

# FACULTAD:

## CUATRO PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN EN PROGRAMA BICENTENARIO

Cuatro de los 14 proyectos denominados "Anillos de Investigación" del programa Bicentenario en Ciencias y Tecnología (PBCT) de CONICYT, se adjudicó nuestra Facultad y cada uno de ellos recibirá 150 millones anuales, por un período de tres años.

El programa Bicentenario que se formalizó a fines del año 2003. El programa declara tener como objetivo apoyar y conducir el proceso de transformación hacia una economía y sociedad basadas en el conocimiento, a través de la inversión en ciencia, tecnología y los ámbitos de innovación; y promover su adecuada integración con el sector empresarial del país y las redes mundiales de producción científica y tecnológica, que permitan mantener a Chile en niveles competitivos en el mundo.

Los proyectos adjudicados por la Facultad son:

- **Variabilidad climática en Chile: evaluación, interpretación y proyecciones.** Investigador Responsable: Patricio Aceituno, académico del Departamento de Geofísica y actual Director de la Escuela de Posgrado de la Facultad.

- **Control tectono-magmático de grandes yacimientos minerales en la alta Cordillera de los Andes centrales (32°-36° S) asociado al proceso de**

**subducción: un enfoque multidisciplinario.** Investigador Responsable: Reynaldo Charrier, académico y actual Director del Departamento de Geología.

- **Redes en Matemáticas y Ciencias de la Ingeniería.** Investigador Responsable: Marcos Kiwi, académico del Departamento de Ingeniería Matemática.

- **Dinámica, singularidades y geometría de la materia fuera del equilibrio.** Investigador Responsable: Enrique Tirapegui, académico del Departamento de Física.

### **Variabilidad climática en Chile: Evaluación, interpretación y proyecciones**

Este proyecto, estructurado en tres etapas, tiene una gran importancia dado que la variabilidad del sistema climático atmósfera-océano, en todas sus escalas tiene un significativo impacto socio económico en un país como Chile, que basa fuertemente su desarrollo en una explotación intensiva de sus recursos naturales.

El Profesor Patricio Aceituno indicó que el objetivo principal en su primera etapa es evaluar la variabilidad del sistema climático regional durante las décadas más recientes en las distintas

escalas temporales, comparándolo con las fluctuaciones climáticas a nivel global. "Para alcanzar este objetivo se analizarán con apoyo de técnicas estadísticas convencionales, series de variables meteorológicas y oceanográficas registradas durante períodos de varias décadas".

Respecto al segundo objetivo general el Profesor Aceituno señaló que el punto central es la identificación de mecanismos físicos que expliquen aspectos no conocidos de la variabilidad del sistema climático regional, mediante la realización de estudios de diagnóstico. "Para esto se buscan relaciones entre variaciones locales de las condiciones atmosféricas y oceánicas, y procesos o fenómenos de gran escala, mediante un uso cuidadoso de técnicas de análisis multivariados. La síntesis e interpretación de los modos de co-variabilidad entre los patrones de anomalías de circulación de gran escala y variables de clima local obtenidas con técnicas estadísticas da lugar a modelos conceptuales que deben respetar las leyes físicas que rigen a la circulación de la atmósfera y el océano".

Por último, el tercer objetivo general del proyecto es evaluar las condiciones más probables del sistema climático regional en un escenario futuro caracteri-



zado por un efecto invernadero intensificado. "Este es el aspecto más innovador del proyecto, puesto que incluye el desarrollo de una capacidad nueva a nivel nacional para analizar la variabilidad climática y su proyección en el futuro, mediante la aplicación de modelos numéricos de simulación del clima regional, tanto atmosféricos como oceánicos, que requieren un gran capacidad computacional", indicó el académico.

Existe un creciente interés a nivel mundial por mejorar la comprensión de la variabilidad climática global y prever los eventuales impactos antropogénicos sobre el clima futuro. En este contexto el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático Global (IPCC) publicará en 2007 un nuevo informe en el cual se incluirán los avances alcanzados por la comunidad científica hasta el presente año. Este proyecto está dirigido a la realización de un trabajo complementario y único a nivel regional, tendiente a mejorar la comprensión de la variabilidad del sistema climático relevante para Chile, en sus componentes atmosférica y oceánica, y evaluar los posibles impactos del calentamiento global de origen antropogénico en el clima regional", puntualizó el Profesor Aceituno.

### Participantes

En la realización de esta tarea multidisciplinaria participa un grupo de 13 científicos, especialistas en ciencias atmosféricas y oceanográficas, pertenecientes al Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile (DGF), el Departamento de Geofísica de la Universidad de Concepción y la Dirección Meteorológica de Chile (DMC). El proyecto incluye además la participación de un investigador del IMK-IFU (Alemania) y un estrecha vinculación con centros de investigación tales como el Centro de Investigaciones del Mar y de la Atmósfera (CIMA) de la U. de Bue-

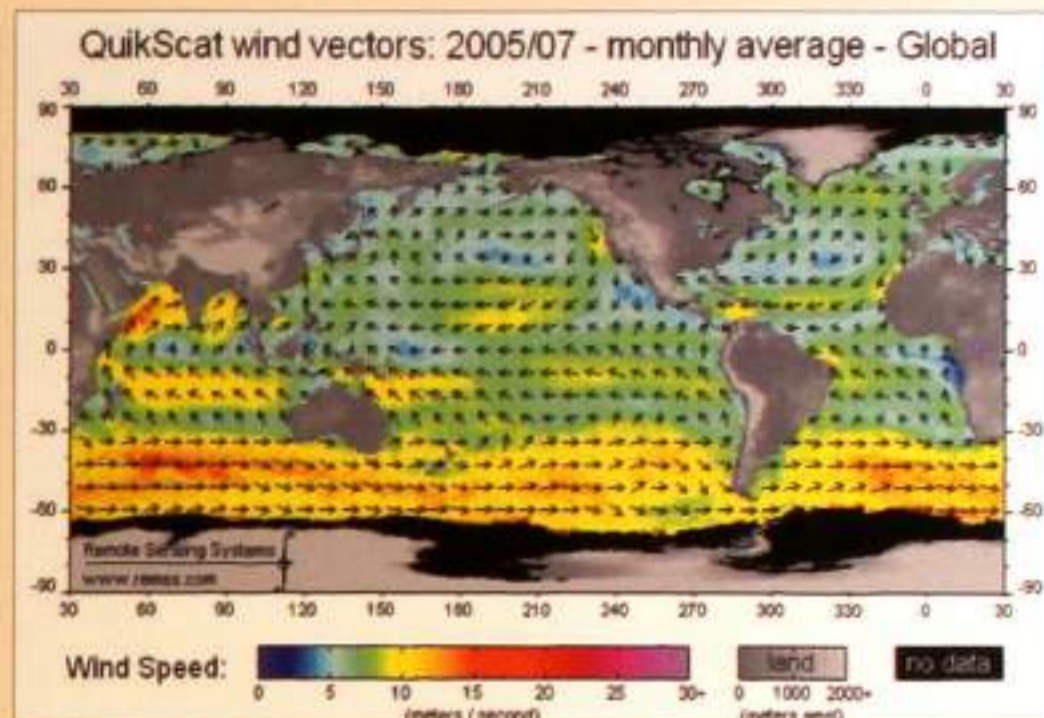
nos Aires, el Byrd Polar Research Center (BPRC) de la Universidad de Ohio, el Departamento de Geofísica de la U. de Copenhagen, el Laboratoire d'Etudes en Geophysique et Oceanographie Spatiales (LEGOS) en Toulouse, el Centro de Previsao de Tempo e Estudos Climaticos (CPTEC) en Brasil, así como vinculación con programas internacional de investigación tales como CLARIS, CLIVAR-VAMOS y CLIVAR-Pacific.

### Beneficios Institucional y Nacional

A nivel institucional, el proyecto favorece y fomenta el desarrollo de una vinculación de carácter permanente entre los dos grupos de investigación más

activos a nivel nacional en estudios de aspectos físicos del cambio climático regional. Desde el punto de vista de innovación tecnológica, este proyecto abre la posibilidad de desarrollar una capacidad de nivel internacional en estudios de modelamiento oceánico y atmosférico, lo que aumenta el atractivo de los programas de postgrado asociados al proyecto, y favorece la visita de científicos de la región.

A nivel nacional el proyecto, y en particular las actividades de difusión asociadas al mismo, contribuirán a posicionar el tema de la variabilidad climática y sus impactos socioeconómicos en la agenda científica nacional, y en los sectores productivos y de servicios afectados por ella, y dar res-





puesta objetiva sobre los posibles impactos del calentamiento global de origen antropogénico en Chile.

Por último cabe señalar que este proyecto tiene una fuerte componente de formación de especialistas de alto nivel en ciencias atmosféricas y en oceanografía física, mediante el financiamiento de tesis de postgrado y puestos de investigadores postdoctorales.

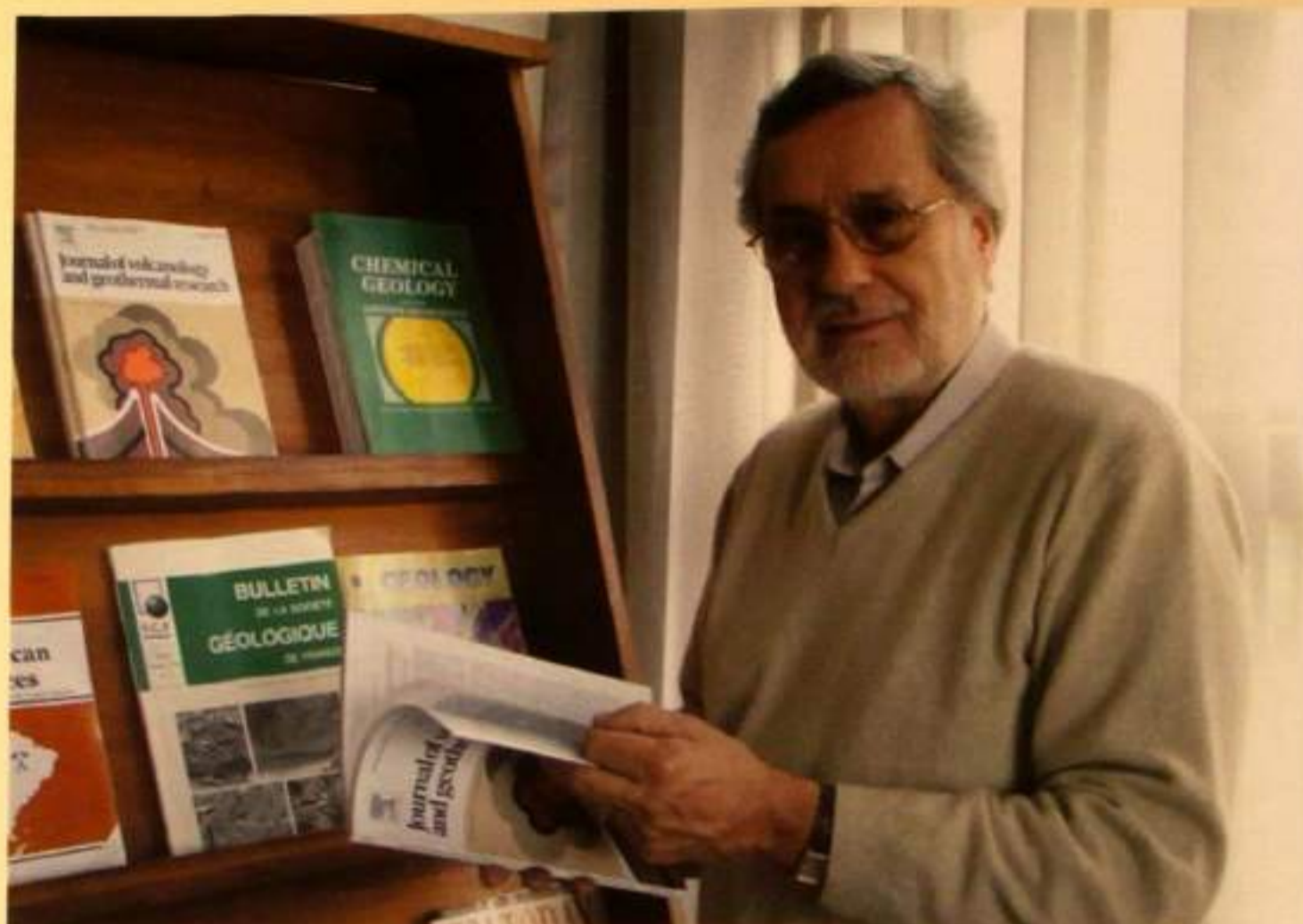
### **Control Tectono-Magmático de grandes Yacimientos Minerales en la Alta Cordillera de Los Andes centrales (32<sup>a</sup>-36<sup>a</sup> S) Asociado al proceso de Subducción: Un enfoque multidisciplinario**

Este proyecto que representa una contribución a la industria minera se focalizará en el control tecnomagmático de los depósitos gigantes de cobre del Neógeno en la provincia metalogénica de Pelambres-El Teniente en la Cordillera de los Andes. Esta región representa un laboratorio único para el entendimiento de los procesos de interacción entre el magmatismo cenozoico, tectónica, geomorfología y mineralización del cobre, asociados a la evolución del macizo Andino.

Los depósitos de cobre, que son parte integral del sistema de subducción, representan eventos tectonomagmáticos anómalos que resultan de ciertas perturbaciones en el régimen dominante y/o el desarrollo de condiciones apropiadas de emplazamiento en la evolución tectónica del margen.

El Investigador Responsable del proyecto, profesor Reynado Charrier explicó que las interrogantes fundamentales que se pretende responder con este estudio son:

1) La importancia de fallas de alto ángulo como mecanismo de transporte y focalización de magma, volátiles,



y flujo hidrotermal.

- 2) La relevancia del régimen de esfuerzos sobre la profundidad y extensión de la cámara magmática y también sobre las tasas de erosión y denudación,
- 3) El rol de los depósitos de cuenca como mecanismos de entrapamiento y sello en la formación de los depósitos minerales
- 4) El rol de las tasas de convergencia y la subducción de la dorsal de Juan Fernández (y su asociación con la horizontalización de la placa subductada) en el control del ascenso magmático, asociado con los depósitos de clase mundial, y la cronología y estilo de deformación en el margen”.

A fin de lograr estos objetivos, se propuso un enfoque multidisciplinario que considera los siguientes estudios complementarios: reconocimiento geológico de campo, técnicas geofísicas, métodos analíticos y métodos numéricos.

La interpretación comprensiva de este esfuerzo multidisciplinario proveerá de

una plataforma apropiada para construir un modelo 4D (espacio+tiempo) consistente en el cual se integrarán controles temporales, químicos, estructurales y geofísicos sobre el origen de los depósitos de clase mundial en la provincia del Chile Central.

Este enfoque multidisciplinario proveerá además –añadió el académico- de nuevas líneas de pensamiento para la búsqueda de otros depósitos ocultos en esta provincia, y nuevas estrategias para la exploración de provincias metalogénicas más antiguas donde sólo algunos elementos claves aún se preservan. Como subproducto de esta investigación, la sismicidad superficial natural de la zona permitirá estimar el peligro sísmico asociado en este relevante segmento socio económico de Chile.

En este proyecto participan el Profesor Reynaldo Charrier del Departamento de Geología; la Profesora Diana Comte, del Departamento de Geofísica y el profesor Gonzalo Yañez, quien se desempeña en CODELCO. Las instituciones Asociadas son IRD; CODELCO y Geodatos.



Finalmente, el Profesor Reynaldo Charrier señaló que un programa con esta amplia variedad de enfoques requiere del compromiso de investigadores provenientes de la academia, industria y el intercambio y colaboración con investigadores extranjero que conforman el primer equipo integrado academia/industria dispuesto a enfrentar este tema fundamental de la evolución Andina.

### Redes en Matemáticas y Ciencias de la Ingeniería

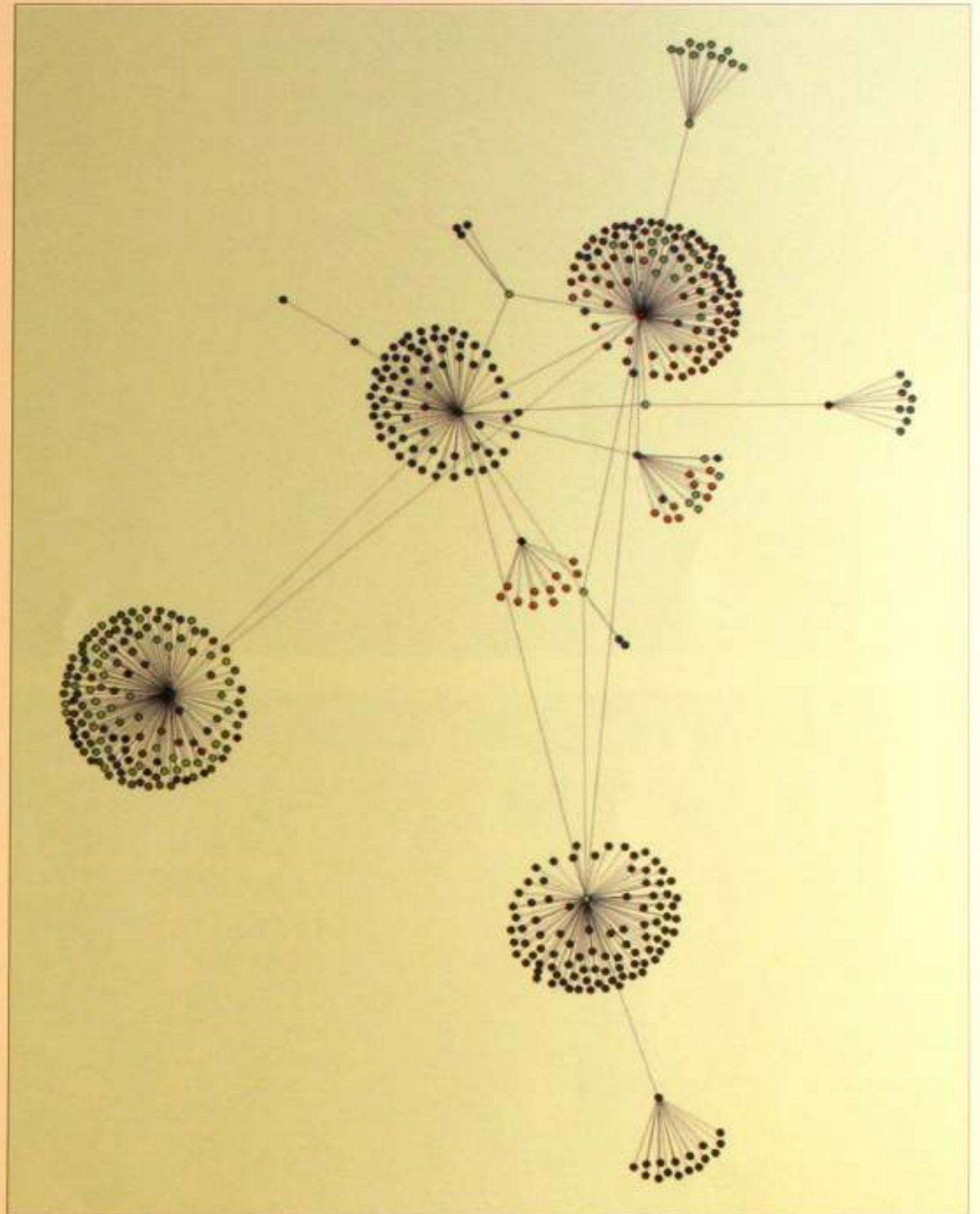
En este proyecto se estudiarán propiedades fundamentales y computacionales de las redes. Estas estructuras aparecen naturalmente en diversos ámbitos del quehacer científico y tecnológico actual. Entre los muchos fenómenos del mundo real en el que están involucradas las redes se encuentra el tráfico urbano, el flujo de correo electrónico en Internet, la propagación de una enfermedad contagiosa, la distribución de bienes desde bodegas hacia tiendas comerciales, y la autoregulación de una célula.

El estudio sistemático de las redes es una disciplina reciente para el mundo científico, que está experimentando un rápido y fuerte crecimiento. Más aún, el marco propio de las redes ha permitido definir nuevas problemáticas que a menudo poseen aplicaciones en ámbitos que van más allá del contexto en el que surgen.

Según el investigador responsable del proyecto, el profesor Marcos Kivi, "es notable que el sencillo y abstracto formalismo capturado en la noción de red (junto al subyacente concepto de grafo) haya resultado ser tan útil para modelar y entender fenómenos del mundo real. Esto constituye, en gran parte, la motivación para estudiarlas."

#### Áreas de interés

En este proyecto se desarrollarán he-



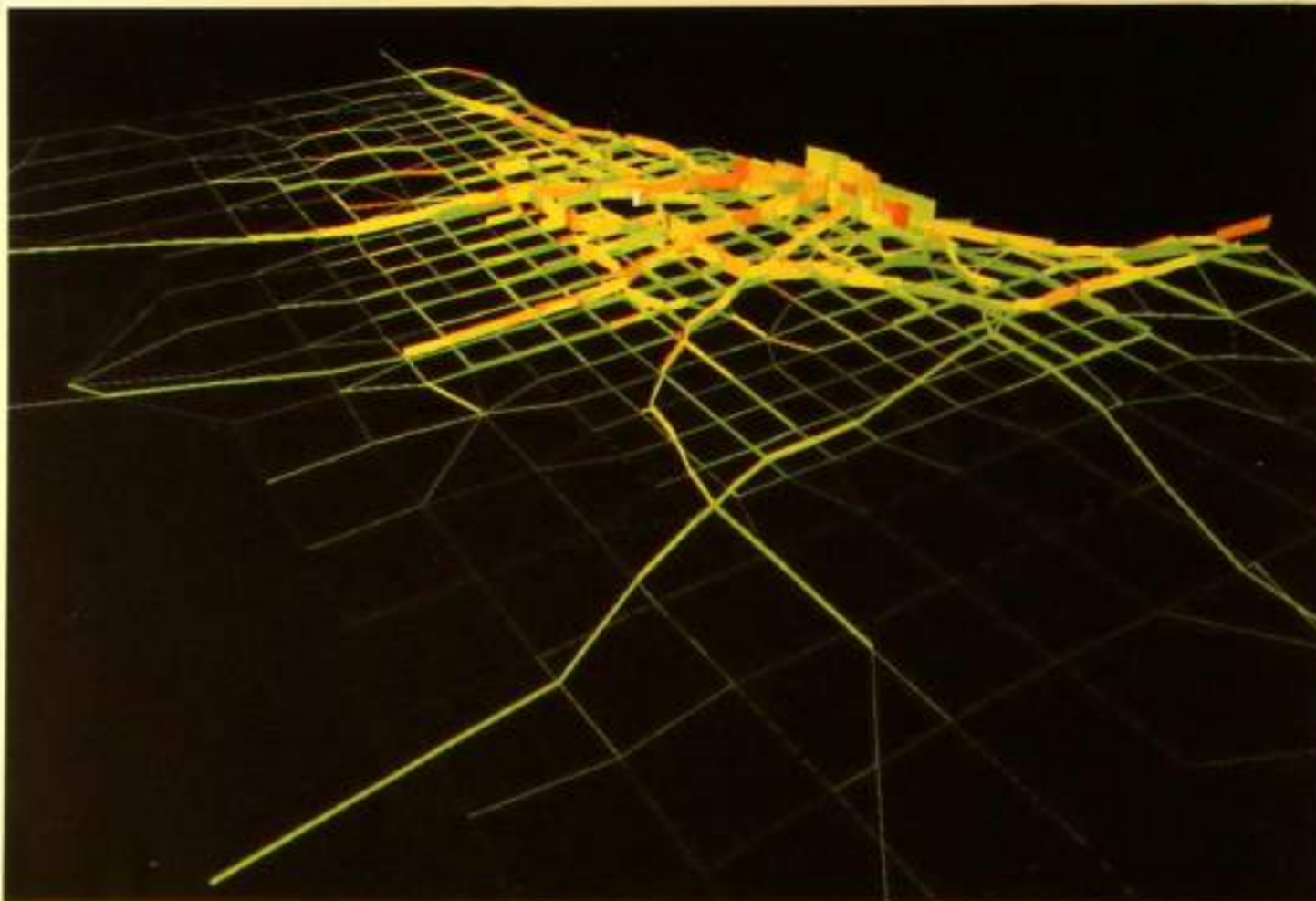
rramientas matemáticas y algorítmicas que permitan enfrentar diversos problemas fundamentales en redes y una mejor comprensión de las estructuras relacionadas con ellas. No obstante, el profesor Kivi señaló que "obviamente, los objetivos científicos inmediatos del proyecto, son más acotados. Y el foco inicial de estudio es también de naturaleza más técnica." Específicamente, el proyecto pretende concentrarse en las siguientes áreas temáticas:

1. Una de las principales líneas de in-

vestigación tiene que ver con la información y la coordinación en problemas de ruteo en redes, donde se busca entender cómo el comportamiento egoísta de agentes en una red afecta al funcionamiento global del sistema. Esta problemática tiene una historia corta pero muy intensa ya que aborda preguntas centrales en la intersección de dos disciplinas: la economía y la ciencia de la computación.

2. Un segundo foco se refiere al estudio de la propagación eficiente de paque-





tes a través de los computadores y los interruptores de una red. Estas preguntas fueron originalmente formuladas en el contexto de la telefonía de los años cincuenta y ahora, a medida que la tecnología de las telecomunicaciones progresa, se vuelven más relevantes y también más complicadas.

3. Finalmente está el interés en estudiar

problemas fundamentales en teoría de grafos; el área de las matemáticas que aborda la combinatoria de las redes. En particular, se planea concentrar la investigación en problemas de conectividad.

El profesor Kiwi resaltó que en el largo plazo el proyecto trasciende sus desafíos específicos; "En efecto, el interés es la consolidación de un grupo de in-

vestigación con liderazgo regional en Matemáticas Discretas e Informática Teórica", puntualizó el académico.

### Participantes

Además del investigador responsable, los otros investigadores que conforman el núcleo del proyecto son: José Correa (Escuela de Negocios, U. Adolfo Ibáñez), Martín Matamala (DIM), Eduardo Moreno (CMM) e Iván Rapaport (DIM). En los próximos años, se espera incorporar a este grupo de trabajo a promisorios jóvenes científicos.

### Dinámica, singularidades y geometría de la materia fuera del Equilibrio

El profesor Enrique Tirapegui, indicó "el tema central de este proyecto es el comportamiento de la materia "fuera de equilibrio", lo que significa que nos interesamos en sistemas "grandes", los que llamamos macroscópicos. Estos sistemas, están formados por un gran número de constituyentes fundamentales, los que pueden ser átomos, moléculas o granos de arena, según el caso. Cuando hablamos de "un gran número" nos referimos a un número suficiente para que el sistema exhiba comportamientos colectivos que puedan ser descritos por promedios estadísticos, con fluctuaciones razonablemente pequeñas que pueden ir de 1 orden del número de Avogadro en fluidos hasta un 10% de este en sistemas en que se desee una descripción más cualitativa".

El académico especificó que respecto a lo que llaman "fuera del equilibrio" se refiere a situaciones en las cuales la interacción del sistema con su exterior sea tal lo que le impida llegar al equilibrio termodinámico. Este tipo de equilibrio está caracterizado por un valor constante de todas las variables intensivas (locales) en todos los puntos del espacio. El profesor Tirapegui,



agrega “vemos entonces que en los casos que nos interesan podremos tener estructuras espaciales y obviamente una gran riqueza de comportamientos dinámicos espacio-temporales que son precisamente los que caracterizan la complejidad del mundo macroscópico que nos rodea. Desde el punto de vista matemático las herramientas que utilizamos son las ecuaciones diferenciales ordinarias y a derivadas parciales, y los procesos estocásticos ya que es absolutamente necesario tener en cuenta que nuestras descripciones utilizan variables promedios que por su definición misma son fluctuantes”.

Indicó este académico que el gran avance que se ha visto en este tema, en las últimas décadas, se ha debido en gran parte al progreso de los computadores, los que permiten hoy hacer simulaciones interactivas de problemas de gran complejidad. A partir de ello comienza a vislumbrarse las regularidades y características universales de la evolución de los sistemas complejos. En este anillo -añadió- se ha dado un lugar muy importante a la parte experimental que es la base de toda ciencia natural.

“Es así como proponemos reforzar el laboratorio de la materia fuera del equilibrio del Departamento de Física, desarrollando una serie de experimentos en los temas en los cuales tenemos ideas teóricas que verificar y también en los problemas en los cuales buscamos más ímpetu experimental para comenzar a formular los modelos y los conceptos relevantes”.

Los temas que se tratarán en este proyecto son diversos; por ejemplo, los siguientes:

- Inhomogeneidades espaciales tipo partículas y su dinámica en distintos contextos físicos (fluidos, crecimiento de películas delgadas en superficies metálicas, cristales líquidos).
- Efectos robustos del ruido: Respecto



a esto explicó: “A pesar de que a priori uno podría pensar que las fluctuaciones de los comportamientos colectivos debían jugar un rol fundamental, este no ha sido el caso en lo que conocemos hasta hoy, con la sola excepción de las llamadas “estructuras sostenidas por el ruido” y del reciente fenómeno descubierto en nuestro grupo de la propagación espontánea de frentes, por la acción de un ruido térmico, fenómeno que hemos predecido y que esperamos observar y caracterizar experimentalmente en este Anillo”.

- Transición a la turbulencia en modelos prototipos con especial énfasis en sus aspectos universales. Aquí el interés radica en lo que es la complejidad de una dinámica espacio-temporal más allá de los fluidos y de la ecuación de Navier – Stoke. Especificó el profesor Tirapegui, que en este contexto interesa especialmente la radiación de vórtices superfluidos, los escalamientos anómalos observados en las bifurcaciones de sistemas reversibles, y la turbulencia débil

observada en la separación de fases en medios granulares, entre otros aspectos.

### Participantes

En este proyecto participan los investigadores con dedicación plena: Felipe Barra, Marcel Clero, Nicolás Mujica, Sergio Rica y Enrique Tirapegui del Departamento de Física de nuestra Facultad; Enrique Cerda del Departamento de Física de la Universidad de Santiago y Orazio Descalzi de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Los Andes.

Investigadores participantes con dedicación parcial son Héctor Calisto de la Universidad de Tarapacá en Arica y Christian Elphick del Centro de Física No Lineal y Sistemas Complejos (CFNL), Santiago, e investigadores de post-grado, estudiantes del Doctorado y Magíster de Física. Cabe señalar que todos los investigadores fueron formados en esta Facultad, con la única excepción de Héctor Calisto que estudió en la Universidad Católica, aunque si realizó su tesis de Doctorado como parte del equipo de este Anillo.