

CMM y Codelco

Modelos matemáticos al servicio de la industria cuprífera nacional

Son pocas las empresas que han depositado su confianza para que un centro de investigación les ayude a mejorar y rentabilizar su negocio. Codelco es una de ellas. En la actualidad el Centro de Modelamiento Matemático de la FCFM está desarrollando proyectos con la empresa estatal, que van desde la planificación minera hasta la reconversión del campamento El Salvador.



Investigadores del proyecto para reconversión productiva de El Salvador.

Durante 2008, Codelco invirtió más de US\$ 50 millones en investigación e innovación tecnológica. Estas iniciativas son realizadas en alianza con otras empresas y centros de desarrollo e investigación, siendo el CMM un colaborador cercano desde que comenzara sus actividades hace nueve años.

Para Alejandro Jofré, Subdirector del CMM, la colaboración entre el Centro y la estatal de cobre ha sido muy beneficiosa. "El aprendizaje mutuo o fertilización cruzada entre la empresa y la Universidad genera desafíos de investigación que a veces son inesperados. Se trata de problemas nuevos que generan preguntas científicas novedosas", explica.

BIOMINERÍA Y BIOINFORMÁTICA

Así como la biotecnología ha contribuido a lograr importantes avances en salud, producción de alimentos y agricultura, se espera que beneficie

también el desarrollo de nuevas tecnologías para la minería, especialmente las que tienen que ver con el mejoramiento de los procesos de biolixiviación de minerales.

En 2002, y con el propósito de incorporar lo más avanzado de la biotecnología a los procesos en biominería, Codelco y la compañía japonesa Nippon Mining & Metals crearon la empresa BioSigma. Un año más tarde, esta última suscribió un convenio de cooperación científica con el Laboratorio de Bioinformática y Matemática del Genoma (LBMG) del CMM para que, desde el área de la bioinformática y de la modelación matemática, se le brindara apoyo a los desarrollos tecnológicos en biominería.

Desde la perspectiva de la genómica funcional, ambas unidades comenzaron a estudiar el comportamiento de bacterias biomineras aisladas por Biosigma en distintas condiciones de producción. Un primer resultado del trabajo cooperativo fue la creación de sistemas de monitoreo de estos microorganismos.

Alejandro Maass, director del LBMG y académico del Depto. de Ingeniería Matemática de la FCFM, comenta sobre los frutos que la relación con BioSigma les ha traído. "Nos permitió crear una unidad técnica que no existía hasta ese momento en Chile y que pudiese servir de apoyo científico para los desarrollos tecnológicos de la empresa. Además BioSigma, al iniciar estudios científicos de sus bacterias biomineras que abarcaron toda la cadena ómica, nos permitió entrar en una fase temprana al desarrollo de técnicas bioinformáticas y de modelación matemática en Biología de Sistemas, técnicas que estaban naciendo en todo el mundo -lo

que para nosotros tiene un inmenso valor científico- y que están impactando la formación de recursos humanos en esta área".

A partir de esta relación ciencia-empresa, el laboratorio ha ido consolidando sus capacidades para el análisis matemático de datos metabolómicos en experimentos a gran escala que, junto a otros logros, lo han convertido en un referente nacional en análisis in-silico y modelamiento de información "ómica" para proyectos genómicos de gran envergadura.

PLANIFICACIÓN MINERA A CIELO ABIERTO

Desde 2007 investigadores del CMM y del laboratorio Delphos del Departamento de Ingeniería de Minas de la FCFM, junto a ingenieros de las universidades Adolfo Ibáñez, de La Frontera y profesionales del Instituto de Innovación de Minería y Metalurgia (IM2) de Codelco, están desarrollando un proyecto Fondef sobre informática y modelamiento matemático orientado a la planificación minera a cielo abierto.

Antes de empezar el trabajo, se identificaron las empresas mineras que estarían interesadas en utilizar un *software* que no sólo les ayude a planificar la mejor manera de explotar una mina, sino además descubrir a tiempo si el negocio será rentable a largo plazo. El estudio arrojó que a nivel mundial hay cerca de 225 minas que podrían ser sus potenciales clientes, de las cuales, el 10% se encuentra en Chile.

"Actualmente estamos trabajando en un *software* pre-industrial que deberemos entregar al IM2 en enero del próximo año. Ese producto

permitirá que se evalúen los escenarios futuros para minas reales", dice Jorge Amaya, académico del Depto. de Ingeniería Matemática y director alterno del proyecto.

Según el investigador, el *software* definitivo y el modelo de negocio deberán estar listos en 2010 ó 2011. "Estimo que entre 12 y 18 meses más podríamos disponer de una herramienta computacional de planificación minera sobre la base de High Performance Computing, HPC. El diseño y puesta en marcha de un negocio entre las partes, que extienda el producto más allá del ámbito de Codelco, también deben quedar resueltos en ese plazo".

Amaya advierte que se buscarán alianzas con empresas dedicadas a desarrollar *software* para la minería. "A través de ellas, que conocen el mercado, podremos llegar a los usuarios o clientes. Las empresas consultoras en el área también podrían beneficiarse con esta tecnología".

Durante estos dos años de trabajo, los investigadores han construido modelos matemáticos y han establecido algoritmos de resolución para problemas de planificación minera. En este proceso se evaluaron casos de minas reales, que de haber contado con estas herramientas, "hubiesen producido beneficios adicionales por sobre el 15%" -añade el matemático- "y es que hace treinta o cuarenta años no existían los avances tecnológicos que tenemos hoy".

Para el investigador, el trabajo conjunto con Codelco ha posibilitado "validar el impacto de la investigación en modelamiento industrial a muy corto plazo, comparado con otras áreas. Las simulaciones computacionales permiten



Integrantes del Laboratorio de Bioinformática y Matemática del Genoma.



acelerar el estudio de numerosos escenarios, logrando rápidos avances".

MODELANDO EL FUTURO DE UNA CIUDAD-CAMPAMENTO

Localizado a más de 2.300 metros sobre el nivel del mar y con cerca de 10 mil habitantes, el campamento minero El Salvador constituye un importante asentamiento en la región de Atacama, especialmente en términos de empleo.

Hace algunos años esta División entró en una etapa de reconversión y modernización, que incluye el posible cierre de dos líneas de producción (óxidos y sulfuros) y la apertura de nuevos proyectos. Estos cambios hacen necesario repensar la estructura y la gestión de la ciudad-campamento.

Debido a lo complejo de este proceso y a la necesidad de conducirlo de la mejor forma posible, la cuprífera estatal solicitó el apoyo de la Universidad de Chile, a través del CMM.

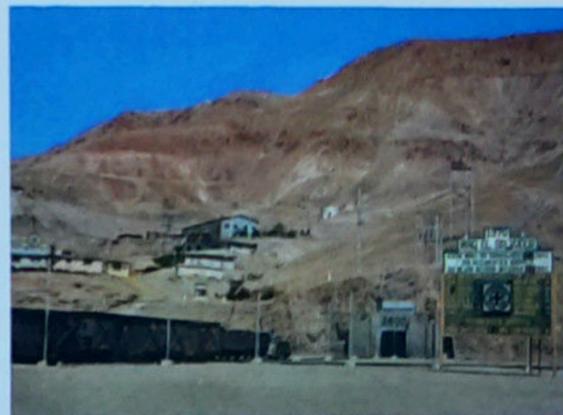
Se conformó un equipo interdisciplinario compuesto por investigadores de la Escuela de Salud Pública, el Centro de Investigación Avanzada en Educación, la Facultad de Ciencias Sociales (FACSO), el Laboratorio de Transporte y Uso de Suelos del Depto. De Ingeniería Civil de la FCFM y el Centro de Modelamiento Matemático.

El objetivo principal del proyecto es desarrollar herramientas tecnológicas propicias para optimizar la reconversión productiva de este campamento. "Hemos tenido que considerar varios componentes, entre ellos los de tipo social, que lo hacen muy interesante", manifiesta Alejandro Carrasco, ingeniero del CMM a cargo de esta iniciativa.

Un elemento importante que se toma en cuenta es el cambio en la demanda de servicios de salud, educación e infraestructura ante un posible aumento o disminución de la población, la cual está directamente relacionada con las posibles modificaciones en las líneas de producción, es decir con la oferta de empleo de la División.

Para estos efectos, el CMM ha generado modelos matemáticos de evolución poblacional, de optimización para el uso de la infraestructura urbana, y de planificación de sistemas de salud y educación, que permiten analizar y dar orientaciones sobre los cursos de acción o decisiones de gestión posibles.

"En estos momentos estamos evaluando algunos escenarios de operación, los que a su vez generan distintas configuraciones esperadas de población. Para cada una de las poblaciones asociadas a estos escenarios, se está calculando la oferta necesaria de servicios para poder satisfacer las respectivas demandas y así asignar los recursos de manera óptima.



Una vez realizado esto, y con todos los antecedentes que se han recopilado, el equipo de la FACSO evaluará las posibles respuestas de la comunidad frente a estas nuevas condiciones de oferta", enfatiza Carrasco.

Después de nueve meses de trabajo, los modelos y módulos de cálculo ya están listos, faltando sólo su implementación en la Web. Una vez entregada la aplicación, Codelco hará uso de ella en forma remota desde la División o Casa Matriz y podrá estudiar lo que sucede con cada una de las áreas del estudio ante la incorporación, por ejemplo, de nuevos proyectos como la explotación de la mina "San Antonio" o al cierre de las líneas de producción que actualmente se encuentran en operación. 

Texto: Paola Venegas, CMM