dice el Director de NIC Labs y profesor jornada parcial del DCC, Tomás Barros.

Si bien alrededor del mundo existen centros de investigación vinculados a los administradores de dominios, NIC Labs ha asumido el liderazgo en el estudio de temas de relevancia nacional e internacional en torno a la red. Patricio Poblete sostiene que para la FCFM contar con "NIC Labs es un hito importante para la comunidad universitaria. Está inserto en una entidad de servicios tecnológicos claves para la infraestructura nacional de Internet, que debiera generar productos concretos a futuro, publicaciones internacionales e incluso desarrollar tecnologías nuevas".

El equipo de NIC Labs lo conforman 12 investigadores: ingenieros civiles electricistas e ingenieros civiles en computación, alumnos de programas de magister y estudiantes me-

moristas de pregrado de ambas carreras de la U. de Chile y también de las universidades de Santiago y Diego Portales.

Un ambiente de trabajo que sus integrantes definen como de sinergia y altamente constructivo. Si bien se dividen en grupos para abordar los proyectos, cada semana todo el equipo se reúne para exponer sobre el estado de avance de los temas de investigación. "Se produce una lluvia de ideas acerca de cómo mejorarlos y otros observan los puntos débiles. Es una instancia para aprender, dar ideas, recibir otras y lograr una mirada fresca del proyecto" dice Mario Cornejo, alumno memorista de Ingeniería Civil Eléctrica de la Universidad de Santiago de Chile quien trabaja en NIC Labs. Destaca también la oportunidad de desarrollarse en un equipo de excelencia "que genera buenos proyectos, investigación y transferencia de conocimiento. Se aprende mucho porque en la universidad uno tiende a estudiar las cosas en abstracto".

Víctor Ramiro, ingeniero civil en computación egresado del DCC, subraya que en NIC Labs se

Victor Ramiro, Tomás Barros, Mario Cornejo.



abordan problemas "en los que podemos aplicar todas las herramientas de la tecnología para entregar una solución innovadora; postulamos a proyectos, sean públicos o asociaciones con privados, y ponemos la investigación al servicio de la resolución de esos problemas". Es la condición de laboratorio la que les otorga libertad para experimentar soluciones y arriesgarse en sus propuestas.

Patricio Poblete agrega que en NIC Labs se busca en forma creciente que los proyectos que se desarrollen "estén vinculados a las necesidades de NIC Chile y a la comunidad de administradores de DNS en el mundo. Esperamos que el Laboratorio ayude en una implementación bien diseñada de dos tecnologías claves para el país: DNSSEC, un sistema de resolución de nombres de dominio seguro, e IPv6, el nuevo protocolo de Internet que debiera reemplazar al actual (IPv4)".

## IPV6 Y DNSSEC LLEGAN A CHILE

Una de las iniciativas en las que trabaja NIC Labs es la implementación de IPv6. Hoy existe alarma mundial debido al agotamiento de las direcciones de Protocolo de Internet (IP), que

identifican con números únicos a cada dispositivo conectado a Internet. Estas direcciones son versión 4 (IPv4) usadas desde los años '80. Pero hoy estamos acercándonos al límite máximo de direcciones disponibles, siendo la solución a este problema IP versión 6 (IPv6).

"Como laboratorio asumimos la misión de impulsar y liderar este cambio en Chile, porque existe una necesidad inmediata de adoptar el nuevo protocolo de Internet y de hacerlo en forma ordenada y estructurada", dice Tomás Barros. En el desarrollo de este plan trabajan en conjunto con la Subsecretaría de Telecomunicaciones (SUBTEL) y cuentan con el apoyo de CORFO a través de Innova Chile. Y ya se han reunido con casi la totalidad de las empresas Proveedoras de Servicios de Internet (ISP): Claro, Entel (Entel Chile y PCS), Movistar (Telefónica Chile y Móvil), Telmex y VTR, para poner en marcha un proyecto nacional de migración a IPv6, abarcando así el 90% de las líneas fijas y el 100% de las móviles.

Otra iniciativa que al igual que IPv6 es abordada a nivel mundial es la implementación de la extensión de seguridad llamada DNSSEC en el DNS (Domain Name System): un sistema de

nombres que permite traducir el nombre de dominio a dirección IP y viceversa, lo que es indispensable para que un dominio funcione.

Según Víctor Ramiro, a cargo del proyecto, el DNS funciona hoy en base a una relación de confianza. "Si pregunto a NIC Chile quién tiene el dominio uchile.cl recibirá un número IP. Pero otro podría responderme y mentir sobre ese número y eso no se puede detectar. Entonces, cómo asegurarse de que esa respuesta provenga realmente de NIC Chile". Hecho que aplicado a una institución bancaria, por ejemplo, puede ser muy grave. "DNSSEC es una capa de seguridad criptográfica que permite asegurar el tráfico en Internet y resolver este problema. Y si el DNS funcionaba de una forma, ahora funcionará de otra", lo que demanda un plan específico para ejecutarlo.

De acuerdo con Tomás Barros para llevar a cabo este plan "en NIC Labs estudiamos los aspectos técnicos, definimos los procesos y formamos una mesa conjunta con ingenieros de NIC Chile para resolver cada uno de los temas, y ya estamos en su etapa de implementación".

"NIC Labs es un hito importante para la comunidad universitaria. Está inserto en una entidad de servicios tecnológicos claves para la infraestructura nacional de Internet, que debiera generar productos concretos a futuro, publicaciones internacionales e incluso desarrollar tecnologías nuevas".

Junto a estos importantes proyectos desarrollados actualmente por NIC Labs destacan otros dos: un medidor de calidad de conexiones a Internet y una nueva biblioteca de factura electrónica ya en funcionamiento.

### MEDIDOR DE CALIDAD DE CONEXIÓN


Esta iniciativa surgió por la necesidad de responder a la calidad de conexión de Internet de los usuarios. Uno de sus reclamos más frecuentes es el incumplimiento de contrato y el sentirse estafados, "porque contratan dos o tres megas de ancho de banda y a las siete de la tarde dicen que está lentísima la red. Entonces queremos colocar un sistema para fomentar la autorregulación".

Se instalarán aparatos en diferentes equipos de modo de obtener información que permita sacar promedios de las calidades y sobre esa base entregar resultados estadísticos comparables, acerca de la calidad de la conexión y si ésta responde a lo contratado. Si un usuario tiene un contrato de tres megas podrá ver entonces cómo se comporta su plan y el equivalente en otra compañía.

Es un proyecto de enormes desafíos técnicos para NIC Labs. "Por ejemplo, queremos incorporar dispositivos móviles, lo que es complejo porque

se tiene que distinguir el lugar de conexión; hay muchos detalles técnicos que resolver y, además, esto podría tener la resistencia inicial de los ISP", sostiene Barros.

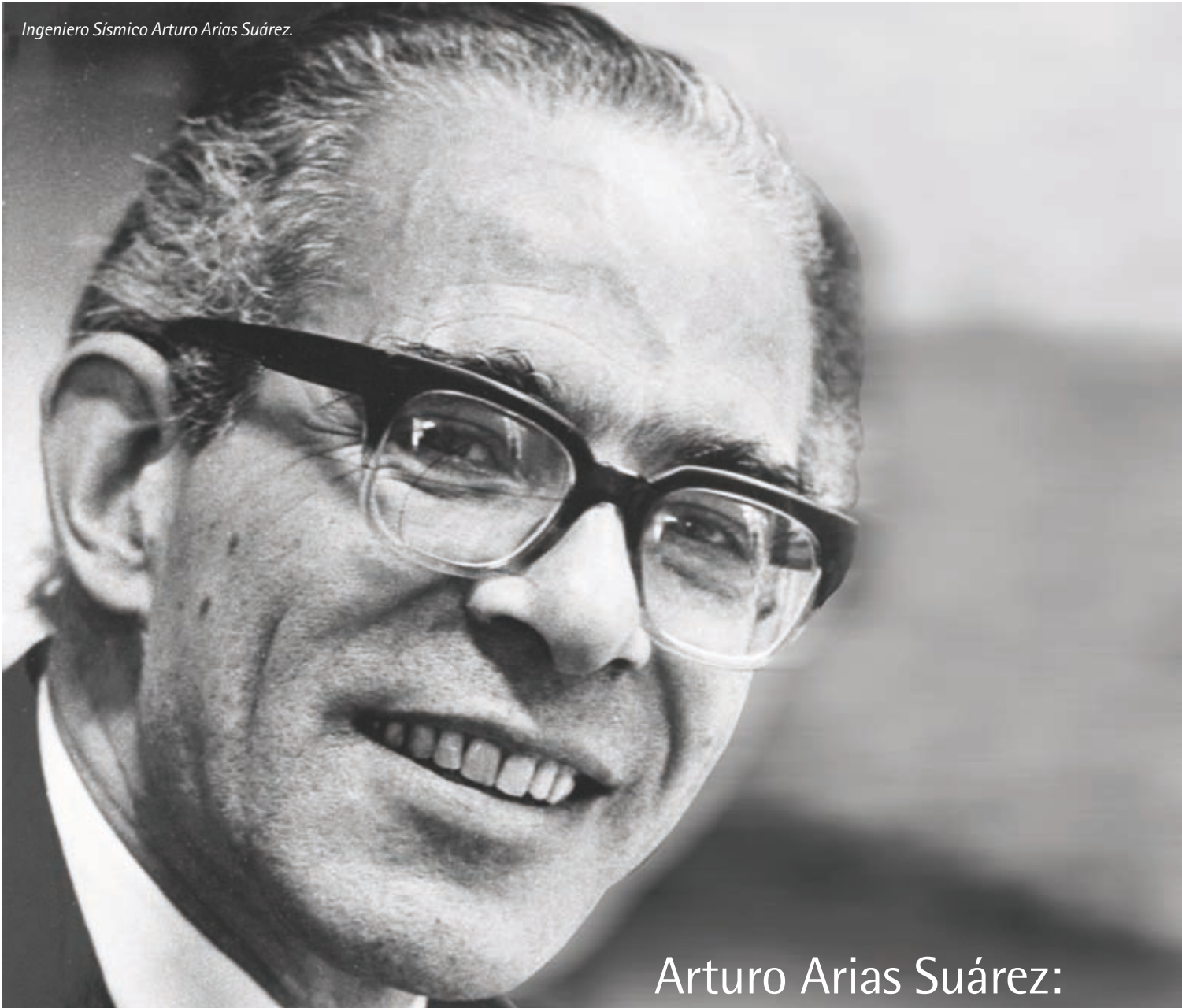
Otra iniciativa de relevancia nacional se relaciona con la facturación electrónica, tema en el cual Barros tiene amplio conocimiento dado que fue quien la diseñó. NIC Chile participó en el proyecto piloto de factura electrónica, iniciado por el Servicio de Impuestos Internos (SII) en agosto de 2002, y en el posterior funcionamiento del sistema desarrolló su propio *software* de facturación, el cual fue puesto a disposición de la comunidad. En diciembre NIC Labs liberó una nueva versión de esta biblioteca, actualizada y construida en base a la experiencia de facturación obtenida hasta ahora.

Por la naturaleza misma de los temas que abordan, los desafíos en investigación para NIC Labs serán cada vez mayores. De acuerdo con Patricio Poblete, el equipo profesional proyecta que "el laboratorio crezca a medida que consiga recursos concursables para proyectos tecnológicos, financiamiento de la industria nacional de Internet, etc. Esperamos que la investigación, aparte de generar proyectos de transferencia real hacia la industria, genere publicaciones de relevancia internacional en cooperación con el cuerpo académico de la FCFM en general y con el Departamento de Ciencias de la Computación en particular". 

*Texto: Ana Gabriela Martínez A., DCC.*



*Ingeniero Sísmico Arturo Arias Suárez.*



Arturo Arias Suárez:

# Intensidad a toda prueba

No muchos son los científicos cuya genialidad resulta tan grande como su sencillez, pero el ingeniero sísmico Arturo Arias Suárez fue uno de ellos. El autor de la Intensidad Sísmica Instrumental, por la que hoy es reconocido como uno de los cinco latinoamericanos que cambiaron el mundo, fue también un académico beauchefiano generoso que logró dejar una huella profunda entre quienes lo conocieron.

**Un elegante señor vestido con chaqueta azul y mocasines café se sube al podium del auditorio del entonces Instituto de Investigación y Ensayes de Materiales (Idiem). "¿En qué quedamos?", pregunta y mientras saca una cajetilla de cigarrillos Lucky en medio del silencio de sus alumnos.** Sin ningún apunte en la mano, el maestro se dispone a hacer su clase en medio de la incredulidad de algunos de ellos, como el entonces estudiante de Ingeniería Civil, Rodolfo Saragoni, quien se pregunta cómo será posible que alguien pueda hacer una clase de Ingeniería Sísmica sin siquiera llevar material de apoyo. Pero minutos después, y al ver cómo el elegante maestro se pasea de un lado a otro mientras se refiere a la materia con total claridad y va llenando el pizarrón con derivaciones matemáticas que le parecen impecables, el estudiante llega a la conclusión de que ha asistido a una clase perfecta y de que su profesor, Arturo Arias, no necesita ningún apunte para enseñar.

Años más tarde, cuando Rodolfo Saragoni ya es académico de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas (FCFM), es su propio maestro de Ingeniería Sísmica y Mecánica Racional quien le comenta que para que sus clases resulten perfectas, él se preocupa incluso de detalles como que la frase que está diciendo mientras se pasea de un extremo a otro del podio termine justo cuando su cuerpo gira para cambiar de dirección. Un detalle que para muchos podría no tener mayor importancia, pero que para Rodolfo Saragoni resulta clave hoy para entender que la búsqueda de la armo-

nía era una de las motivaciones que movía al profesor Arturo Arias. De hecho, el modelo de Intensidad Sísmica Instrumental –más conocida como Intensidad Arias (IA)–, su más grande aporte a la ingeniería sísmica universal, tiene su origen en una inquietud por perfeccionar el modelo de Intensidad Espectral de Housner, elaborado en 1947 por el estadounidense George Housner para medir los sismos con acelerógrafos y eliminar la subjetividad de escalas como Mercalli, que se basaban sobre la percepción cualitativa de los daños provocados por movimientos telúricos.

Según explica el académico del Departamento de Ingeniería Civil, Rodolfo Saragoni, al Profesor Arturo Arias las ecuaciones del hoy considerado como "padre de ingeniería sísmica de los EE.UU.", le parecían poco elegantes y veía que Housner había definido en forma algo arbitraria el rango de las estructuras expuestas a terremotos. El académico recuerda este detalle porque fue precisamente durante su etapa como ayudante del Prof. Arias, a fines de los '60, cuando el entonces Director del Idiem le comentó que estaba desarrollando su propio parámetro instrumental para establecer el riesgo sísmico de una zona determinada. Pero el impacto de la investigación de Arturo Arias fue tal que terminó siendo publicada por el Massachusetts Institute of Technology Press (MIT), en 1969. Según el Prof. Saragoni, las razones de la importancia adquirida por la Intensidad Arias apuntan a que el ingeniero sísmico "encontró una forma más elegante y simple de medir la capacidad que un terremoto tiene de producir daño, independiente de si existen o no estructuras en la zona y sin importar el tipo o calidad de

las construcciones. Esta simplicidad es la que permite que la Intensidad de Arias pueda ser aplicada universalmente", destaca.

Por eso no debiera sorprender el reconocimiento que hace algunas semanas le otorgó la BBC de Londres como uno de los cinco científicos latinoamericanos que cambiaron al mundo, pues su legado a la ingeniería sísmica mundial se ha mantenido invariablemente vigente y hay quienes como el propio Tomás Guendelman Bedrack, Ingeniero Civil de la Universidad de Chile y ganador de la Medalla de Oro 2009 del Instituto de Ingenieros de Chile, reconocen en Arturo Arias Suárez al "líder natural de la ingeniería sísmica en Chile".

## RIGOR Y GENEROSIDAD

Nacido en Nueva Imperial el 10 de agosto de 1923, Arturo Arias Suárez, se recibió como Ingeniero Civil de la FCFM en 1948, tras presentar su memoria de título "Oscilaciones de un Estanque Elevado". En ella, el entonces estudiante de Beauchef propuso una metodología para medir periodos de vibración de estanques de agua en altura que resultó muy innovadora para su tiempo. Tras titularse, sus primeros pasos en la carrera académica fueron como Ayudante de Cálculo Vectorial y Mecánica Racional del Prof. Luciano Claude, en 1946. Claude, quien había sido discípulo de Ramón Salas Edwards, responsable de haber descubierto el escurrimiento crítico en hidráulica, transmitió a Arturo Arias su gran rigor intelectual y él lo aplicó en una serie de primeros trabajos de investigación. Entre ellos destacan el que hizo en 1951 sobre las cargas estáticas que deben considerarse en

el diseño de las estructuras que soportan las líneas de alta tensión y un manual llamado "Normas básicas y recomendaciones para el diseño de muros gravitacionales de tranques y vertederos", escrito en 1952.

Seis años más tarde, Arturo Arias Suárez asume el cargo de Director del Idiem, donde se mantendrá hasta 1965. Durante este período impulsa el desarrollo de los laboratorios de metales y de radiografía industrial en Beauchef y potencia la revista del Idiem, a través de la publicación de una serie de trabajos, entre los que sobresalen los que Arturo Arias realiza junto a sus colegas Raúl Husid y Luis Petit-Laurent, y que le valdrán el reconocimiento de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, Unesco. Posteriormente, en 1959, y cuando ya se desempeñaba como profesor de jornada completa, Arturo Arias, se embarca en la tarea de crear y dirigir el Instituto de Matemáticas y Física, que posteriormente pasaría a ser el actual Departamento de Física de la FCFM. Luego, en 1965, pasa a ocupar el cargo de Secretario de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas y dos años más tarde, en 1967, el Instituto de Ingenieros de Chile le otorga el Premio Ramón Salas Edwards, por sus contribuciones al avance en ciencia y tecnología.

A pesar de este fuerte compromiso con su profesión y la actividad docente, el ingeniero sísmico Arturo Arias mantenía una actitud de constante búsqueda intelectual. Pocos saben, por ejemplo, que antes de ser profesor de jornada completa tuvo dudas vocacionales que lo impulsaron a estudiar Filosofía durante un tiempo. Este bagaje sumado a su amplia cultura general le daban la autoridad suficiente como para hablar sobre cualquier tema. "No era un 'giro sin tornillos' y eso me llamaba mucho la atención", dice su ex alumna y académica de la División de Estructuras, Construcción y Geotecnia del Departamento de Ingeniería Civil de la FCFM, María Ofelia Moroni. La ganadora del Premio a la Mujer Ingeniero 2004, recuerda también que Arturo Arias Suárez era una persona de ideas marcadamente progresistas, aunque de muy bajo perfil, por lo que "me extrañó mucho que se presentara de candidato a Decano de la Facultad en 1968", agrega la Prof. Moroni.

La extrañeza de la entonces estudiante María Ofelia Moroni tiene una explicación: el pro-

fesor Arturo Arias Suárez no tenía ninguna intención de ser Decano y así lo confirma uno de sus amigos más cercanos en ese entonces, el sismólogo Armando Cisternas. "Recuerdo muy bien todos los esfuerzos que hicimos para convencer a don Arturo para que se presentara, pero él, muy modesto, no aceptaba", recuerda desde Francia el profesor del Departamento de Geofísica de la FCFM. Ante la negativa de Arias, Armando Cisternas optó por la presión psicológica. "No le hablé durante un par de días. Entonces él se dio cuenta y cuando se acercó a preguntarme si me pasaba algo le dije que nos había decepcionado", agrega. Muy correctamente, Arturo Arias le pidió a Cisternas "no tomar tan en serio aquello de la elección del Decano", pero corrían los tiempos de la Reforma Universitaria y esa sugerencia parecía algo difícil de aceptar, por lo que Cisternas decidió insistir hasta que súbitamente el Prof. Arturo Arias cambió su actitud y "aceptó sin mucho convencimiento", reconoce el académico.

En la elección realizada en 1968, la candidatura a Decano de Arturo Arias Suárez obtuvo un 40% de los votos, pero no logró superar a la de Enrique D'Etigny, por lo que este último asumió como autoridad máxima de la Facultad. "Creo sinceramente que haber participado de esta experiencia electoral en contra de su voluntad muestra la modestia de don Arturo", destaca el académico Armando Cisternas. La observación de Cisternas sobre la actitud cercana del maestro Arturo Arias hacia sus alumnos y colegas se ve también reflejada en decenas de testimonios que muestran al connotado ingeniero sísmico en una constante actitud de ayuda.

Uno de ellos ocurrió cuando el académico del Departamento de Ingeniería Civil de la FCFM, Maximiliano Astroza, expuso por primera vez su trabajo "Capacidad de Deformación Lateral de Tabiques", realizado en conjunto con el investigador, Víctor Águila, en la Séptima Jornada Chilena de Sismología e Ingeniería Antisísmica, en 1997. Arturo Arias se le acercó y le recomendó hacer un análisis más estadístico de los datos que estaba presentando. "Le hice caso y lo volví a presentar en Valparaíso en 2001. Después de eso, la investigación se transformó en un trabajo muy citado posteriormente", confirma el académico de la FCFM. Para Astroza, Arturo Arias era un hombre que "tenía conocimientos de matemática y física de un

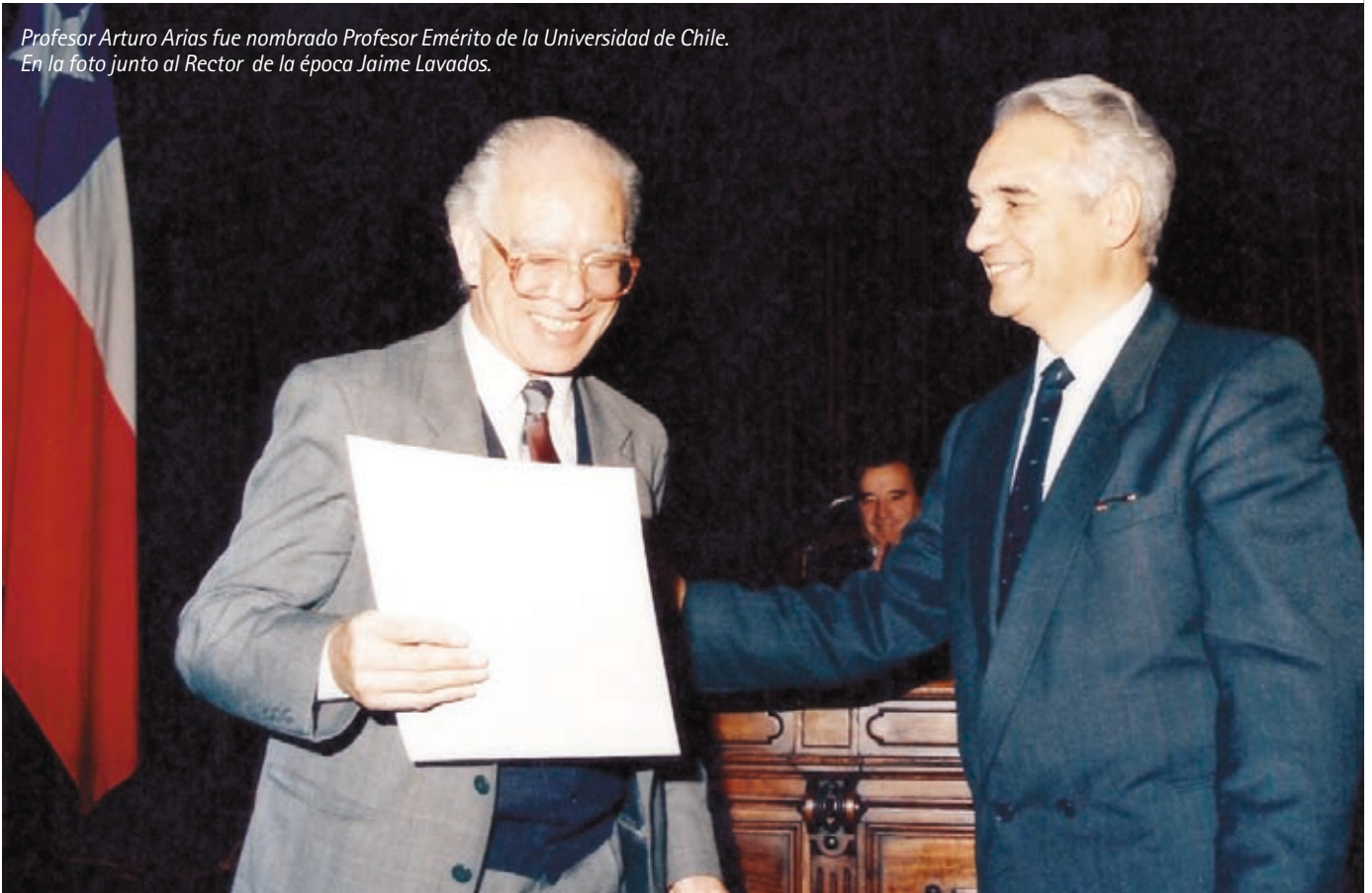
nivel extraordinario, por lo que podía plantear problemas de una forma en que nadie podía hacerlo". Sin embargo, a pesar de esta evidente genialidad, el Prof. Astroza destaca que "Arias tenía una actitud desinteresada, por lo que no dudaba en dar consejos que pudieran ayudar al trabajo de los demás".

## LOS AÑOS EN LA UNAM

Otra característica del Prof. Arturo Arias era su gran integridad. Por eso, pese a ser una persona muy reservada, no sentía temor de expresar sus convicciones. Esta condición le trajo más de una incomodidad cuando se instaló la Junta Militar en 1973 y designó nuevas autoridades académicas para la Universidad de Chile. El episodio es recordado por su viuda, la señora Lola Vicuña Lagarrigue, quien cuenta que su marido "intuía que vendrían tiempos muy difíciles e insistió en dejar el país". Sin embargo, pese a contar con invitaciones para dar clases en la Universidad de Columbia y en el MIT, el gobierno militar le negó su salida de Chile. "Por suerte, Arturo tenía gran prestigio. Fue ese prestigio lo que movió a estas universidades a hacer una serie de trámites para sacarlo del país. Nosotros salimos de Chile con pasaportes de Naciones Unidas", confirma hoy la señora Lola Vicuña.

El destino del matrimonio Arias y sus cuatro hijos fue Ciudad de México, donde el ingeniero sísmico retomó su labor universitaria tras ser acogido por el entonces Director del Instituto de Ingeniería de la Universidad Autónoma de México (UNAM), Emilio Rosenblueth. Muchos de sus discípulos como Tomás Guendelman Bedrack, recuerdan la partida del Prof. Arturo Arias. "Hubo dolor, pero más hubo alegría porque sentíamos que era más importante que él y otros profesores que habían tenido que abandonar la universidad estuvieran tranquilos", dice el ganador de la Medalla de Oro 2009 del Instituto de Ingenieros de Chile, quien está convencido de que la oportunidad de hacer clases en México le permitió al autor de la Intensidad Arias tener un reconocimiento internacional que no habría logrado quedándose en su propio país. "Compartió con académicos mexicanos renombrados como Emilio Rosenblueth, formó numerosas generaciones de alumnos y pudo publicar sus trabajos en la revista del MIT", menciona el ex Presidente de

Profesor Arturo Arias fue nombrado Profesor Emérito de la Universidad de Chile. En la foto junto al Rector de la época Jaime Lavados.




la Asociación Chilena de Sismología e Ingeniería Antisísmica (Achisina), como parte de los logros de su maestro en México.

Tras recibir de parte del Colegio de Ingenieros Civiles de México el premio José A. Cuevas, en 1984, el Prof. Arturo Arias regresa a Chile al año siguiente para reintegrarse a la Universidad de Chile. De su trabajo como investigador en esta etapa destacan la norma sísmica ETG 1015 desarrollada para obras civiles de centrales eléctricas de Endesa y sus contribuciones a la norma de "Diseño Sísmico de Edificios" NCh 433 Of. 96, publicada en 1996. Previamente, en 1972, Arturo Arias Suárez ya había contribuido a la elaboración de la NCh 433 Of. 72, que pudo ser probada con buenos resultados tras el terremoto que afectó la zona central de Chile en 1985.

Para ese entonces, el Prof. Arias comenzó a cosechar los frutos de su destacado trabajo.

En 1993 fue incorporado como miembro de número de la Academia de Ciencias de Chile, en 1999 fue premiado por el Instituto de Ingenieros con el Premio Raúl Deves Jullian y en 2000 recibió una distinción como Profesor Emérito de la Universidad de Chile y como Miembro honorario de la Asociación Iberoamericana de Ingeniería Sísmica. De sus últimos homenajes en 2001 y 2003, Arturo Arias Suárez no alcanzó a enterarse. El primero, como Maestro de la Ingeniería Sísmica del Siglo XX, por parte de Achisina, y el segundo, como Integrante de la Galería de Ingenieros Ilustres, por parte del Colegio de Ingenieros, fueron recibidos por su viuda, Lola Vicuña, quien asegura que su marido trabajó en sus investigaciones hasta sus últimos días de vida, pese a un fuerte cáncer a los huesos que lo aquejaba.

La noticia de su fallecimiento ocurrido el 11 de marzo de 2001 sorprendió a casi todos quienes lo habían conocido. "Vi a ingenieros llorando

mientras lo velábamos en nuestra casa", cuenta la señora Lola Vicuña, quien aún se sorprende al recordar este detalle. "La verdad es que fue una persona de gran nobleza, gran integridad y gran generosidad", afirma con fuerza. Porque más allá de su evidente genialidad, quienes lo conocieron dicen que Arturo Arias fue una persona sencilla y con la sensibilidad suficiente para sorprenderse con los fenómenos más elementales, tal como se lo confesó alguna vez al cantautor argentino Atahualpa Yupanqui el día en que ambos se encontraron en un vuelo desde Argentina: "Maestro, ambos tenemos algo en común. usted le canta a la tierra y yo escucho a la tierra cantar". 

*Texto: Daniela Cid M.*

## Beauchefianos por el mundo:

La última semana de noviembre, un grupo de 120 beauchefianos rompió la rutina de la FCFM. Acompañados por el Decano Francisco Brieva, estos autodenominados "ingenieros maduros" recorrieron laboratorios, salas de clases y conocieron las últimas remodelaciones realizadas en la Facultad reviviendo su paso por la Escuela, a 40 años de su egreso. Para la Generación 1964-1969, este reencuentro estuvo cargado de nostalgia y alegría. Muchos de ellos no pisaban Beauchef desde hacía 30 años y este es precisamente el caso de Karl Roennberg, Octavio Betancourt y Verónica Fuster, tres beauchefianos que optaron por desarrollar su carrera fuera de Chile.

### Karl Roennberg, España

Para el ingeniero civil estructural, Karl Roennberg, el destino escogido fue Europa. Su primera parada fue en Alemania, donde arribó en 1970 para obtener un doctorado en la Universidad de Karlsruhe. Tras concluir su postgrado, en 1977, optó por la empresa constructora, Hochtief, donde desarrolló una carrera de 33 años en la que lideró proyectos como la construcción de una central hidroeléctrica en África, se hizo cargo de actividades de la empresa en Europa y Latinoamérica y también formó parte de su directorio. "Fue un desafío permanente y también muy exitoso, pues logré escalar por mi propia fuerza todos los peldaños hasta la cúspide", dice Roennberg.

Durante su etapa como ejecutivo de Hochtief conoció a su esposa, con quien tuvo una hija que trabaja como ingeniero comercial en Frankfurt, y un hijo que cursa un MBA en el instituto Barcelona. Tras jubilar en 2004, Roennberg

se trasladó a vivir a Mallorca, España. "Era la alternativa que más se acercaba a Chile, con un clima muy grato que favorece actividades al aire libre", destaca. Pero pese a esta ansiada cercanía con Chile no tiene planes de volver a su país, aunque visita a sus familiares y amigos cada dos años.

Roennberg, quien actualmente se desempeña como consultor y miembro del Chartered Institute of Arbitrators de Londres, asegura que guarda muy gratos recuerdos de sus compañeros de la Escuela, especialmente, del equipo de básquetbol "famoso por su empuje y su garra" afirma. "Personalmente siempre me he sentido muy orgulloso de ser ingeniero de la Universidad de Chile", agrega Roennberg. "El sistema de estudios y los profesores me dieron una formación excelente, que pude aplicar inmediatamente en mi actividad profesional en Alemania", concluye.



## Octavio Betancourt, Nueva York, Estados Unidos

**R**ecién egresado de Ingeniería Matemática, Octavio Betancourt abandonó Chile en 1969 para realizar una maestría y un doctorado en el Courant Institute, de la Universidad de Nueva York, destino donde según él mismo reconoce, ha logrado hacer exactamente lo que quería, como prestigioso académico y autor de numerosos artículos de investigación, entre los que se incluyen tres libros técnicos.

"Me gusta mucho la investigación y la docencia universitaria", dice Betancourt, quien actualmente se desempeña como docente a tiempo completo del Departamento de Computación en la Escuela de Ingeniería, del City College de CUNY (City University of New York), cargo al que suma su trabajo como académico en la Facultad de CUNY, en el programa de Doctorado en Computación del Centro de graduados de CUNY.

Casado y con una hija de 33 años, Betancourt se siente totalmente parte de la ciudad de Nueva York, donde reconoce que "hay algo para todos los gustos y junto a mi familia disfrutamos de las diferentes oportunidades, culturales y de entretenimiento". Esta es una de las razones por las cuales este ingeniero matemático no tiene planes de volver a Chile por el momento. Sin embargo, reconoce que los buenos recuerdos de Beauchef son numerosos. "Nuestra generación fue de las primeras en la especialidad de Ingeniería Matemática y tuvimos que improvisar, pero después de largo tiempo me parece que fuimos todo un éxito", recuerda. En este sentido, Octavio Betancourt reconoce al Prof. Moisés Mellado, como la persona que lo motivó a seguir el camino de la Matemática, y al Prof. Rodolfo Saragoni, como el académico que lo impulsó hacia la investigación.

"La enseñanza que recibí en la Facultad fue de primera clase y me permitió continuar con mis estudios de postgrado sin ningún problema", asegura el ingeniero quien también reconoce la impronta de Beauchef en su formación. "Sería difícil generalizar y decir que los beauchefianos tenemos un sello, pero sin duda que el nivel es muy alto, con estudiantes seleccionados entre los mejores", señala.



## Verónica Fuster, California, Estados Unidos

**L**a Ingeniero Civil con mención en Estructuras, Verónica Fuster, abandonó Chile en 1975 luego de trabajar para varias empresas nacionales. Su primer destino fue Venezuela, país donde tras convalidar su título de Ingeniero Civil se desempeñó durante nueve años y llegó a formar su propia compañía de diseño y construcción metalmecánica, con proyectos exitosos que le dieron muy buenos dividendos económicos.

A mediados de la década del '80, Verónica Fuster emigró a Estados Unidos para buscar nuevos horizontes. "Llegué con visa de turista, un inglés muy básico y sin ningún contacto", recuerda. A pesar de estas limitantes, logró prepararse y aprobar con éxito el "Engineer in Training Test", que le permitió trabajar como asistente de ingenieros, primero y, posteriormente, cursar una serie de programas de especialización en Áreas como Madera y Sísmica. Sólo después de cuatro años de estudios y experiencia

laboral, Verónica Fuster obtuvo su licencia de Ingeniero Civil en Estados Unidos, condición que le abrió las puertas para ejercer su profesión en forma definitiva.

En este período, la beauchefiana Verónica Fuster también conoció a su marido, Robert Valenti, con quien tuvo dos hijos: Yerko, quien se desempeña como ingeniero mecánico, y Darko, quien trabaja como arquitecto para la empresa de diseño estructural, "Vero Engineering", proyecto creado por Verónica Fuster en 2002.

"Me gusta California porque no hay discriminación de género en trabajos de ingeniería y el área donde vivo en Silicon Valley es de mucho avance tecnológico", dice. Verónica guarda buenos recuerdos de Beauchef, pero agradece especialmente a su profesor guía de tesis, Elías Arze. "Él me ayudó a poner mis conocimientos en orden para ser usados en proyectos de Ingeniería", concluye.





Tomás Guendelman, Medalla de Oro 2009 del Instituto de Ingenieros:

Gentileza de Macarena Álvarez

“Ser un ingeniero de Beauchef es como ser un atleta de alto rendimiento”

48 años después de egresar de la Universidad de Chile, el ex beauchefiano y experto en ingeniería estructural, distinguido el 2009 con el máximo reconocimiento que puede recibir un ingeniero en Chile, habla sobre su paso por la Facultad, las implicancias de vivir en una ciudad que aumenta cada vez más sus edificios de altura y los desafíos de ser un ingeniero del siglo XXI.

**Tomás Guendelman ha realizado su carrera profesional como un atleta de alto rendimiento.** La comparación la hace él mismo señalando que "tanto el estudiante de ingeniería de Beauchef como los atletas de alto rendimiento someten su cuerpo y su mente a un nivel de exigencia tan extraordinario que sus organismos se acostumbra. Así los deportistas pueden pasar horas entrenando y soportar las duras exigencias en campeonatos o exhibiciones. Y los estudiantes de ingeniería de la Universidad de Chile, al estudiar bajo una fuerte presión académica que los obliga a un alto rendimiento, quedan extraordinariamente capacitados para incorporarse en el trabajo profesional de manera muy eficiente y rápida", dice el reconocido ingeniero civil estructural de la FCFM.

Esa filosofía del mayor esfuerzo y la alta exigencia han llevado a este profesional a transformarse en uno de los ingenieros sísmicos más destacados del país. Tomás Guendelman recibió, el 2009, el máximo reconocimiento que otorga el Instituto de Ingenieros de Chile por servicios prestados al país y a la profesión de ingeniero, el premio Medalla de Oro.

Guendelman ha sido testigo del crecimiento que ha vivido Santiago y ha analizado, estructuralmente, un importante número de los edificios que se han levantado en la capital. Y es que desde que egresó de la FCFM, en 1962, Guendelman ha cosechado los logros de una carrera en la que se ha dedicado al análisis estructural de más de 40 millones de metros cuadrados, dentro de los cuales se encuentran grandes y emblemáticas obras santiaguinas como el edificio Titanium La Portada, Telefónica y Costanera Center. Además, se encuentra participando como revisor independiente de la componente estructural del proyecto más ambicioso de ampliación de infraestructura que

la FCFM haya realizado desde que se instaló junto al parque O'Higgins en la década de 1920, el proyecto Beauchef Poniente.

Su incursión en la ingeniería estructural, comenzó hace casi 50 años. En 1960, cuando cursaba cuarto año de ingeniería, Chile fue literalmente sacudido por el, según Guendelman, mal llamado "terremoto de Valdivia", que en realidad, dice, debió ser conocido como "El Gran Terremoto de Chile", pues abarcó una extensión del orden de 1000 kilómetros y tuvo un significativo impacto en el desarrollo de la ingeniería sísmica en el país, motivando a muchos ingenieros y estudiantes a perfeccionarse en esta área.

Numerosos profesionales decidieron especializarse y seguir de cerca el trabajo realizado por los académicos de la FCFM Rodrigo Flores, Joaquín Monge, Elías Arze, Santiago y Arturo Arias, entre otros, así como el del profesor Luis Crisanto, de la Universidad Católica de Chile, quienes lideraban el desarrollo y la investigación del área en aquellos años. Guendelman fue uno de ellos.

### “ÉRAMOS COMO UN MÉDICO GENERAL DE PROVINCIA“

Tomás Guendelman estudió en Beauchef cuando a la Escuela de Ingeniería asistían alrededor de mil alumnos, existían sólo cuatro especialidades y Santiago comenzaba a vivir un proceso de modificación arquitectónica que lo transformaría en la moderna urbe y centro de negocios de seis millones de habitantes en la que actualmente vivimos. Desde esa óptica, Guendelman recuerda su paso por la Facultad.

"La Escuela de entonces era muy distinta a la de hoy. Pensar en ir a clases sin chaqueta y corbata era una locura. Si bien esas cosas han cambiado, lo que sí se mantiene es la

exigencia. En aquellos años teníamos pruebas hasta las nueve de la noche y 18 controles en 16 semanas de clases. Los profesores jornada completa eran muy pocos, si tenías dudas, no quedaba otra que resolver todo solo", recuerda el profesional.

El actual profesor *part time* del Departamento de Ingeniería Civil de la FCFM, decidió estudiar ingeniería cuando tenía 16 años y vivió un inusual episodio que hoy recuerda con lujo de detalles. En sexto de humanidades (hoy cuarto medio), se preparaba para ingresar a la universidad. En aquel entonces resolvió de memoria, sin papel ni lápiz, "El Proschle", libro clásico de álgebra. Fue cuando, según sus propias palabras, "me encontré en el lugar exacto, en el minuto indicado. Yo le pregunté a mi profesor de matemática cómo resolver unos ejercicios. Unas semanas después, él mismo me pidió que lo reemplazara porque se encontraba con problemas de salud", cuenta el profesional. Así fue como Guendelman se transformó en profesor suplente del Instituto Nacional a los 16 años. Un año después, en 1957, entró a la Universidad de Chile convencido de estudiar Ingeniería Civil en Estructuras.

Los cambios vividos en las últimas décadas al interior de la Facultad, según el profesional, se ven reflejados en el perfil del egresado. "Antes el ingeniero era una especie de médico general de provincia. Podía resolver cualquier tipo de problema", señala Guendelman. Hoy en cambio, agrega, el desarrollo en la ingeniería está asociado a un grado de especificidad que antes no existía y que hoy los beauchefianos cumplen con creces.

"En la ingeniería estructural hay una extraordinaria diversificación de especialidades en conformidad a la naturaleza de los proyectos, por ejemplo, el ingeniero que calcula edificios

## MITOS ESTRUCTURALES

Santiago definitivamente no es el mismo que hace 50 años. Cada vez es más común encontrarse con un edificio de gran altura en las calles de la capital, a lo que se suma la construcción de dos emblemáticas megatorres asociadas a los proyectos Costanera Center, de 300 metros y 70 pisos, y Titanium La Portada, de 192 metros y 52 pisos.

Este crecimiento "hacia arriba" que ha tenido la ciudad, ha mantenido ocupado durante los últimos años a Tomás Guendelman, quien, de paso, también se ha encargado de desmitificar la idea de que los edificios en altura son inseguros.

Según una investigación dirigida por el profesional, realizada en 2002, y que analizó cerca de 1500 edificaciones en Chile, las construcciones más bajas y rígidas son más susceptibles a daños, en comparación con las altas y flexibles. "La tipología estructural que se emplea en Chile privilegia los llamados 'muros de rigidez', estructuras sísmo resistentes que previenen el colapso. Factor sumamente importante pues uno de los principios esenciales de la seguridad sísmica consiste en proteger la vida humana", señala Tomás Guendelman.

de hormigón armado realiza una labor muy distinta a la de quien diseña estructuras portuarias, o a quien trabaja en las faenas mineras o en industrias", agrega Guendelman.

Es precisamente el alto grado de especialidad que tiene el trabajo del ingeniero del siglo XXI lo que demanda, según Guendelman, un esfuerzo de perfeccionamiento constante, el que se ve fuertemente beneficiado si se cuenta con un postgrado internacional.

## CON VISIÓN EXTRANJERA

Para Tomás Guendelman, obtener un magíster o un doctorado en el extranjero en este minuto debe ser una prioridad para los egresados. "Si bien, el nivel de ingeniería en Chile es muy bueno, estudiar afuera te permite dar un salto", señala.

Inmediatamente después de egresar, Tomás Guendelman decidió especializarse en la Universidad de Berkeley, Estados Unidos. En aquel entonces, según el ingeniero, Chile necesitaba de visiones y experiencias foráneas para poder modernizar sus planes de estudio. "La generación que volvió de Berkeley hizo un aporte para que la FCFM mejorara sus planes. Un resultado de ello se puede ver en la completa renovación y modernización de las mallas de contenidos lograda en los últimos años", señala.

Para Guendelman el aporte de realizar un postgrado en el extranjero va más allá de los límites de la academia. "Especializarse fuera de Chile tiene muchas facetas, no sólo que vas a estudiar a las mejores universidades del mundo, sino que también lleva aparejado una gran experiencia

de vida porque compartes con profesionales de otros países y aprendes a relacionarte con culturas distintas a la chilena. Creces psicológica y profesionalmente", agrega.

## 60 AÑOS NO ES NADA

Una de las preocupaciones actuales del profesional es el rol que ocupa en la sociedad el ingeniero después de los sesenta años. En vez de dedicarse a jugar con sus nietos, leer sus libros favoritos o ir al cine, Guendelman prefiere ser fiel a su pasión. Diariamente dirige y supervisa de cerca la labor de 20 ingenieros, quienes trabajan en su empresa, IEC Ingeniería.

En Chile la vida profesional tiene una duración cercana a los cuarenta años. Situación que según Guendelman debe cambiar y ser analizada. "Actualmente se jubilan ingenieros a quienes le quedan 20 años de vida laboral absolutamente confiable. Quienes perfectamente pueden ocupar un rol de conducción y de transmisión de experiencias", enfatiza.

Para el ingeniero estructural, el problema radica en que se están jubilando profesionales por criterios de edad y no por su estado mental. "La esperanza de vida del ser humano ha aumentado y las disposiciones legales vigentes fueron establecidas en tiempos en los que un individuo de 60 años era considerado un anciano", agrega Guendelman. Quien añade, "el costo de ignorar, por razones de edad, a quienes han acumulado una larga experiencia, se traduce en que a la sociedad se le escurre la sabiduría por los dedos." 📌

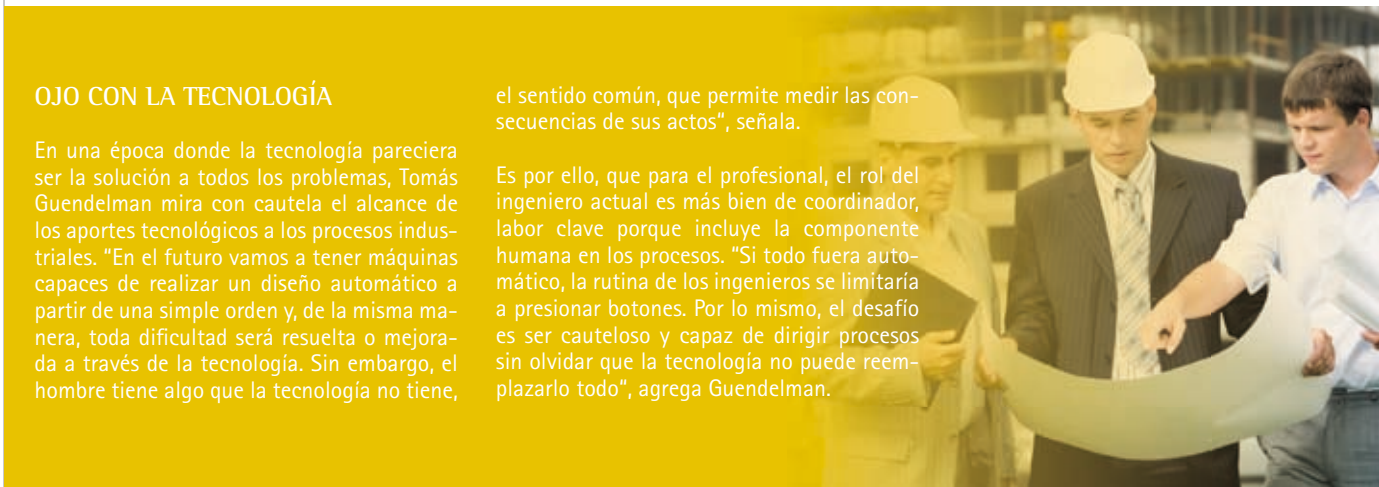
Texto: Sofía Vargas P.

## OJO CON LA TECNOLOGÍA

En una época donde la tecnología pareciera ser la solución a todos los problemas, Tomás Guendelman mira con cautela el alcance de los aportes tecnológicos a los procesos industriales. "En el futuro vamos a tener máquinas capaces de realizar un diseño automático a partir de una simple orden y, de la misma manera, toda dificultad será resuelta o mejorada a través de la tecnología. Sin embargo, el hombre tiene algo que la tecnología no tiene,

el sentido común, que permite medir las consecuencias de sus actos", señala.

Es por ello, que para el profesional, el rol del ingeniero actual es más bien de coordinador, labor clave porque incluye la componente humana en los procesos. "Si todo fuera automático, la rutina de los ingenieros se limitaría a presionar botones. Por lo mismo, el desafío es ser cauteloso y capaz de dirigir procesos sin olvidar que la tecnología no puede reemplazarlo todo", agrega Guendelman.



# Jacobo Rapaport: Visionario de la Física

Reconocido científico, sus contribuciones al desarrollo de la física en el país lo han llevado a ser un referente. Visionario, junto a un grupo de beauchefianos decidió aceptar el desafío: en la década del '50 integró el primer grupo de investigación en física nuclear en Chile.



**Es diciembre de 2009 y el destacado físico nuclear, Jacobo Rapaport Tirk, se pasea por el campus Beauchef, su "alma mater".** Hace años que no venía a Chile, a pesar de estar en permanente contacto con colegas, amigos y familiares. Está de visita sólo por algunos días, asistiendo al VIII Simposio Latinoamericano en Física Nuclear, realizado en la FCFM. Tiene pocas horas libres, pero en dos de ellas aprovecha de recordar su vida en Beauchef, sus inicios en la física y habla sobre energía nuclear.

## LA "ÑATA"

Destacado estudiante, en 1948 ingresó a la Escuela de Ingeniería y Ciencias de la Universidad de Chile. En sus aulas se encaminó hacia la Ingeniería Eléctrica, titulándose en 1953. Con espíritu inquieto, organizó un viaje junto a otros compañeros de su generación. ¿El destino?, Europa. Para concretar la idea debieron realizar una serie de actividades que les permitieran reunir los fondos necesarios para llegar al viejo continente. "Entre el '52 y el '53 hicimos varios eventos para juntar el dinero. Incluso organizamos una gran rifa, en la que el premio era una casa rodante que nos habíamos conseguido. Vendimos los números en la Plaza de Armas, así logramos recaudar alrededor del 20% del dinero que necesitábamos", recuerda entre risas.

Cerca de 30 beauchefianos iniciaron el viaje que duró seis meses y que tenía como principal objetivo visitar diferentes industrias y dar a conocer lo que se hacía en Chile. "En Europa logramos que la Escuela comprara una micro marca CHAUSSON a la que llamamos "La Ñata" porque adelante era cerrada y plana", agrega Rapaport. "La Ñata" tenía capacidad para 40 personas, por lo que recorrieron cómodamente distintos países. En ellos fueron recibidos por grandes empresas como Philips y Siemens, entre otras.

Al término de la aventura, en España, embarcaron a "La Ñata" rumbo a Chile, permaneciendo en la Facultad por aproximadamente 10 años. "Fue un viaje muy bonito porque éramos un grupo muy unido. Tengo muy lindos recuerdos".

## TODO POR LA CIENCIA

De vuelta en Chile, Jack – como lo llaman sus amigos – debió realizar su memoria y trabajó durante tres meses en Endesa, hasta que una reunión cambió el rumbo de su carrera. En 1954 el Rector de la Universidad de Chile, Juan Gómez Millas, se propone el objetivo de conformar un selecto grupo de científicos dedicados a la física nuclear. Para avanzar en el proyecto, la autoridad universitaria encargó a la firma holandesa Philips, un acelerador de partículas tipo Cockcroft-Walton de energía máxima 800 keV. A fines del mismo año, el Decano de la Facultad, Carlos Mori, junto al Prof. Arturo Arias, seleccionan a tres jóvenes ingenieros eléctricos, Jacobo Rapaport, Jaime Escudero y Jorge Zamudio. Más tarde se integran Lincoyán González, Igor Saavedra, Alex Trier, Mallen Gajardo, Egbert Hesse, Patricio Martens y Patricio Riveros.

El primer desafío fue colaborar en la instalación y puesta en marcha del acelerador. "Debido al tamaño del Cockcroft-Walton tuvimos que bajarle el piso a la sala F11, donde se instaló", recuerda Rapaport. "También, agrega, comenzaron a buscar más gente, a equipar la biblioteca y los laboratorios, como el Taller Mecánico, el de Soplado de Vidrio, el Electrónico y el de Alto Vacío". Así, se sentaron las bases para la formación del Laboratorio de Física Nuclear Pura y Aplicada. Al grupo de investigación se unieron Juan Carlos Martinoya y Nicolás Mitrofanov.

En 1956 Jack Rapaport obtiene la beca Fulbright, por lo que en agosto se traslada a la Universidad de Florida en Gainesville, donde obtuvo el grado de M.Sc. en Física, especializándose en física nuclear. Un año más tarde vuelve a Chile. "Comenzamos a trabajar de inmediato y necesitábamos un electro-ímán para que la trayectoria de las partículas fueran reflectadas en el campo magnético, así que lo encargamos a Philips en Holanda. Cuando llegó a Valparaíso detuvieron la caja porque no podía ingresar al país, ya que los papeles estaban mal hechos, debíamos hacer todo de nuevo. Mandamos la caja a Concepción porque Martinoya tenía un conocido allí, así que igual la recuperamos.

Desde ese momento cuando nos enviaban equipos desde Europa y EE.UU., les pedíamos que en el envoltorio pusieran el signo de radioactividad, así los operarios de aduanas nos entregaban las cajas lo más rápido posible", recuerda sonriendo.

El arduo trabajo tuvo su primer logro académico en diciembre de 1958 cuando la Universidad de Chile, en sesión plenaria, aprobó la creación de la carrera de Física. "Tuvimos que demostrar que teníamos gente muy preparada para enseñar, la mayor parte con doctorados". La respuesta de los estudiantes fue positiva. "El primer año tuvimos entre 20 y 25 alumnos. El interés surgió porque a través de los diarios y revistas de la época, sabían de los avances que estaba teniendo la física en el mundo y acá en el campus estábamos en lo mismo", indica el Prof. Rapaport, quien dictó clases en Beauchef hasta 1965.

Los avances en las investigaciones, las publicaciones en revistas internacionales y los nuevos desafíos, llevaron al grupo de científicos a determinar que el Cockcroft-Walton no cumplía con los requerimientos energéticos y de precisión. "Pensamos que lo mejor para Chile era comprar un nuevo equipo experimental, un Van de Graaff de 5.5 MeV, con el que podríamos hacer trabajos de primera línea en física nuclear". Convencidos de que era la mejor decisión, iniciaron los trámites para conseguir un préstamo del Export-Import Bank a la Universidad de Chile, por un monto cercano a los 500 mil dólares.

En 1960 Rapaport obtiene la beca Rockefeller y no duda en cursar su Ph.D., en el Massachusetts Institute of Technology (MIT), ubicado en la misma ciudad en la que se fabricaban los equipos Van de Graaff. El objetivo era interiorizarse del funcionamiento de la máquina.

El grupo recibió buenas noticias, el crédito había sido aprobado y, lo más importante, sin intereses. En septiembre de 1963 Rapaport regresa de su doctorado y lo nombran Director del Laboratorio de Física. El mismo año, el Rector Gómez Millas termina su último período al mando de la Universidad de Chile,

A pesar de su alejamiento del país, Rapaport ha estado en contacto permanente con la Universidad. "Siempre he mantenido conexiones con Chile, sobre todo, con los estudiantes. Los que querían ir a trabajar conmigo, tenían las puertas abiertas".

asumiendo Eugenio González. Este cambio no sería favorable para el grupo de científicos. La nueva autoridad universitaria se niega a firmar el préstamo. "Me reuní con el rector para explicarle que contábamos con un grupo sólido para avanzar en física experimental en Chile. Pero su respuesta fue que la Universidad no se podía permitir gastar 50 mil dólares anuales por 10 años para que un grupo de ocho personas jugaran a ser científicos. Ahí tomé la decisión de irme del país", asegura.

Así, en agosto de 1965 Jack Rapaport viaja a EE.UU. y durante cinco años enseñó en el MIT, posteriormente se desarrolló como investigador y académico en la Universidad de Ohio, donde permaneció por más de tres décadas.

## CONEXIONES

A pesar de su alejamiento del país, Rapaport ha estado en contacto permanente con la Universidad. "Siempre he mantenido conexiones con Chile, sobre todo, con los estudiantes. Los que querían ir a trabajar conmigo, tenían las puertas abiertas", indica. Estos contactos con los beauchefianos le permitieron corroborar el alto nivel académico que poseen sus egresados: "De los profesionales que iban a trabajar a EE.UU. - que procedían de distintos países - los formados en esta Facultad tenían conocimientos superiores". Para el físico nuclear la educación que se recibe en Beauchef es de primera calidad: "Yo también tuve que competir con gente de todo el mundo, pero la sólida base que aquí recibí, me ayudó mucho".


"Por ejemplo, agrega, acabo de visitar algunos de los laboratorios del campus y son de primer nivel, mejores que muchos de los existentes en Estados Unidos".

## FÍSICA NUCLEAR

Jack Rapaport se incorporó a la física nuclear cuando ésta vivía sus años de gloria, entre 1950 y 1980. "Dentro de física fue la especialidad más requerida. He seguido con ella toda la vida, me interesó, me gustó y me especialicé". Su destacada trayectoria lo llevó a recibir una serie de distinciones y a formar parte de reconocidas sociedades científicas como *Member as a U.S. Representative in the Advisory Group to IAEA on Intermediate Energy Nuclear Data Application*, "Committee of Visitors" for *National Science Foundation*, miembro del equipo revisor para Chile de la Agencia Internacional de Energía Atómica, IAEA, etc.

A pesar de lo gratificante que ha sido su carrera, hay algo que le preocupa: la falta de educación sobre el tema. "Creo que hay que educar a la gente en torno a la física nuclear para que comprendan los resultados positivos que se pueden obtener de ella. Cuando las personas ven un reactor, creen que lo peor va a suceder, pero eso no es efectivo. Los accidentes que han ocurrido han sido por errores humanos, no de los equipos, por eso es importante conocer de qué se trata".

En Chile, afirma Rapaport, la adopción de la energía nuclear es más un tema político que técnico porque hay muchos aspectos sociales involucrados. "Chile tiene sol, viento y las condiciones para la energía nuclear, pero creo que no se debe optar sólo por una, deben estar integradas. Deben formar parte de una red inteligente, de modo que si existe una falla, no afecte a todo el sistema", asegura.

Después de varias décadas dedicadas a la investigación y a la academia, el Prof. Rapaport hoy se impone otros desafíos, como aprender a tocar el clarinete, pintar, leer y escuchar música clásica. Está contento por su viaje a Chile y por haber vuelto a Beauchef. En unos días regresa a Florida, Estados Unidos, donde vive junto a su familia. 

Texto: Ana María Sáez C.

## ENCUENTRO EN BEAUCHEF

Entre el 15 y el 19 de diciembre en la FCFM se congregaron alrededor de doscientos científicos de todo el mundo en el "VIII Latin American Symposium on Nuclear Physics and Applications". Entre ellos, un conocido de Beauchef, Jacobo Rapaport.

El evento, que se realiza cada dos años y que fue patrocinado por la FCFM y la Universidad del Estado de Arizona, reunió a la comunidad científica y académica relacionada con las distintas áreas de investigación de la ciencia nuclear, tanto las vinculadas a sus aplicaciones como a sus aspectos fundamentales. "De todos los encuentros que se han realizado, creo que éste es el primero que logró atraer a científicos de gran reconocimiento internacional", afirma Rapaport.

Entre las temáticas tratadas estuvieron las aplicaciones de la física nuclear en la medicina, la energía y la seguridad nacional; avances en instrumentación nuclear y las instalaciones; estructura nuclear y las reacciones nucleares; astrofísica y física de partículas; entre otras. En total se expusieron más de 150 trabajos. "La calidad de los especialistas es excelente y el que se haya realizado en Chile, significa que el país está en condiciones de atraer a este tipo de gente y generar un ambiente de excelencia como el que se formó", agrega Rapaport, quien durante la ceremonia de inauguración del evento recibió un homenaje por sus contribuciones a la física.



### LEONARDO BASSO

Académico del Departamento de Ingeniería Civil.  
Ph.D., Transport Economics and Policy, University of British Columbia, Canadá.

Recomienda:



<http://www.plataformaurbana.cl/>

Este blog aborda los temas de transporte, urbanismo, ciudad y calidad de vida. Se encuentran artículos muy interesantes y escritos por gente con mucho conocimiento técnico y de la realidad de Chile. Excelente lugar para enterarse de las diferentes posiciones respecto de temas contingentes.

<http://www.youtube.com/fugazichile>

Y porque no todo es academia... les cuento que en 1997 formé una banda llamada "Subterra", grabamos tres discos. Pero la dejé cuando partí a mi doctorado. Al regresar me invitaron a ser parte del grupo "Fugazi", tributo a la banda inglesa Marillion. Tocamos cada dos meses y el baterista es mi hermano menor Franco, quien es alumno de la Escuela.



### MARTIN REICH

Académico del Departamento de Geología.  
Ph.D., University of Michigan, Ann Arbor, USA.

Recomienda:

<http://athena.unige.ch/athena/mineral/mineral.html>

Base de datos de todos los minerales existentes. Permite encontrar hasta los compuestos naturales más raros, ya que se puede buscar por combinaciones de elementos químicos.



### NICOLÁS BELTRÁN

Académico del Departamento de Ingeniería Eléctrica.  
Ph.D., University of Leuven, Bélgica.

Recomienda:

[www.awri.com.au](http://www.awri.com.au)

Por el área que he estado desarrollando últimamente, consulto la página en la que trabajan en instrumentación para la industria vitivinícola.



<http://www.gochile.cl/spa/Guide/ChileNationalParks/Conguillio/Conguillio-2.asp>



Una pildora veraniega... Esta web da a conocer los Parques Nacionales de Chile. Sugiero visitar el Parque Conguillio. Es hermoso, además la CONAF organiza charlas y excursiones muy interesantes. Las aguas del lago son una delicia, el relax es completo. También está el Lago Llanquihue, pero cuidado con los jerjeles, pican fuerte. No quiero dejar de mencionar el Parque Altos del Lircay, desde donde se pueden hacer excursiones hacia el interior de Los Andes y admirar El Descabezado Grande en todo su esplendor.

# No pierdas el vínculo!

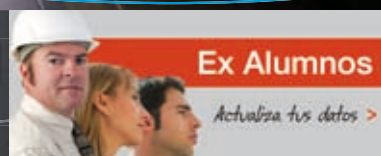
Ingeniería y Ciencias / Universidad de Chile



fcfm

Porque siempre pasan cosas interesantes en Beauchef...

Actualiza tus datos en: [www.ingenieria.uchile.cl](http://www.ingenieria.uchile.cl)



fcfm

[ingenieria.uchile.cl](http://ingenieria.uchile.cl)

Revista FCFM n°47 - ISSN 0716-3088 / Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile.

Ingeniería  
y Ciencias