

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

TEMAS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

# RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE

- Autos Híbridos y Eléctricos
- Eucaliptus y Recursos Hídricos
- Ingeniería de Procesos Forestales
- Minería en el Uruguay
- Contaminación Sonora



## PRESENTACIÓN

Esta nueva edición de la serie “Temas de la Facultad de Ingeniería” nos permite dar a conocer un conjunto de proyectos vinculados a la explotación de recursos naturales y la protección del medio ambiente.

Venimos presenciando una transformación de nuestro país, que pasa de su tradicional esquema “en dos dimensiones”, basado en un interior agrícola-ganadero y una infraestructura portuaria para la exportación de productos tales como carne, cuero y lana, a buscar otros patrones de desarrollo más equilibrados, que implican un impulso a la explotación de otras fuentes de riqueza, tanto por la diversificación de los recursos naturales aprovechados, como por el desarrollo a nivel nacional de un tejido industrial que pueda además insertarse en cadenas productivas regionales e incorporar valor.

Estos cambios generan grandes desafíos, en particular para la ingeniería que puede y debe realizar aportes para el desarrollo productivo y social del país, garantizando la calidad de vida de los ciudadanos de hoy, así como de las futuras generaciones, dentro de un modelo ambientalmente sostenible.

Las entrevistas que se incluyen aquí cubren una diversidad importante de investigaciones e iniciativas en marcha, que son posibles gracias a la calidad y nivel de formación de nuestros equipos de investigación, así como los apoyos y participación de diversas contrapartes externas. Esperamos su lectura les resulte de interés, y contribuya a la comprensión de lo que se está haciendo y se puede hacer en este campo en nuestro país.

**Dr. Ing. Héctor Cancela Bossi**  
**Decano de la Facultad de Ingeniería**



## **Producción General**

Héctor Cancela, Clelia D'Isabella, Graciela Silva, Ulises Travieso

## **Selección de Entrevistas**

Héctor Cancela, Ulises Travieso

## **Redacción**

Magela Moreira, Ulises Travieso

## **Corrección de textos**

Mariana Dominguez

## **Diseño**

Área de Comunicación de la Facultad de Ingeniería

Facultad de Ingeniería - Universidad de la República

Julio Herrera y Reissig 565

Código Postal 11.300 - Montevideo - Uruguay

## ÍNDICE

Efectos de las plantaciones de eucaliptos sobre el recurso agua .....	<b>Pág. 5</b>
Ingeniería ambiental y contaminación sonora .....	<b>Pág. 13</b>
Hacia un transporte automotor racional y eficiente: Autos híbridos y eléctricos .....	<b>Pág. 19</b>
Celulosa: medioambiente y energía .....	<b>Pág. 27</b>
Minería en el Uruguay .....	<b>Pág. 33</b>



**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA**

## EFFECTOS DE LAS PLANTACIONES DE EUCALIPTOS SOBRE EL RECURSO AGUA

Luis Silveira es Ingeniero Civil graduado en la Universidad Kungliga Tekniska Högskolan, Suecia. Además de su título de grado con nivel de Maestría, Silveira obtuvo un Doctorado del *Department of Civil and Environmental Engineering* de dicha Institución. Desde 1988 trabaja como docente de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República, dedicándose hace más de 20 años al desarrollo de la hidrología a nivel nacional y en particular, en la última década al estudio de los efectos de las plantaciones forestales sobre los recursos naturales.

### Uruguay y la forestación

En los últimos 20 años, el Uruguay ha experimentado un incremento significativo de la superficie afectada a la forestación industrial, principalmente eucalipto y pino, en el marco de la política forestal amparada por la Ley 15.939. Esta situación plantea la necesidad de desarrollar científicamente la hidrología forestal nacional con el objetivo de obtener indicadores hidroambientales (aguas y suelos) y desarrollar herramientas de gestión para el manejo sustentable de las plantaciones forestales.



“En la actualidad hay plantadas unas 970.000 hectáreas de eucaliptos. Gracias a los incentivos a la forestación planteados en la mencionada ley, se pasó de 45.000 hectáreas forestadas en 1990 a casi un millón de hectáreas hoy día.

Las zonas más plantadas del territorio nacional están en los departamentos de Rivera, Tacuarembó, Lavalleja, Paysandú, Río Negro y Rocha” relata el profesor.

## Ley Forestal Nº 15.939 (feb/1988)

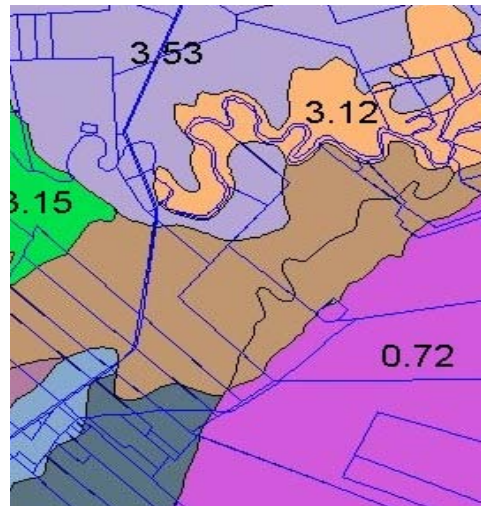
La ley 15.939 le dio un gran impulso a la industria forestal en nuestro país. “Al inicio, el uso por parte de las empresas de los terrenos declarados como de prioridad forestal implicaba una serie de subsidios y de exoneraciones fiscales, hace unos años se quitaron los subsidios pero continúan las exoneraciones. Por lo tanto, para cualquier empresa forestal es mucho más rentable trabajar en suelos definidos como de prioridad forestal dadas esas ventajas económicas, por lo que la mayoría de las plantaciones están en estas áreas”, afirma Silveira.

En dicha ley se estipulan de prioridad forestal aquellos territorios que por sus condiciones de suelo, aptitud, clima, ubicación y demás características, sean inadecuados para cualquier otra explotación o destino de carácter permanente y provechoso. Así como también lo son aquellos terrenos que sean calificados como de prioridad forestal mediante resolución del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP), en función de la aptitud forestal del suelo, o razones de utilidad pública (Art. 2 y 5). Para hacer esta calificación se utilizaron los grupos CONEAT y se denominaron de prioridad forestal los suelos que presentan menor índice.

## Índice CONEAT

La ley 13.695 (Art. 65 al 68) del 24 de octubre de 1968 creó la Comisión Nacional de Estudio Agroeconómico de la Tierra (CONEAT) y estableció como su principal cometido definir las normas técnicas para determinar la capacidad productiva de la tierra.

Los grupos CONEAT constituyen áreas homogéneas, definidas por su capacidad productiva en términos de carne bovina, ovina y lana en pie. Esta capacidad se expresa por un índice



relativo a la capacidad productiva media del país, a la que corresponde el índice 100.

Desde el punto de vista edafológico, la productividad se considera como la capacidad inicial del suelo para producir un cierto rendimiento por hectárea y por año, que se puede expresar como porcentaje del rendimiento óptimo que se obtiene en el suelo en las condiciones más favorables, bajo cierta tecnología definida.

Los índices de productividad corresponden a 188 agrupamientos de suelos, con similar productividad (desde 0 hasta 263), resultantes de interpretar la aptitud de los mismos para producir carne y lana.

Según datos del MGAP, publicados en la Carta Forestal 2004, el 77% de las plantaciones industriales se encuentran ubicadas sobre suelos de prioridad forestal, siendo los grupos CONEAT de la zona 7 los más utilizados, seguido de los grupos 9 y 2. El promedio del índice de productividad pecuario de los suelos forestados es de 76.

## Inicios de la investigación

El estudio hidrológico de cuencas bajo forestación se inicia en el país a fines de 1998 por iniciativa de la Dirección General Forestal (DGF), debido a la gran presión por parte de la sociedad producto del explosivo crecimiento de la industria forestal local. “Entonces se planteó a la Universidad iniciar una línea de investigación conducida en conjunto por las facultades de Agronomía e Ingeniería, en el marco de lo que fue la creación de la Red Temática de Ingeniería Agrícola”. En ese momento se inicia un programa de monitoreo que se mantuvo con financiación de la DGF hasta el año 2002.

Durante la crisis económica que atravesó el país se suspendieron los fondos para el programa, como recuerda Silveira, “Continuamos nuestra línea de investigación con programas de la Comisión Sectorial de Investigación Científica (CSIC - UdelaR), trabajando fundamentalmente a partir de información histórica en la cuenca del río Negro, utilizando datos de la Dirección Nacional de Meteorología, la Dirección Nacional de Hidrografía y UTE. En esa eta-



pa obtuvimos los primeros índices de reducción del escurrimiento, como consecuencia del desarrollo forestal, tanto en términos anuales como en términos estacionales, en función de la precipitación ocurrida en dichos períodos.”

## Monitoreo de Microcuencas

A partir de septiembre de 2005 se retoma el monitoreo a escala de microcuencas con la financiación del proyecto PDT 32/03, continuando el programa de monitoreo e investigación con el proyecto INIA FPTA 210 finalizado en 2010. “Tanto en la etapa inicial (1998) como en la que llevamos adelante desde 2005 la metodología se basó en el monitoreo de microcuencas, estudiando todos los procesos del ciclo hidrológico.



El objetivo es tener datos nacionales reales -agrega- tenemos instalados todo tipo de dispositivos para llevar adelante las mediciones: vertederos con limnógrafos en el cierre de las microcuencas, pluviógrafos, tubos de acceso para medición del contenido de humedad del suelo, piezómetros para medir las variaciones de la napa freática en el acuífero superior, estaciones meteorológicas y dispositivos para el monitoreo del agua interceptada por las copas de los árboles y para la toma de muestras de aguas”

“Un aspecto a destacar es la colaboración de las empresas forestales en todo el período de investigación. Es imposible hacer una investigación de este índole sin trabajar junto a las empresas. Si pretendemos medir, analizar el ciclo hidrológico en plantaciones forestales, tomando como patrón de comparación las pasturas naturales para uso ganadero, que representan el uso tradicional del suelo en el país, los dispositivos deben necesariamente instalarse en campos plantados por las empresas”.

Con los datos recolectados se hace un procesamiento integral y se extraen conclusiones sobre las componentes del ciclo hidrológico y la calidad del agua.

## Conclusiones extraídas en las distintas etapas de investigación

Silveira comenta “Una de las conclusiones más fuertes de la investigación es en relación al nivel escurrimiento, tanto en grandes cuencas -realizado con procesamiento estadístico- como a escala de pequeñas cuencas -midiendo y comparando pasturas naturales y plantaciones forestales-. Lo que percibimos es que la reducción del escurrimiento es mucho menor de lo que muchas veces se ha mencionado(...) Cuando se analiza en una escala de tipo estacional o anual resulta que existe un escurrimiento más lento producto de una infiltración profunda. Entonces el agua termina llegando al punto de salida de la cuenca y la reducción en términos anuales no es mucho mayor que un 20%. Este porcentaje equivale a lo que retienen las copas de los árboles y se pierde en la atmósfera por evaporación.”

Este grado de reducción en el escurrimiento es variable con la estación del año y la cantidad de agua precipitada, y explica “Es algo más (25 a 30%) en meses de primavera verano, algo menos (15 a 18%) en meses de otoño invierno y en el orden del 20% en promedio de términos anuales. El error está considerar solamente la escala temporal de una tormenta que dura algunas horas o a lo sumo unos pocos días; en esos casos se puede observar una reducción fuerte en el caudal máximo y el volumen escurrido, que puede alcanzar hasta un 46 a 48%, pero con el escurrimiento más lento esa agua termina llegando.”

El otro aspecto importante que está en estudio es la variación del nivel freático en los acuíferos, aunque hace tan solo 2 años que se pudieron instalar limnigrafos en los piezómetros para medir en forma continua. “Ese también ha sido uno de los temas de controversia a nivel de prensa, pero hallamos que durante eventos de lluvia infiltra más cantidad de agua bajo monte forestal que bajo pastura, teniendo una mayor recarga del acuífero”. Dado lo reciente del estudio el profesor nos aclara que estos resultados no están lo suficientemente probados debido a que se necesita mayor tiempo de estudio para contemplar la variabilidad climática.

Esta idea concuerda con las investigaciones realizadas por el decano de la Facultad de Agronomía, Ing. Agr. Fernando García Préchac, en las que identifica que la forestación produce cambios en las propiedades de los suelos de forma tal que el suelo bajo monte de eucaliptos retiene menos agua, y al retener menos agua se facilita una percolación profunda, o sea ingresa más agua en los acuíferos.

“Otro tema que se estudió es la calidad del agua comparando pasturas y forestación. Si bien se han observado cambios en las propiedades fisicoquímicas en el punto de salida de las microcuencas forestales, la calidad de aguas es la normal para cursos fluviales del país. No se detectaron cambios significativos” indica Silveira.

### Proyecto ANII con participación de las empresas

Próximamente la Fundación Julio Ricaldoni, conjuntamente con las facultades de Agronomía e Ingeniería, más precisamente el grupo de Hidrología que dirige el Dr. Ing. Luis Silveira, firmará un proyecto de tres años que permitirá la continuidad de sus investigaciones. El proyecto se enmarca dentro del programa “Alianzas por la Innovación” que será cofinanciado: la ANII subsidiará el 60% del costo del proyecto y las empresas Montes del Plata y UPM Forestal Oriental aportarán el restante 40%.

“Este proyecto nos permitirá dar un gran salto. En vez de analizar los datos comparando solamente dos microcuencas, una con pasturas naturales y otra con plantación forestal, se establecerá una red nacional de monitoreo a escala de microcuencas. Esto permitirá comparar los efectos que producen diferentes densidades de plantación, especies y localizaciones. Podremos cotejar microcuencas de Tacuarembó con las de Paysandú o Río Negro, etc.” En este proyecto se hará hincapié en la modelación basada en la información monitoreada. La intención es suponer escenarios futuros, modelar y conocer como van a responder las cuencas en diferentes circunstancias y como afectarán esas circunstancias al escurrimiento, la calidad del agua y su disponibilidad.



### Importancia estratégica para el país

El desarrollo forestal está estrechamente ligado al desarrollo del país. El equipo de la Facultad de Ingeniería tiene como meta generar conocimiento que permita gestionar el recurso hídrico y, en situaciones de conflicto, facilite hallar soluciones que contemplen los diferentes intereses económicos, ambientales, energéticos, etc.

La finalidad de esa base de conocimientos es ser de utilidad para la toma de decisiones por parte de las autoridades gubernamentales, como pueden ser la DINAGUA, la DINAMA y la Dirección General Forestal del MGAP, que tienen estrecha vinculación en la materia.

“Lo más importante es pensarlo a nivel nacional, ya que son recursos naturales no renovables. La ingeniería tiene que generar una base científica, generar indicadores que permitan manejar múltiples usos y dar recomendaciones para mejorar su aprovechamiento” culmina Silveira. ■



**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA**

## INGENIERÍA AMBIENTAL Y CONTAMINACIÓN SONORA

El Departamento de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería se dedica, entre otros temas, a la investigación y profundización del conocimiento en el área de gestión ambiental, contaminación acústica, potabilización de agua, higiene y salud ocupacional. La Ingeniera Civil Elizabeth González, jefa del departamento, quien además posee una Maestría en Mecánica de los Fluidos Aplicada y un Doctorado en Ingeniería Ambiental, es la referente institucional en investigación de acústica urbana y contaminación sonora.

### Ingeniería Ambiental

La Facultad de Ingeniería se organiza en institutos según áreas de trabajo y éstos, a su vez, se subdividen en departamentos. El Departamento de Ingeniería Ambiental es uno de los dos que integran el Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental (IMFIA).

El objetivo de la ingeniería ambiental es mejorar la calidad de vida de la población, a través de la prevención, control, corrección y mitigación de la contaminación y degradación del ambiente y de los riesgos para la salud pública, considerando de forma integrada los aspectos técnicos, sociales, ecológicos, económicos y éticos.

González comenta: “El departamento tiene varias líneas de trabajo: aguas residuales, contaminación de aire, residuos hospitalarios que actualmente no se están desarrollando con fuerza (...) Lo que hoy tiene más impulso son las líneas de investigación sobre contaminación de aire, que lleva adelante Nicolás Rezzano y contaminación sonora la cual dirijo”.

El desarrollo de investigación en temas de contaminación sonora en el Departamento de Ingeniería Ambiental comenzó en 1991,

pero tuvo su mayor impulso a partir de 1996, con el inicio de las tareas de mapeo acústico en la ciudad de Montevideo, realizadas en acuerdo con la Intendencia Municipal.

## Ruido y sonido

“El ruido es un contaminante omnipresente que ha acompañado a las sociedades de todas las épocas, al extremo que durante mucho tiempo algunas sociedades han supuesto que el mismo acompaña forzosamente al progreso, y en consecuencia es ‘un mal necesario’ cuando la humanidad comienza a tecnificarse”, escribe González acerca de su trabajo.

Existen algunas características del sonido, tales como, la variabilidad, la intensidad o los cambios abruptos que hacen que éste se transforme en ruido.

La contaminación sonora aparece ante sonidos con características que resultan capaces de afectar en forma adversa la salud o el bienestar de las personas o alterar las condiciones normales del ambiente



y de los ecosistemas en una determinada zona. Si bien el ruido no se acumula, traslada o mantiene en el tiempo como las otras contaminaciones, también puede causar grandes daños en la calidad de vida de las personas de no ser controlado.

## Contaminación sonora y sus consecuencias

“En un entorno hay contaminación cuando un agente puede perjudicar la salud, tanto de los seres humanos como del resto de los animales, al punto de generar grandes problemas de salud.

El año pasado la Organización Mundial de la Salud (OMS) publicó un documento que se centra en la cuantificación de los daños que produce el ruido. Desde el prólogo se marca que en Europa se está

perdiendo un millón de años de vida sana por año, a causa del ruido del tránsito”, asegura la profesora.

Pero la contaminación sonora no sólo afecta directamente a la salud, sino que tiene otras implicancias invisibles. El ruido interfiere en la comunicación; esta interferencia puede generar conflictos más importantes de los previsibles, que sólo son percibidos luego de investigar. “Hay estudios realizados sobre poblaciones de aves y ranas que tienen dificultades de apareamiento debido a la contaminación sonora, por ejemplo cerca de carreteras. Como deben modificar sus cantos a causa del alto ruido, algunas no logran reconocer los especímenes de su propia especie y por ende no se van a poder aparear”, culmina González.

## Mapa Acústico o de Ruido

Un mapa de ruido es una representación gráfica del nivel acústico de una determinada localización, en un tiempo establecido. Un caso particular de mapas de ruido son los mapas estratégicos de ruido, que incluyen información georreferenciada sobre población, usos del suelo, edificios con usos sensibles al ruido (centros educativos o centros de atención a la salud, por ejemplo) y otros datos que pueden ser utilizados para determinar las zonas más afectadas acústicamente de un territorio y planificar acciones para su mejora y preservación acústica.

En el año 1999 se realiza el primer mapa acústico de Montevideo y se obtienen los primeros resultados epidemiológicos acerca del estado de salud auditiva de la población montevideana. Los trabajos fueron realizados por el Departamento de Ingeniería Ambiental del IMFIA, en el marco de un convenio con la Intendencia de Montevideo, bajo la responsabilidad de la Dra. Elizabeth González.





“El mapa de ruido no es sólo un mapa con colores que marca el nivel de ruido que tengo. Es una herramienta estratégica para cambiar la situación, que ayuda a planificar y a priorizar las asignaciones de recursos para lograrlo. Si nos quedamos solo con el diagnóstico, es dinero mal gastado”, asegura la profesora.

## Aerogeneradores y los problemas acústicos asociados

Los aerogeneradores son unidades capaces de producir energía eléctrica, que se valen de la fuerza del viento para funcionar, transformando la energía eólica en electricidad.

En Uruguay comenzaron a tomar relevancia luego que el Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM) definiera una política energética favorable a las energías renovables, y UTE los adoptase como pilares en la nueva matriz energética nacional y comenzara a instalar parques eólicos.



La interacción entre el flujo de aire y las palas de un aerogenerador dan lugar a emisiones acústicas variables según las condiciones. Elizabeth González relata: “Al principio usábamos las mismas he-

rramientas que se usan por lo general para predecir niveles sonoros ambientales asociadas con fuentes fijas. Cuando comenzamos a estudiar el tema, vimos que en los últimos años se había demostrado que la norma utilizada para el cálculo podía conducir a subestimaciones hasta de 15 dB (decibeles), por lo que las predicciones no eran confiables. La norma utilizada hasta ese momento no consideraba la condición de estabilidad atmosférica y hacía otras suposiciones que aumentaban el error de los cálculos. Por ejemplo sabemos que cuando la atmósfera está extremadamente serena el ruido emitido por los aerogeneradores es mayor y además tiene características por las que puede llegar con niveles audibles más lejos de la fuente. Esos puntos no estaban siendo considerados en el método de cálculo. Fue en ese momento que comenzamos a estudiar más profundamente el problema.”

A partir de los primeros acercamientos al tema, el grupo de trabajo de la Facultad de Ingeniería comenzó a desarrollar una base teórica que permita establecer reglas y facilite la obtención de una nueva forma de cálculo.

“Como en todos los ámbitos, mientras funciona un modelo simple no resulta necesario ir en busca de otros más complejos. Pero desde que se vio que el modelo aplicado a nivel mundial era excesivamente simplificado para la complejidad de los fenómenos en juego, la comunidad acústica se ha abocado a mejorar la comprensión de esos fenómenos para poder mejorar, en consecuencia, los métodos predictivos. Nuestro grupo de investigación se encuentra actualmente buscando y desarrollando una solución que sería innovadora (...) Esperamos tener resultados aplicables en los próximos meses, aunque los resultados finales se harán esperar un poco más, pues son el objetivo de una tesis doctoral que está actualmente en sus fases iniciales.”

Los avances de la investigación fueron expuestos por la Dra. Elizabeth González en el Congreso “Acoustics 2012 Hong Kong” en mayo de este año, donde presentó el trabajo ante investigadores de todo el mundo. ■



**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA**

## **HACIA UN TRANSPORTE AUTOMOTOR RACIONAL Y EFICIENTE: AUTOS HÍBRIDOS Y ELÉCTRICOS**

En el marco de la convocatoria 2009 del Fondo Sectorial de Energía, fondo dedicado a la promoción de las actividades de investigación, desarrollo e innovación en el área de energía, se presentó el proyecto “Hacia un transporte automotor racional y eficiente: Autos Híbridos y Eléctricos”, emprendimiento impulsado desde el Instituto de Ingeniería Eléctrica (IIE) de la Facultad de Ingeniería.

El proyecto abarca una gran multiplicidad de áreas de trabajo y docentes de distintas ramas del conocimiento. Entre los más de 20 investigadores y técnicos que trabajan actualmente contamos con la participación de Gonzalo Casaravilla, Gabriel Eirea, Diego Oroño y Mario Vignolo para precisar los propósitos y avances del proyecto.

### **Fundamentación del proyecto**

La utilización de energía eléctrica en el transporte es una solución probada a nivel mundial desde todo punto de vista, tanto económico como de eficiencia energética o medioambiental. “En los lugares más avanzados del mundo el transporte masivo de pasajeros se hace con energía eléctrica por sus beneficios. En la otra punta está el transporte eléctrico individual que, aunque demuestra un ahorro energético respecto a los autos a combustibles fósiles, no ha penetrado masivamente.

La tarea universitaria requiere estar siempre atento a lo que vendrá. En particular, el tema de los coches eléctricos es algo que está pasando en el mundo y es importante que la universidad pública del Uruguay estudie como viene el mercado, cuales son las alternativas, cuales son las mejores prácticas y cual puede ser el impacto que tenga”, destaca el responsable del proyecto Gonzalo Casaravilla.

“A lo largo de la historia han habido diferentes etapas en las que se ha querido impulsar el desarrollo de autos eléctricos, que por distintas razones han fracasado. En la actualidad hay una revolución

mundial para implantarlos, acompañados de varios puntos (desarrollo tecnológico, desarrollo de baterías, preocupación de impacto ambiental, costo, etc.) que hacen factible su penetración definitiva”, complementa Diego Oroño docente del IIE .

## Objetivos del proyecto

El proyecto tiene como objetivo específico adquirir los conocimientos necesarios que permitan establecer una política de estado asociada al desarrollo de opciones de automóviles híbridos y/o eléctricos en el transporte nacional.

Casaravilla comenta que las tareas “se dividen en dos grandes módulos, en primera instancia el estudio de los aspectos tecnológicos y las tecnologías conocidas. Esto abarca los diferentes componentes de los autos, los motores (a combustibles fósiles, eléctricos, etc.), las diferentes tecnologías de baterías y todo lo relacionado con operatividad y seguridad de los automóviles, en particular todo lo que tiene que ver con el frenado dinámico.



La otra mitad del proyecto se dirige al impacto de la incorporación, con determinados escenarios, del auto eléctrico en el sistema. Analizar como afecta para la demanda eléctrica y para la demanda de combustibles líquidos. Una etapa culmine del proyecto sería estudiar la reversión de ese flujo de energía, es decir descargar el auto sobre la red y utilizarlo como un elemento de colaboración dinámica en la red eléctrica (...) incorporándolo como un elemento de almacenamiento de energía que permitiría ayudar a hacer que la curva de demanda sea más plana.”

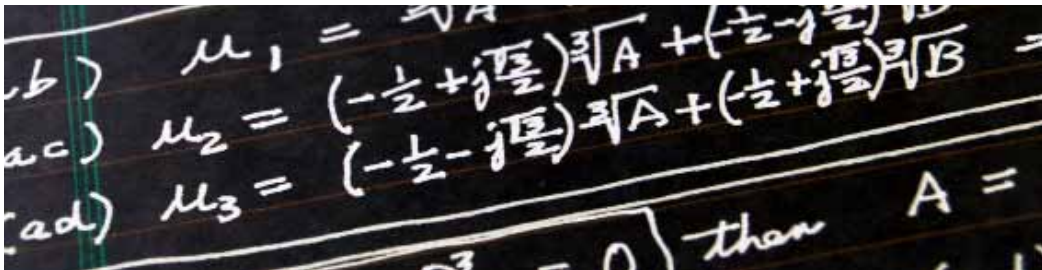
## Grupos de trabajo

Mario Vignolo, profesor grado 4 del IIE explica que “Este es un proyecto interdisciplinario en el que intervienen docentes del IIE, del Instituto de Ingeniería Química (IIQ), del Instituto de Ingeniería Mecánica y Producción Industrial (IIMPI), y también invitamos a otros actores externos como UTE, la Dirección Nacional de Energía y privados que trabajan en reconversión de autos eléctricos. En total somos unas 20 personas trabajando (...) tratamos que sea un proyecto con una visión nacional donde no tengamos únicamente el enfoque eléctrico, sino también la visión de las distintas áreas; y no solo la académica, sino que además sumamos la visión desde fuera de la Universidad”.

Los distintos grupos trabajan en forma individual respecto a su área de conocimiento, obteniendo resultados y conclusiones que luego son puestas en común en seminarios realizados cada 15 días.

## Modelación estadística

Uno de los puntos centrales del proyecto es la modelación estadística de situaciones para poder predecir y estudiar el impacto



The image shows a chalkboard with handwritten mathematical equations. The equations are:

$$\begin{aligned} \text{b)} \quad \mu_1 &= \sqrt[3]{A} + (-\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2})\sqrt[3]{B} \\ \text{ac)} \quad \mu_2 &= (-\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2})\sqrt[3]{A} + (-\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2})\sqrt[3]{B} \\ \text{ad)} \quad \mu_3 &= (-\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2})\sqrt[3]{A} + (-\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2})\sqrt[3]{B} \end{aligned}$$

Below these equations, there is a line that says "then A =".

que tendrían las diferentes variantes en la matriz energética y en la incidencia a nivel país de esos cambios.

Oroño relata: “Respecto al grupo que integro, nos encontramos trabajando en los impactos que podría tener en el sistema la incorporación de los autos eléctricos. Particularmente estuvimos desarrollando un modelo estadístico para representar la demanda del parque automotor eléctrico. Para esto tenemos en cuenta distintas

consideraciones, ya sea porcentaje de vehículos híbridos y eléctricos, si es un día laboral o no laboral, etc. y todas estas consideraciones las incluimos en un modelo estadístico, para llegar a diagramar como sería una demanda promedio del parque automotor eléctrico en Uruguay.

Otro grupo de trabajo, compuesto por personal de la Dirección Nacional de Energía, ha estado trabajando en caracterizar el parque automotor actual para poder generar, a partir de esa caracterización y con proyecciones de variables económicas, escenarios de inserción de vehículos híbridos y eléctricos. La idea de este proyecto es mirar un poco el país en 2030, y son esos escenarios de inserción de vehículos eléctricos e híbridos los que estamos colocando en el software de simulación para ver cual es el distinto impacto si hay baja, mediana o alta penetración de los autos”.

Este tipo de modelaciones y datos introducidos en programas de simulación más complejos (con más variables) que incluya generadores de energía, actores, y el sistema eléctrico para estudiar la demanda global.

Otro aspecto que releva el proyecto y en el que se está haciendo foco es la posibilidad de ‘enchufar’ los autos eléctricos a la red y usarlos como fuentes puntuales de energía empleando el excedente de las baterías. Esta particularidad puede ser sumamente útil en las horas picos, ya que los puntos de generación estarían más distribuidos y la red a dimensionar sería mucho menor, disminuyendo así los costos asociados.

“Este es un efecto muy interesante de estudiar y puede traer beneficios en función de los escenarios de penetración y del comportamiento del usuario en cuanto a la carga y descarga





del vehículo. Es posible determinar cual es la capacidad distribuida que tengo en el sistema y cuanta potencia puedo bajar en el pico. Esa potencia que se puede bajar en la punta está directamente relacionada con los costos de inversión, a menor potencia pico menor costo de inversión en la red eléctrica” culmina Vignolo.

## Estudio de las tecnologías

El grupo de Electrónica de Potencia del IIE, en el cual participa el Dr. Gabriel Eirea, fue el encargado del estudio de las estrategias de control de autos híbridos y eléctricos, haciendo especial énfasis en la seguridad y la recuperación de energía a través del frenado regenerativo.



“Estamos focalizando el proyecto en las estrategias de control que permiten al automóvil eléctrico, cuando frena, recuperar el exceso de energía cinética mandando parte de esa energía que trae el automóvil a la batería. A eso se le llama frenado regenerativo, y es una estrategia de control que asegura el frenado normal del vehículo haciéndolo más eficiente. Nuestros resultados dentro del



proyecto son un informe del estado del arte, de las tecnologías más actualizadas y del modelo de simulación con resultados y conclusiones”, asegura Eirea profesor grado 3 del IIE.

Dentro del emprendimiento hay otros grupos de trabajo que poseen un rol más específico, entre los que se encuentran el equipo del IIQ encargado del estudio y la caracterización de las distintas tecnologías de baterías para autos, el grupo del IIMPI ,liderado por el Dr. Ing. Pedro Curto, quien tiene a su cargo el análisis de la eficiencia de motores de explosión para autos híbridos y el grupo de trabajo de UTE, quienes aportan su experiencia concreta en la reconversión a eléctrica de una Fiorino de la flota de UTE.



Oroño complementa que “los docentes del IIQ han hecho hincapié en la batería de ion-litio, la tecnología que está siendo más utilizada en el mundo automotor, queda por realizar algunas pruebas con el equipamiento que importaron. Mientras, la gente del IIMPI ha estado trabajando en modelos de motores, tanto en los puramente de combustión interna como los que pueden ser utilizados en autos híbridos, incluso realizaron distintos modelos”

## Futuro y proyección de esta tecnología

A nivel mundial se le está dando un gran impulso ideológico para comenzar a migrar el parque automotor de combustión a eléctrico. Este impulso está amparado en la mejor eficiencia y en la protección medioambiental que conlleva el uso de esta tecnología, pero debe superar las barreras económicas y sociales para instalarse definitivamente en el seno de la sociedad.

“Nuestra visión es que esta clase de tecnologías o entran fuerte o no entran. Para lograr que se desarrolle no sólo alcanza con el desarrollo tecnológico, aumentar la eficiencia y disminuir los costos, sino que es necesario dar señales regulatorias y un impulso gubernamental. Hay que llegarle al usuario final para que elija los autos eléctricos, porque son los consumidores quienes van a determinar el éxito de la penetración y del cambio”, declara Oroño.

Vignolo agrega: “Hay que tener en cuenta que no es solamente el auto, se necesita una estrategia y una infraestructura que deben de abordar los municipios, las compañías eléctricas, etc. Es decir, hay una serie de cambios y modificaciones que se tienen que dar en simultáneo, se hace todo a la par o no se hace.”

Para Gabriel Eirea “Los autos eléctricos van a cumplir un rol fundamental en el futuro, lo que no se sabe bien es de qué manera se va a hacer la transición y cuando, pero sí sabemos que éste es el camino correcto”. ■



**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA**

## CELULOSA: MEDIOAMBIENTE Y ENERGÍA

El grupo de Ingeniería de Procesos Forestales se dedica a la investigación y formación de recursos humanos nacionales a nivel profesional en el área de madera, celulosa y papel.

La Dra. Patricia Gerla, jefa de grupo y profesor titular del Instituto de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería, es referente dentro del estudio de los procesos forestales y coordinadora de la maestría en Ingeniería de Celulosa y Papel.



### Formación de profesionales

Frente al creciente desarrollo a nivel nacional del área forestal en los últimos años, sobre todo luego de la instalación de Botnia en 2007, la necesidad de formar profesionales capacitados que se pudieran desempeñar en la temática se convirtió en menester del país.

Para dar una rápida y efectiva respuesta a la coyuntura, la Facultad de Ingeniería (UdelaR) y el Ministerio de Industria Energía y Minería, considerando que la educación en el área de la ingeniería en celulosa y papel es un aspecto prioritario para el desarrollo sustentable en nuestro país, firman un convenio de cooperación con la Universidad Politécnica de Helsinki (TKK). Dicho convenio tuvo por finalidad la cooperación de las instituciones en la ejecución de la Maestría en Ingeniería de Celulosa y Papel, titulación creada para formar especialistas nacionales en esta área de la ingeniería.

Finalmente en 2007 se inaugura el programa de la maestría y se comienzan los cursos. Actualmente el grupo de Ingeniería de Pro-

cesos Forestales cuenta con un nuevo acuerdo (2010 - 2014) que involucra nuevamente a la Universidad de Finlandia (hoy Universidad Aalto) y a empresas como UMP, Montes del Plata, Kemira y Andritz..

Según Patricia Gerla: “Si tenemos en cuenta la inserción y mejora laboral de todos los participantes del programa, ascendiendo de puesto en su propia empresa o cambiando de trabajo, podemos decir que el programa resultó exitoso.

Los egresados de la maestría están todos trabajando en empresas del sector, ya sea directamente o en servicios para el sector; servicios de control automático, logística, analítica, provisión de equipamiento, asesoramiento en planta o plantaciones, incluso en exportaciones.”

## Investigación

Como resultado del proyecto y gracias al crecimiento e importancia adquiridos, en mayo de 2010 se crea en la Facultad de Ingeniería el Grupo de Procesos Forestales, conformándose un equipo dedicado al desarrollo de la investigación y extensión en el área de procesos y productos del sector forestal.

“El Grupo de Procesos Forestales tiene apenas un año y medio de existencia. La facultad partió de cero y ahora tiene un grupo de investigación que trabaja aún incipientemente, debido a su poco



tiempo de investigación.

Tenemos varias tesis hechas en ingeniería de celulosa y papel; entre ellas ganadoras, en 2010 y 2011, del premio Nacional de Ingeniería. Los tesisistas fueron Leonardo Clavijo y Carolina Noya, respectivamente”

El grupo está creando nuevos acuerdos y presentando proyectos conjuntos con universidades de Brasil, Finlandia y el LATU. Los proyectos son principalmente en el área de biorefinerías -combustibles renovables de base lignocelulósica- y secuencias de blanqueo de pulpa de eucalipto.

## Biorefinerías

Las nuevas formas de generación de energía están concitando la atención mundial debido a la complicada situación de las materias primas para su producción, situación en que el petróleo juega un rol preponderante.

Esto genera interés por desarrollar e implantar tecnologías de producción sustentables a partir de fuentes renovables, entre las cuales destaca la biomasa agrícola y forestal.

Los materiales lignocelulósicos provenientes del sector forestal, son considerados como una materia prima muy promisoría para la producción de combustibles y productos químicos.

La lignocelulosa es el principal componente de la pared celular de las plantas. Esta biomasa producida por la fotosíntesis es la fuente de carbono renovable más prometedora para solucionar los problemas actuales de energía.

En este contexto, el concepto de biorefinerías asociadas a las plantas de producción de celulosa, que cuentan con la infraestructura y la logística para el manejo de grandes volúmenes de biomasa forestal, aparece como una buena alternativa para la valorización de residuos lignocelulósicos.

“Lo destacable de estos procesos es que son biocombustibles que no se hacen a partir de materia prima que compita con los alimen-

tos; con otros biocombustibles tenés que elegir: producís un alimento o producís combustible”, aclara la profesora.

El valor de esta clase de proyectos está en extraer del licor negro las hemicelulosas, que son de bajo poder calórico para ser utilizados en calderas, para la fabricación de bioetanol y otros biocombustibles.

## Optimización de los procesos de blanqueo en la industria

La industria de pulpa de celulosa ha ido reconvirtiéndose en las últimas décadas para lograr un proceso productivo cada vez más amigable con el medioambiente. La disminución del consumo de agua así como la menor generación de compuestos organoclorados han sido claves en este proceso de reconversión.

El grupo de procesos forestales actualmente está abocado a reducir al mínimo la carga de dióxido de cloro necesaria para llevar a cabo el proceso de blanqueo ECF, paso esencial en la producción de pasta y uno de los principales agentes de contaminación.

Los proyectos impulsados han buscado optimizar secuencias de blanqueo de manera tal de disminuir las emisiones al ambiente de compuestos clorados.

“El principal tema de investigación para nosotros es el blanqueo, dado que es una etapa clave y porque genera efectos negativos al medioambiente. Nosotros intentamos buscar otros métodos de blanqueo que sean convenientes tanto para el medioambiente como para los productores”

“En esa área se hicieron investigaciones, se hizo una tesis de maestría, hay proyectos presentados y además esta iniciándose una tesis de doctorado.”

## Congreso Internacional

Por otro lado, el grupo se encuentra organizando el 6° Congreso Internacional de Pulpaje de Eucaliptos, evento que fue declarado de interés ministerial por el Ministerio de Industria Energía y Minería.

Los organizadores son la Facultad de Ingeniería y Montes del Plata, mientras que el evento cuenta como coorganizadores con el LATU, la Fundación Ricaldoni y las empresas que apoyan la maestría.

El evento se llevará a cabo los días 25, 26 y 27 de noviembre de 2013 en Colonia del Sacramento y dará cita a los más importantes especialistas en la temática.

**6<sup>th</sup> International Colloquium on Eucalyptus Pulp**  
NOVEMBER 24 - 27, 2013 - COLONIA DEL SACRAMENTO, URUGUAY

**BACK TO THE BASICS: Taming the wood raw materials and processes**  
The production of pulp, paper, energy, biofuels and bioproducts from eucalyptus wood will be the focus of the 6th ICEP, with special consideration of the eucalyptus wood qualities, properties and technological advances in wood processes, products and green energy production from wood. Specialists from all over the world will be discussing the state of the art of eucalyptus associated technologies and the future of this speciality.

**TOPICS**

- Eucalyptus tree engineering for wood quality improvement
- The quality of eucalyptus wood for pulp
- The pulp mill biorefinery and bioproducts
- Biotechnology applied to the pulp and paper industry
- Advances in Kraft pulping technology
- Advances in pulp bleaching technology
- Advances in Kraft black liquor recovery technology
- Eucalyptus fiber quality and products
- Advances in dissolving pulp technology
- Environmental Control Aspects Regarding the Pulp and Paper Industry

**KEYNOTE SPEAKERS**

- Peter Aarångård - Invensta, Sweden
- Claudio Barocchi - Arauco, Chile
- Ricardo Besse - UPM, Uruguay
- Liliana Borzacconi - Udelar, Uruguay
- Jorge Colaterra - UPM, Brazil
- Pekka Fahlén - Åbo Akademi, Finland
- Mikael Hupa - Åbo Akademi, Finland
- Mikael Lindström - KTH, Sweden
- Angel T. Martínez - CSIC-EB, Spain
- Herbert Sixta - Aalto University, Finland
- Jari Vuorinen - Aalto University, Finland

**COMMITTEE**

**Colloquium President:**  
Enric Ricaldoni - Montes del Plata, Uruguay

**Technical Chairmen:**  
Petrice Gorte - Universidad de la República, Uruguay

**Technical Co-Chairmen:**  
Jorge Colaterra - Montecristo Forestal de Virginia, Brazil

**Secretaries:**  
Raquel Cabrera - Licenciada en Diseño, Facultad de Ingeniería - UDELAR, Uruguay

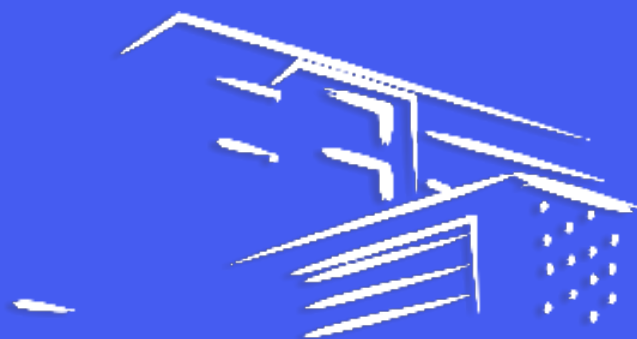
Sponsored by: Montes del Plata, LATU, Fundación Ricaldoni, UPM, UDELAR, CSIC-EB, Aalto University, KTH, Åbo Akademi, Invensta, Arauco.

Co-organized by: LATU, RICALDONI, UPM, UDELAR, CSIC-EB, Aalto University, KTH, Åbo Akademi, Invensta, Arauco.

FOR MORE INFORMATION VISIT [www.6thcep.org.uy](http://www.6thcep.org.uy)

“A inicios del año que viene, Uruguay va a tener las dos plantas más modernas de pulpa de celulosa en todo el mundo y se convertirá en el quinto productor de celulosa, estos no son datos menores”, destaca y agrega “este evento va a ser algo muy importante para Uruguay. La tecnología de UPM y Montes del Plata es lo último en el mundo, de hecho, al congreso vendrá mucha gente exclusivamente a ver estas empresas; hoy todo el mundo está mirando para Uruguay”. ■





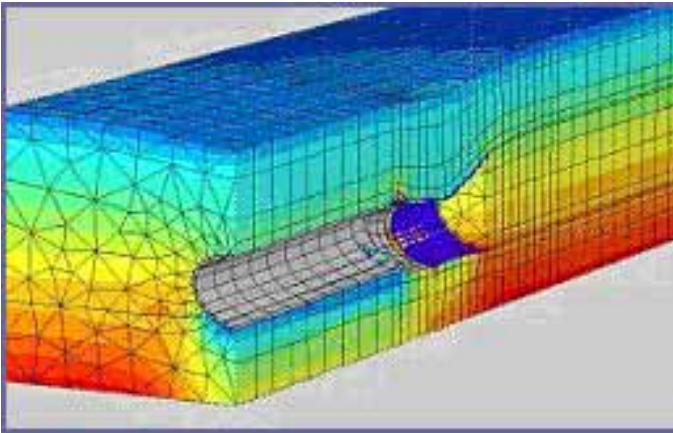
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA**

## MINERÍA EN EL URUGUAY

Aldo Bologna Alles es Ingeniero Químico graduado de la Universidad de la República con un Doctorado en Ciencia de los Materiales realizado en el N.Y. State College of Ceramics at Alfred University, Estados Unidos. Actualmente se desempeña como jefe del Departamento de Ingeniería de Materiales en el Instituto de Ing. Química de la Facultad de Ingeniería, con un cargo de profesor titular G<sup>o</sup> 5. Además, es el referente institucional del Diploma de Especialización en Ingeniería de Minas de reciente creación.

### Introducción

La minería ha sido siempre una actividad productiva ligada a la historia económica, social y cultural de los pueblos, convirtiéndose en uno de los factores más significativos de progreso y evolución. El hombre aprovechó los minerales a su alrededor, transformando en muchos casos a la minería como fuente principal de ingreso.



En el Uruguay las primeras iniciativas de interés por minerales metálicos y energéticos se dieron a mediados del siglo XX con emprendimientos de bajo porte tales como la explotación

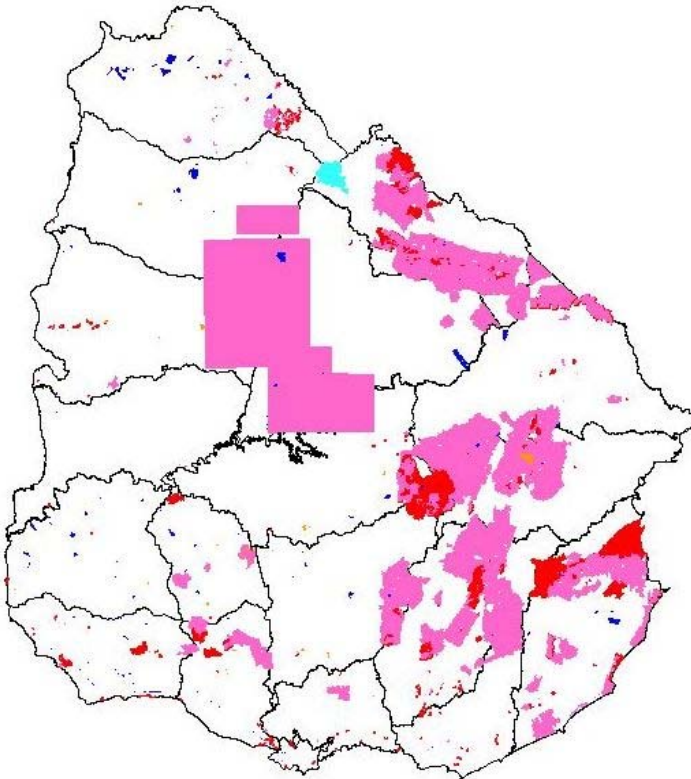
de oro en Minas de Corrales. La actividad fue dominada por pequeñas empresas dedicadas a la extracción de materiales para la construcción y calizas para la industria del cemento, significando aproximadamente el 92% del volumen anual de minerales explotados.

El desarrollo de la minería en el país comienza en forma más sistemática en la década de los 80 con la redacción de un nuevo Código de Minería, ley número 15.242 promulgada el 8 de enero de 1982. A partir de ahí se llevan adelante una gran cantidad de acciones, sobre todo a nivel gubernamental, para incentivar el desarrollo del sector y conocer los recursos del país. Sin embargo, la falta de tradición y de interés contribuyeron a una escasa generación de información por parte del Estado, falta de controles y marco legal.

### Situación actual de la minería en Uruguay

A partir de los años 90 se le da un nuevo impulso al sector a través de la inversión privada, incrementando la prospección y exploración por metales, y dando así reinicio a ciertas actividades como, por ejemplo, la extracción de oro a cielo abierto en Minas de Corrales, Rivera.

#### MAPAS DEL CATASTRO MINERO



“A raíz de cambios radicales en la situación económica y que el precio de los *commodities* ha subido marcadamente en el mercado internacional, un número muy importante de yacimientos que en el pasado no eran viables económicamente, hoy pueden ser explotados con margen, por lo que hay una avidez por encontrar recursos minerales”, destaca Bologna. “Hace unos diez años el precio del oro se encontraba alrededor de US\$ 300 la onza, llegó a un pico de US\$ 1900 el año pasado y actualmente descendió un 15% de sus valores máximos. Si bien los costos de explotación también han aumentado significativamente, de cualquier manera la ecuación económica resulta favorable para yacimientos más costosos de explotar.”

Siguiendo la tendencia del sector a nivel global se produjo un incremento de la actividad de exploración por minerales metálicos y energéticos en el territorio nacional. Se implementaron, por primera vez en el país, proyectos mineros de gran escala y complejidad. Se destacan los estudios del yacimiento de hierro en zona Valentines, explotación a cielo abierto del yacimiento de oro El Arenal y, en modalidad a cielo abierto y subterránea, en Minas de Corrales.



## Impacto de la minería en el Uruguay productivo

Bologna comenta: “La minería en la economía de algunos países como Chile es muy importante. Hay un aforismo que reconoce esto ‘cómo va el cobre va Chile’. El país trasandino cuenta con aproximadamente un 30% de las reservas mundiales de cobre y produce el 50% del cobre utilizado en el mundo. Su industria minera representa alrededor del 8% del PBI, con PBI per cápita alto. Aunque últimamente la República de Chile ha disminuido su dependencia del cobre, de todas formas tiene una marcada influencia sobre la economía chilena donde un porcentaje significativo de los ingresos fiscales deriva de la minería; esto no ocurre en nuestro país con ningún mineral”.

En Uruguay la minería apenas representa, en media, el 0,25% del PBI (1997-2010), estabilizándose en los últimos años en el entorno del 0,3%. Es decir, nuestro país no ha puesto el foco en la explotación de sus riquezas minerales.



Además complementa: “En los últimos tiempos de una economía de consumo mundial, los países emergentes como India y China, han elevado los precios de los *commodities*. Entonces el cobre, hierro, cobalto, níquel y otros minerales incrementaron su valor sustancialmente, haciendo posibles emprendimientos que antes eran deficitarios. Por lo tanto, la minería de porte llegó finalmente al Uruguay. Es en este contexto en el cual la industria de la minería se está empezando a desarrollar, no hay personal formado en ingeniería de minas en el país, por lo que el Ministerio de Industria Energía y Minería (MIEM), a través de la Dirección Nacional de Industria (DNI) y la Dirección Nacional de Minería y Geología



(DINAMIGE), se acercó a la Facultad de Ingeniería para ver cómo podíamos llegar a una solución”.

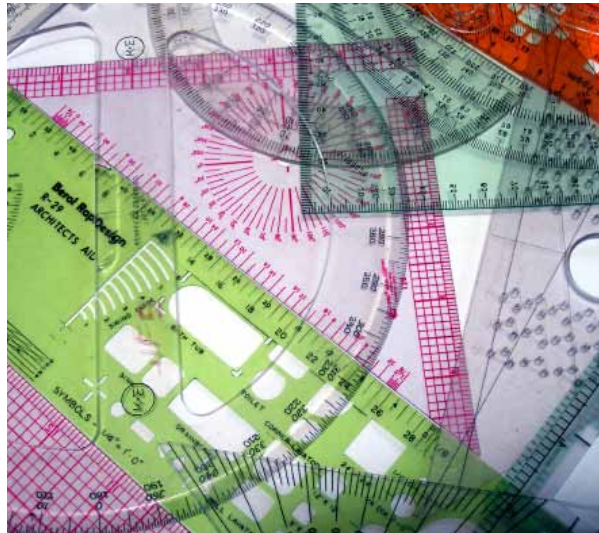
## Diploma de Especialización en Ingeniería de Minas

El pujante desarrollo de una nueva industria en el país trae consigo una demanda agregada de conocimiento para el personal que debe emplearse, tanto en las empresas explotadoras, como en los entes reguladores; como por ejemplo en la DINAMIGE del Ministerio de Industria, Energía y Minería, la Dirección Nacional de Medio Ambiente (DINAMA) dependiente del Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial, y Medio Ambiente (MVOTMA), donde se necesitan profesionales calificados para poder controlar adecuadamente los proyectos, la explotación, su impacto en el medio ambiente, y el eventual cierre de la mina.

En medio de esta coyuntura se realizó un convenio entre la Facultad de Ingeniería y el MIEM para la creación del Diploma de Especialización en Ingeniería de Minas que es, según el profesor, “una reacción rápida y, esperamos, de

excelente calidad formativa como aporte de la Facultad de Ingeniería y la Universidad de la República hacia el país y la sociedad para impulsar lo que necesita el Uruguay.”

La duración del diploma será de un año y medio y estará orientado a brindar una formación básica en ingeniería de minas en un nivel de especialización, comparado con la región. La titulación está orientada a profesionales afines a la temática que busquen profundizar sus conocimientos. “Una carrera de grado son 5 años nominales de cursos más todo el proceso de armado, aprobación,

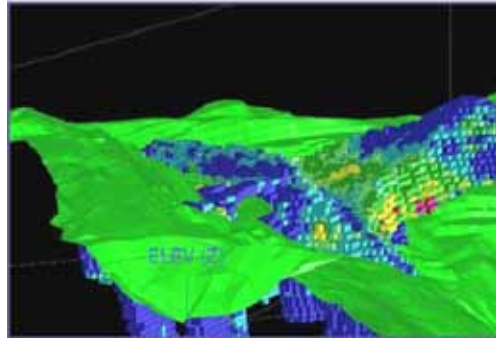


etc. Estos no eran plazos razonables para poder implementar un grado en Ingeniería de Minas; la Facultad de Ingeniería propuso al MIEM tomar Ingenieros y otros profesionales que pueden tener afinidad por su formación anterior con el área y especializarlos en esta temática con un horizonte bastante más corto.

Al mismo tiempo que implementamos este diploma, estamos empezando a formar un Grupo de Trabajo en Minería en donde se realicen desarrollos, asesoramientos y finalmente investigación aplicada en el área. Esto requiere formar gente especializada, lo que llevará algún tiempo de aprendizaje, pero para que el desarrollo sea sostenible en calidad y en cantidad resulta imprescindible la formación de profesionales dentro de la Facultad de Ingeniería y de la Universidad de la República abocados a la misma”, explica Bologna.

## Temática y desarrollo del diploma

“El diploma tendrá tres grandes áreas, cada una representando unas 100 horas de clase en aula: yacimientos y prospección, donde se estudiará los recursos mineros del país, su geología, el código minero y materias específicas del área de yacimientos (mecánica de rocas, avalúo y metodología de prospección). El siguiente tercio se basa en todas las operaciones extractivas y de explotación, haciéndose una diferenciación específica entre minería a cielo abierto y minería con galería subterránea. El último tercio del diploma va a centrarse en el procesamiento de minerales: molienda, clasificación, beneficiamiento, etc., complementado con una fuerte formación en medio ambiente y seguridad en minas”.



Como en el país, en lo referente a este tema, no se cuentan con recursos humanos calificados debido a la falta de demanda sufi-

ciente, se hicieron contactos regionales para conocer la capacidad disponible. “Los contactos nos llevaron a Brasil, a la Universidad Federal de Río Grande Do Sul, en el Departamento de Ingeniería de Minas. Aproximadamente el 75% del diploma va a ser dictado por docentes extranjeros especializados en el tema, quienes están constantemente en contacto con la vida minera de Brasil y otras partes del mundo. El resto del diploma sobre todo en la parte de Geología, aspectos legales, y de medio ambiente estará a cargo de docentes locales altamente calificados”, aclara el profesor.

## Reflexión final

“IncurSIONAR a fondo en la minería era un tema un tanto pendiente en la Universidad de la República y en el país, a pesar de que existen algunos ejemplos de calidad en esta área. Lógicamente, el nuestro es un país pequeño y nuestra Universidad es una institución con recursos limitados, que debe ser cuidadosa en su administración. Se deben concentrar los esfuerzos.

La coyuntura de estos tiempos trajo la minería al tapete y vamos a realizar un esfuerzo concentrado para lograr un excelente nivel en un área en la que los recursos minerales son perecederos, y debemos hacer buen uso de los mismos para impulsar el país. Quizás este es un terreno en el que deberíamos haber incurSIONADO antes, pero no todo se puede emprender siempre.

La idea de este diploma es formar recursos humanos capaces de insertarse en el medio, pero aspiramos también, a producir conocimiento. Nuestro esfuerzo no es de corto plazo, ya que al mismo tiempo que implementamos este diploma, estamos formando un grupo interdisciplinario en minería donde se desarrolle, asesore e investigue en el área. Requerirá tiempo, además de un aprendizaje, para formar gente especializada. Para desarrollar el área en forma sostenible en calidad y en cantidad resulta imprescindible la formación de profesionales dentro de la Facultad de Ingeniería y de la Universidad de la República, para que comiencen, de a poco, a aportar a la realidad del país”. ■



