

trabaja en hospitales y a inspectores de obra en proyectos de construcción. En el área de aprendizaje colaborativo, se ha trabajado en el apoyo computacional dentro de la sala de clase, en la integración del aprendizaje dentro y fuera de la sala de clase, y en la inferencia de metadatos de objetos de aprendizaje. Anteriormente, se desarrolló un método para versionar objetos construidos colaborativamente (citado por dos patentes).

El grupo publica en revistas tales como: *Advanced Engineering Informatics*, *Expert Systems with Applications*, *Knowledge and Information Systems*, *Educational Technology and Society*, *ACM Computing Surveys*, *Personal and Ubiquitous Computing*, *Group Support Systems* y *Group Decision and Negotiation*. También publica en revistas que se enfocan en los aspectos estructurales de los sistemas colaborativos, como por ejemplo el *Journal of Network and Computer Applications*, and *Journal of Systems and Software*. En relación a conferencias internacionales, los miembros del laboratorio participan en eventos tales como CRIWG, CSCL, CSCWD, HICSS.

## CENTRO DE COMPUTACIÓN Y COMUNICACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO, C5

*Departamento de Ciencias de la Computación, Universidad de Chile.*

El C5 ([www.c5.cl](http://www.c5.cl)) es un centro de investigación y desarrollo, cuyo objetivo es la creación de herramientas tecnológicas de punta para asistir y mejorar el aprendizaje y desarrollo intelectual de niños y jóvenes. En el Centro también, se evalúan y llevan a cabo tecnologías interactivas para la inclusión de personas con discapacidad visual. Está conformado por un equipo multidisciplinario de profesionales de las áreas de computación, educación, diseño gráfico y sociología, entre otras.

Para conocer más de este Centro, consultar sección "Grupos de Investigación" (página 82).

# Computación Gráfica + Computación Científica

**María Cecilia Rivara:**

## COMPUTACIÓN CIENTÍFICA, MODELACIÓN GEOMÉTRICA Y VISUALIZACIÓN: UN CONTEXTO INTERDISCIPLINARIO

*Departamento de Ciencias de la Computación, Universidad de Chile.*

Computación Gráfica es un tema complejo y dual en distintos sentidos. Sus comienzos en los años '60, están fuertemente relacionados con las aplicaciones de ingeniería. Fueron las industrias aeroespacial y de automóviles en Estados Unidos quienes financiaron tanto el desarrollo de computadores CRT, el desarrollo de software visual interactivo CAD (diseño asistido por computador) y el desarrollo de software de elementos finitos para análisis en ingeniería de problemas modelados por ecuaciones diferenciales parciales. El trabajo pionero de Iván Sutherland con su tesis de doctorado en 1963 sienta las bases de lo que sería la computación gráfica actual. Sin embargo, sólo fue en la década de los '80, con la masificación de los computadores personales  *raster* que la

computación gráfica se consolida como un campo de conocimiento en sí mismo, con intensiva investigación interdisciplinaria, y aplicaciones masivas.

Fueron también los ingenieros los primeros en crear y estudiar métodos computacionales, estructuras de datos y algoritmos para construir discretizaciones (triangulaciones en 2D y 3D, mallas de cuadriláteros y hexaedros) como herramientas necesarias para el análisis de problemas físicos complejos mediante métodos de elementos finitos. Es sólo posteriormente que los investigadores de matemáticas estudian los métodos de elementos finitos, y los investigadores de Ciencias de la Computación y de Computación Gráfica estudian los algoritmos para construir triangulaciones y desarrollan técnicas específicas para los requerimientos del área.

En aplicaciones de ciencias, ingeniería y medicina, se define visualización científica al área interdisciplinaria del conocimiento cuyo objetivo es crear herramientas computacionales visuales para contribuir a la comprensión de enormes y complejos conjuntos de datos (por ejemplo, astronómicos, geofísicos y geológicos), así como a la comprensión y validación de los resultados de modelos computacionales complejos, requeridos en computación



Ma. Cecilia Rivara, Pedro Rodríguez, Francisca Gallardo y Víctor Toledo.

científica. Computación Científica se define actualmente como el área amplia que abarca el estudio y uso de los métodos numéricos útiles en la práctica, así como el desarrollo de software para simular, analizar y estudiar fenómenos aplicados complejos.

## Investigación interdisciplinaria

Me formé como Ingeniero Matemático con especialización en análisis numérico en la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas (FCFM) de la Universidad de Chile, realicé una tesis de Doctorado en desarrollo de software adaptivo para métodos de elementos finitos en la Katholieke Universiteit Leuven en Bélgica. Como parte de esta tesis propuse los primeros algoritmos de refinamiento de triangulaciones usados en aplicaciones de ingeniería. En 1989 me integré al DCC de la Universidad de Chile y me hice cargo de los cursos de computación gráfica y de los cursos de mallas geométricas. Actualmente trabajamos en el estudio de las propiedades teóricas de algoritmos de triangulaciones, en el desarrollo de algoritmos mejorados en dos y tres dimensiones, en la paralelización de estos algoritmos, en aplicaciones de computación científica y de visualización científica.

En los últimos cinco años he publicado siete artículos en las revistas: *Computer-Aided Design*, *Applied Numerical Mathematics*, *Advances in Engineering Software*, *Engineering with Computers*, *Theoretical Computer Science*, *Journal of Computational and Applied Mathematics*, y presentado trabajos en las conferencias *International Meshing Roundtable*, *European Conference on Numerical Mathematics and Advanced Applications*, *Geometric Modeling and Processing*, en el *Chilean Workshop on Numerical Analysis of Partial Differential Equations*, *ENIEF*, *GRAPP*. He colaborado con los profesores Claudio Gutiérrez del DCC de la Universidad de Chile, Bruce Simpson de la Universidad de Waterloo, Nikos Chrisochoides del College of William and Mary, Rafael Montenegro de la Universidad de Las Palmas de la Gran Canaria e investigadores de la Universidad de Girona. Participo como investigadora

asociada en el proyecto “Modelos Numéricos Predictores para Gestión Medioambiental” del Ministerio de Ciencia e Innovación de España liderado por Rafael Montenegro.

En los últimos cinco años han participado en estos temas los alumnos de posgrado Pedro Rodríguez, Marité Guerrieri (Universidad de Girona), David Azócar (Magister Ingeniería Mecánica FCFM), Oliver Vilca, Víctor Toledo, Carlo Calderón, Eduardo Graells, Ana Cáceres y Carlos Lillo. Han participado también los alumnos de pregrado Gastón Jorquera, Álvaro Faúndez, Carlo Calderón, Pedro Valenzuela, Bernd Bierdermann, Joon Kim y Tomás Henríquez.

**Fernando Rannou:**

## HIGH PERFORMANCE COMPUTING IN MEDICINE AND BIOLOGY GROUP

*Departamento de Ingeniería Informática, Universidad de Santiago de Chile.*

Desde hace algunos años hemos ido formando un grupo pequeño, pero muy sólido, de personas interesadas en usar tecnologías computacionales para resolver diversos problemas en el área de la medicina, biología y otras afines.

Nos hacemos llamar el High Performance Computing in Medicine and Biology Group, y otras yerbas, para significar nuestro

interés en el uso aplicado de técnicas de computación paralela y distribuidas en salud y, principalmente, ciencias de la vida. A veces nos enfocamos más en la aplicación y otras veces más en la tecnología computacional, todo dependiendo de cómo se va dando la investigación, pero nunca nos alejamos demasiado de ambos ámbitos.

Por ejemplo, durante el proyecto Fondecyt anterior estudiamos métodos de reconstrucción tomográficos de imágenes a partir de datos de escáneres para animales pequeños. Se estudiaron algoritmos estadísticos/iterativos que prometen producir mejores imágenes que los algoritmos basados en imágenes transformadas. Usamos una herramienta de simulación Monte Carlo llamada GATE para modelar y simular experimentos realísticos de uno de los scanners Positron Emisión Tomography (PET). Así, podemos estimar la respuesta del sistema (scanner) y usar dicho modelo en la reconstrucción iterativa. En este trabajo cooperamos con el Crump Institute for Molecular Imaging (UCLA), quienes realmente construyen los scanners prototipos para ratones. También, estamos incursionando en diferentes técnicas de aceleración de estos algoritmos, como por ejemplo, algoritmos paralelos en procesadores convencionales, algoritmos paralelos en GPU, y algoritmos *cache aware*.

Actualmente estamos un poco más interesados en los aspectos computacionales de la herramienta GATE. En el proyecto actual



**Fabrizio Barisione, Felipe Torres, Nicolás Vega, José Luis Allende, Pablo Torres y Fernando Rannou.**

hemos propuesto paralelizar completamente dicha herramienta, pues las simulaciones pueden tardarse semanas o incluso meses. Sin embargo, la paralelización de una simulación GATE no es tan obvia, pues los experimentos que simula (PET) restringen las posibilidades y el rendimiento que se puede teóricamente alcanzar. En este sentido es de vital importancia conocer cómo funciona PET; no basta simplemente con dividir el trabajo en los nodos.

El OpenGATE Collaboration es un grupo de investigadores que se encarga de mantener esta herramienta. Nosotros, como Universidad, formamos parte de dicha colaboración y también del GATE Steering Committee. El paper oficial de GATE fue premiado como la publicación más referenciada en el período 2004-2009 en la revista *Physics in Medicine and Biology*, reflejando lo importante que es esta herramienta en la comunidad de medicina nuclear.

Participamos en las conferencias IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference y World Molecular Imaging Congress.

Publicamos en las revistas IEEE Transactions on Nuclear Science, *Physics in Medicine and Biology* y *Medical Physics*.

Como se dijo anteriormente, el grupo de investigación es pequeño. Actualmente está compuesto por un alumno de Magister y cuatro alumnos de Ingeniería Civil en Informática. En la foto aparecen de izquierda a derecha, Fabrizio Barisione (algoritmos iterativos secuenciales *cache aware*), Felipe Torres (paralelización de algoritmos iterativos), Nicolás Vega (ex alumno, colaborador externo), José Luis Allende (algoritmos iterativos en GPU), Pablo Torres (GATE multihebras), y Fernando Rannou (profesor). Como parte de su formación, todos los alumnos deben preparar y presentar al menos un paper en conferencias internacionales, nacionales o incluso revistas indexadas. Esta práctica nos ha permitido mantener una humilde tasa de una publicación journal por año y una en conferencia.

En el futuro esperamos extender el grupo para incluir alumnos de Doctorado en Ciencias de la Ingeniería mención Informática y también un posdoctorado. Si alguien está interesado en explorar las posibilidades de trabajar con nosotros, escriban a: fernando.rannou@usach.cl

**Luis Salinas:**

## APLICACIONES DE COMPUTACIÓN EN CIENCIAS E INGENIERÍA

*Departamento de Informática, Universidad Técnica Federico Santa María.*

*Director Centro de Innovación Tecnológica en Computación de Alto Desempeño UTFSM (CTI-HPC UTFSM).*

*Subdirector Centro Científico Tecnológico de Valparaíso.*

Mi trabajo de investigación se centra en las aplicaciones de la computación en ciencias e ingeniería. Este es un campo eminentemente interdisciplinario, donde a menudo intervienen aspectos avanzados de computación, matemática, física, diversas ciencias de la ingeniería (dependiendo del

problema concreto estudiado) y, a veces, de disciplinas tan disímiles como la medicina (procesamiento de imágenes médicas) o de las finanzas. Los problemas relacionados con la computación, que surgen hoy en estas áreas están lejos de ser triviales y ciertamente no se reducen a una "simple" programación. Normalmente es necesario partir de un adecuado modelado matemático-físico del problema, que tenga en cuenta las particularidades del problema estudiado, hasta llegar a elección de las plataformas de software y hardware más apropiados, frecuentemente con fines de simulación o experimentación computacional.

Muy brevemente mis temas de investigación preferidos son la Computación Científica, la Computación de Alto Desempeño, Grid Computing, Finanzas Computacionales, Métodos Computacionales en Ingeniería, Ciencia y Matemática. Estos temas caen dentro del área de los Métodos Cuantitativos del Departamento de Informática de la Universidad Técnica Federico Santa María (UTFSM), que integro junto a los colegas Héctor Allende, Carlos Castro y María Cristina Riff.

Mis colaboradores más cercanos son Stephan Ruscheweyh (U. Würzburg, Würzburg, Alemania), Gonzalo Hernández (Centro de Modelamiento Matemático



**Luis Salinas junto a su Grupo de Investigación.**

(CMM), Universidad de Chile, Santiago, Chile), Alejandro Cañete (Innovative Financial Technology, New York-Santiago), Lorena Barba (Boston University, Boston, Estados Unidos), Óscar Orellana y Javier Cañas (UTFSM, Valparaíso, Chile). Ellos constituyen el núcleo académico del Centro de Innovación Tecnológica en Computación de Alto Desempeño (CTI-HPC) de la UTFSM, del cual soy su Director desde su fundación a fines de 2008. La UTFSM apoya el CTI-HPC en presupuesto e infraestructura; su misión es acercar la universidad a la industria y la empresa, y se espera que se autofinancie hacia el año 2015. El CTI-HPC cuenta con un staff estable de unos diez investigadores, usualmente estudiantes de posgrado de la UTFSM. El CTI-HPC es uno de los tres componentes del Centro Científico Tecnológico de Valparaíso (CCTVal), que es uno de los trece Centros Científicos y Tecnológicos de Excelencia patrocinados por el Programa de Financiamiento Basal de CONICYT. Los otros dos componentes del CCTVal son: Física (liderada por Iván Schmidt) y Electrónica de Potencia (liderada por José Rodríguez).

En el área de grid computing colaboramos estrechamente con el grupo de investigación avanzada en Física de Altas Energías de la UTFSM (I. Schmidt, W. Brooks, S. Kopeliovich, Y. Ivanov). Nuestro *cluster* computacional está integrado en la grid mundial del experimento ATLAS del Large Hadron Collider del CERN, Ginebra, Suiza. Por medio de la grid de ATLAS participamos activamente -en colaboración con los colegas de Física- en los trascendentales experimentos que actualmente se desarrollan en el LHC. Nuestros estudiantes de posgrado realizan a menudo pasantías de investigación en el CERN.

En los últimos diez años el grupo de investigadores del CTI-HPC ha publicado más de 100 trabajos en conferencias y journals internacionales, de primer nivel.

Entre las conferencias están: Symposia in HPC, International Conference on Computing in High Energy and Nuclear Physics, EELA Conferences, SCAT Conferences, Latin American Conference on High Performance Computing, Congresos SCCC, Grupo de Estudios en Ingeniería Clínica (GEIC), etc. Entre los journals donde el grupo publica, están: Applied Intelligence, Lecture Notes in Computer Science, Lecture Series on Computer and Computational Sciences, Journal of Mathematical Analysis and Applications, Physica A, Mathematische Zeitschrift, Israel Journal of Mathematics, AMS Contemporary Mathematics, Proceedings of the American Mathematical Society, Glasgow Mathematical Journal, American Institute of Physics Conference Proceedings, Numerical Analysis and Applied Mathematics, etc.

En la actualidad mis alumnos de Doctorado en Ingeniería Informática son Raquel Pezoa, Paola Arce, César Fernández, Roberto León; y mis alumnos de Magíster en Informática, Roberto Bonvallet y Rafael Plaza.

Mis proyectos de investigación más recientes incluyen: Computational and Geometric Function Theory 2010-2012 (FONDECYT 1100805); Computational and Geometric Function Theory 2007-2009 (FONDECYT 1070269); Computational and Geometric Function Theory (con S. Ruscheweyh, U. Würzburg, Alemania; FONDECYT 7070131, 7080064); High Performance Cluster Computing in Science and Engineering (DGIP-UTFSM 240954); Institute for advanced studies in science and engineering (Proyecto Anillo, CONICYT, con Will Brooks, UTFSM); Centro Científico Tecnológico de Valparaíso (Programa de Financiamiento Basal de CONICYT, proyecto FB 0821; con I. Schmidt y J. Rodríguez); Center for Technological Innovation: High Performance Computing in Science and Engineering, UTFSM (con Óscar Orellana y Javier Cañas); EPIKH: Exchange Programme to advance e-Infrastructure Know-How (Marie

Curie Actions-International Research Staff Exchange Scheme, European Community; con Roberto Barbera et al., U. Catania, Italia); EELA-2: E-Science grid facility for Europe and Latin America (ALFA Projects, European Community; con Bernard Marechal et al., CIEMAT, España); EELA: E-Infrastructure shared between Europe and Latin America (ALFA Projects, European Community; con Bernard Marechal et al., CIEMAT, España); SCAT: Scientific Computing and Advanced Training (ALFA Projects, European Community; con Lorena Barba, U. Boston).

Eventos organizados por el grupo en la UTFSM, Valparaíso, son: GISELA/EPIKH School for Grid Site Administrators (22-26 de Noviembre de 2010); CHAIN/GISELA/EPIKH School for Application Porting (29 de noviembre al 9 de diciembre de 2010); EPIKH Workshop (10 de diciembre 2010); Scientific Computing in the Americas: the challenge of massive parallelism, 3-14 January 2011, Valparaíso, Chile. Pan-American Advanced Studies Institute (NSF).

---

**Nancy Hitschfeld:**

## MODELAMIENTO GEOMÉTRICO PARA APLICACIONES EN CIENCIA E INGENIERÍA

*Departamento de Ciencias de la Computación, Universidad de Chile.*

La investigación que realizo se enmarca en el área de la computación visual y gráfica, y consiste en el diseño e implementación de algoritmos para el modelamiento geométrico de objetos y análisis de imágenes en el contexto de aplicaciones en ciencia e ingeniería. En el desarrollo de las distintas herramientas han participado tanto alumnos de pregrado como de posgrado, la mayoría

del Departamento de Ciencias de la Computación (DCC) de la Universidad de Chile.

Dependiendo del área de aplicación de las distintas herramientas, he colaborado con profesores/investigadores de distintas áreas de la ciencia e ingeniería.

En particular, desde 2005 he estado realizando investigación en los siguientes temas:

- Desarrollo de un generador de mallas de superficie, de propósito general, pero también adaptado para el modelamiento de deformaciones de árboles y modelamiento de rostros. En el desarrollo del software trabajaron los alumnos Francisco Medina, Nicolás Silva, Cristina Melo y Renato Valenzuela (DCC Universidad de Chile), y en la paralelización de algunos algoritmos sobre GPU's, Cristóbal Navarro (Instituto de Informática, Universidad Austral). Para el modelamiento de deformaciones de árboles he trabajado en conjunto con el profesor Jaime San Martín (Centro de Modelamiento Matemático (CMM); Departamento de Ingeniería Matemática, Universidad de Chile), el investigador Fernando Padilla (CMM), y la profesora Eliana Scheihing (Instituto de Informática, Universidad Austral) y para el modelamiento de rostros con los investigadores Mauricio Cerda y Bernard Gireau (Inria-Loria, Francia), Lucas Terissi y Juan Carlos Gómez (Universidad de Rosario, Argentina). Este trabajo ha sido parcialmente financiado por un proyecto Fondecyt y un proyecto Stic-amSud (BAVI).
- Modelamiento de órganos humanos usando mallas mixtas y de hexaedros en conjunto con los profesores Claudio Lobos (Departamento de Informática, Universidad Técnica Federico Santa María) y Yohan Payan (TIMC-IMAG, Universidad Joseph Fourier), y el investigador Marek Bucki (TIMC-IMAG, Universidad Joseph Fourier). Este trabajo ha sido financiado parcialmente por



Pablo Aguilar, Diego Díaz, Nancy Hitschfeld y Jorge Jara.

- un proyecto Stic-amSud (PLOMO) y un proyecto ECOS-CONICYT.
- Desarrollo de algoritmos para aplicaciones en astronomía, en particular para la detección automática de *clusters* de galaxias y reconstrucción de imágenes, con los alumnos de posgrado Daniel Pizarro y Guillermo Cabrera (DCC Universidad de Chile), y los profesores Luis Campusano y Simon Casassus (Departamento de Astronomía, Universidad de Chile).
- Diseño de una arquitectura para familias de productos de generadores de mallas, con los profesores Cecilia Bastarrica (DCC Universidad de Chile) y Pedro Rossel (Departamento de Informática, UCSC); los alumnos Carlos Lillo, Felipe Contreras (DCC), y Jocelyn Simmonds (DCC Universidad de Chile, alumna de doctorado en la Universidad de Toronto).
- Análisis de imágenes, en particular aplicado a la detección de anillos de árboles, en colaboración con los alumnos Mauricio Cerda y Pablo Aguilar (DCC Universidad de Chile), el investigador Fernando Padilla (CMM), el profesor Domingo Mery (Departamento Ciencias de la Computación, Pontificia Universidad Católica).
- Desarrollo de algoritmos geométricos para aplicaciones en biología celular. En colaboración con el profesor Steffen Haertel, (SCIEN-LAB, Instituto de Ciencias Biomédicas, Universidad de Chile) y los alumnos de doctorado Jorge Jara y Pablo Aguilar (DCC Universidad de Chile).
- Desarrollo de un generador de mallas mixtas en tres dimensiones para la simulación de problemas basados en el método numérico de volúmenes finitos.

Considerando desde el año 2005, los resultados obtenidos han sido publicados (o in press.) en siete artículos de revistas internacionales: en *Engineering with Computers* los trabajos sobre generación de mallas; en *Advances in Engineering Software* y *Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering*, los trabajos relacionados a ingeniería de software; en *Astrophysical Journal* los trabajos relativos con astronomía, y en *Insight* los relacionados con imágenes. Entre las conferencias donde se han publicado resultados están: *International Meshing Roundtable (IMR)*, *International Symposium on Voronoi Diagrams in Science and Engineering (ISVD)*, *Advances Image Video and Technology (PSIVT)*, e *International Conference on Software Reuse, (ICRS)*.