



Ingeniero Bernardo Quintana Arrijo, uno de los fundadores del IIUNAM  
(Fotografía del Archivo Histórico Fundación ICA)

## Editorial

Las pasadas semanas fueron especialmente ricas en premios y reconocimientos a distinguidos colegas que mucho honran a la ingeniería mexicana y a nuestro Instituto. Estos son, cronológicamente:

- ♦ *Orden Mexicana de la Medalla de Honor Belisario Domínguez*, del Senado de la República, al ingeniero Gilberto Borja Navarrete, por sus contribuciones a la construcción y desarrollo de la infraestructura del país, así como por su generosa participación en actividades filantrópicas.
- ♦ Depósito de los restos del ingeniero Bernardo Quintana Arrijo en la *Rotonda de las Personas Ilustres*, por sus contribuciones excepcionales a la Patria, en las que destaca la planeación y

construcción de la infraestructura más relevante del siglo XX en México, así como la fundación de instituciones educativas y empresariales.

- ♦ *Premio Universidad Nacional* al doctor Miguel P Romo Organista, por la generación de conocimiento y tecnología relacionados con el comportamiento de suelos y el diseño de cimentaciones y obras térreas.

## Índice

• Editorial	1	• La ubicación del ingeniero en el futuro de México	10
• Premio Universidad Nacional 2005	4	• Forjadores del Instituto	12
• Distinción Universidad Nacional 2005	5	• Estancia sabática	13
• Premio a la mejor tesis de ingeniería ambiental	7	• Profesores visitantes	14
• Premio León Bialik a la Innovación Tecnológica 2005	8	• Noticias	14
• Convenios	8	• Tesis graduada	15

- ♦ *Distinción Universidad Nacional para Jóvenes Académicos* al doctor Rodolfo Silva Casarín, por sus contribuciones a la hidráulica marítima, especialmente al estudio de la hidrodinámica de cuerpos sujetos a acciones de oleaje y corrientes.
- ♦ *Premio Nabor Carrillo Flores a la Investigación*, del Colegio de Ingenieros Civiles de México, también a Miguel P Romo Organista.
- ♦ *Premio José A Cuevas* al mejor artículo técnico de ingeniería civil publicado durante 2003, del Colegio de Ingenieros Civiles de México, a la doctora Sonia Elda Ruiz Gómez, por su trabajo sobre el empleo de disipadores de energía para refuerzo sísmico de edificios.
- ♦ *Premio Tecnos 2005*, que otorgan el Gobierno del Estado de Nuevo León, así como varias universidades, asociaciones y empresas del mismo Estado, a los doctores Germán Buitrón Méndez y Jaime Moreno Pérez, por su investigación sobre el control óptimo de biorreactores para el tratamiento de aguas residuales industriales.

En su discurso de aceptación de la Medalla, Gilberto Borja hizo especial énfasis en la importancia que para el país debe tener la planeación del desarrollo, así como la prevención de desastres (parte y consecuencia de una planeación regional adecuada). Ambos temas, la planeación y la prevención de desastres, son muy cercanos al quehacer académico del IIUNAM. Baste mencionar la reciente constitución, por iniciativa de este Instituto, del Consejo Consultivo sobre Sismos, donde el ingeniero Borja funge como presidente. Nos sentimos muy distinguidos por la amistad y apoyo que este hombre de excepción dispensa al Instituto.

El traslado de los restos mortales de Bernardo Quintana Arrijo a la Rotonda de las Personas Ilustres es, ante todo, un acto de justicia. Más allá de los innumerables atributos del ingeniero Quintana, de sus aportaciones, capacidad de liderazgo y ejecución de proyectos, de su lealtad a las instituciones que lo formaron y a las que él mismo dio vida, así como de su vida personal y familiar ejemplar, fue relevante su talento para fundar y desarrollar instituciones como nuestro Instituto y el Grupo ICA. El Instituto de Ingeniería se siente honrado de que uno de sus fundadores descanse en el lugar más alto que reserva la Nación Mexicana para sus hijos.

Los premios, por demás justos y merecidos, recibidos por nuestros colegas investigadores Miguel P Romo, Rodolfo Silva, Sonia Ruiz, Germán Buitrón y Jaime Moreno son motivo de júbilo y orgullo para nuestra institución. Miguel se une a otros nueve investigadores del Instituto que han recibido el *Premio UNAM*, otorgado en 21 ocasiones. Rodolfo es el octavo ganador de la *Distinción Universidad Nacional para Jóvenes Investigadores* que proviene del IIUNAM, de un total de 17 veces que se ha entregado el premio. Miguel y Sonia se incorporan al amplio grupo de colegas galardonados por el Colegio de Ingenieros Civiles de México, en diferentes modalidades. Finalmente, Germán y Jaime, recibieron el reconocimiento a la competencia mexicana en tecnología, un premio instaurado en 1999 en el que han participado más de mil proyectos de tipo tecnológico. A todos ellos, ¡enhorabuena!

Adicionalmente, a fines del mes pasado, el *Premio Nacional de Ciencias y Artes*, en el área de investigación en ciencias exactas, correspondió a Shri Krishna Singh. El doctor Singh, adscrito como investigador al Instituto de Geofísica de la UNAM, es asesor de nuestro Instituto desde hace varios lustros y es el sismólogo mexicano más importante en la actualidad. Nos congratulamos por tenerlo como colaborador y asesor.

Se hizo entrega además del *Premio León Bialik para la Innovación Tecnológica 2005*, otorgado por la familia Bialik y el Instituto de Ingeniería. Los ganadores del premio, en su undécima edición, fueron Luz María López, Jorge Valencia y Karen Manoutcharian, del Instituto de Investigaciones Biomédicas de la UNAM. Su investigación trata sobre el desarrollo de un método para diagnosticar la tuberculosis. Al Instituto de Ingeniería le complace fomentar la innovación tecnológica a través de estímulos como el Premio León Bialik. ¡Muchas felicidades a los ganadores!

Por otra parte, durante estas semanas han tenido lugar varias reuniones del CTIC, dirigidas a plantear políticas para el desarrollo futuro del subsistema. Varios de los temas discutidos están planteados en el Plan de Desarrollo 2003-2007 del IIUNAM. Entre ellos, destaca la conveniencia de que cada entidad académica se evalúe periódicamente a través, por ejemplo, de grupos externos formados para cada disciplina o campo de conocimiento. Estos grupos externos fungirían como asesores y opinarían especialmente sobre: a) la perti-



nencia, relevancia, originalidad, rigor, aplicabilidad y suficiencia de los resultados para la solución de problemas nacionales, b) la publicación de los resultados en medios de amplia circulación y arbitraje estricto, c) la difusión de los resultados a través de libros, ponencias, conferencias, etcétera, d) la dirección de tesis graduadas, e) las asignaturas impartidas frente a grupo en programas de la UNAM, y f) la dirección de grupos, incluyendo estudiantes. Los grupos asesores estarían compuestos por colegas de la práctica profesional, así como por investigadores de reconocimiento internacional.

Se ha discutido también el fortalecimiento de las comisiones dictaminadoras y los consejos internos, para que las evaluaciones del personal y la mayor parte de las decisiones académico-administrativas se tomen en estos cuerpos colegiados. La propuesta es que las comisiones dictaminadoras estén integradas en su totalidad por miembros externos a la entidad, e incluso, por colegas del extranjero. De este modo, la Comisión de Asuntos Académico-Administrativos del CTIC evaluaría casos de promoción, definitividad, o bien algún conflicto entre los evaluadores previos, y serviría como un

mecanismo de control de calidad al revisar los casos de manera aleatoria.

En el sentido de la evaluación, se ha discutido muy ampliamente sobre los beneficios de evaluar cualitativamente el desempeño a través de los informes anuales, poniendo especial cuidado en el cumplimiento de objetivos y metas planteados en el programa de trabajo de los académicos que los consejos internos aprueban, los cuales, a su vez, deben ser acordes con el Plan de Desarrollo Académico de la entidad. Este aspecto pone de manifiesto la relevancia de contar con los planes para las diferentes disciplinas de nuestro Instituto.

Dentro de la evaluación, se ha comentado el fomento al desarrollo de proyectos multidisciplinarios y/o multianuales, característicos de la investigación de sistemas complejos de varias entidades (como nuestro Instituto). Estos últimos puntos están ya siendo discutidos en el Consejo Interno.

Otro tema en discusión es la conveniencia o no de contratar únicamente jóvenes con posdoctorado, sien-



Ingeniero Gilberto Borja Navarrete recibiendo la Medalla de Honor Belisario Domínguez, del Senado de la República

do la práctica del posdoctorado común en otros campos, y no en ingeniería. Asimismo, se ha señalado la conveniencia de contratar investigadores que provengan de otras universidades o bien de la propia UNAM, pero que hayan desarrollado estancias académicas fuera. Para las nuevas contrataciones, se plantearía usar una figura diferente del *contrato para obra determinada* con el fin de eliminar los problemas laborales que ha afrontado la UNAM.

A través de este medio les exhorto a opinar sobre estos temas, sea con el doctor Efraín Ovando, representante del personal académico ante el CTIC, a través del Colegio Académico del Instituto, o con un servidor. El CTIC tomará decisiones a principios de diciembre.

Sergio M Alcocer Martínez de Castro

**Premio Universidad Nacional 2005,  
en innovación tecnológica y diseño  
industrial, a Miguel Romo**

(Semblanza tomada de *Gaceta UNAM*)

Miguel Pedro Romo Organista es un universitario que ha dado renombre a la ingeniería mexicana y a la UNAM, no sólo como generador de investigación de primer nivel de gran repercusión en la sociedad sino también como formador de recursos humanos y difusor de cultura.



Integrante de la élite mundial en geotecnia e ingeniería sísmica, Romo Organista ha sido precursor de ideas nuevas en muchos campos de ambas áreas y sus investigaciones han contribuido a cambiar viejas concepciones, introducir novedosos conceptos y enriquecer teorías vigentes.

Pocas personas, cuando escuchan hablar de presas mexicanas tan importantes como Aguamilpa, La Parota, El Cajón —considerado el proyecto más importante del sexenio actual para generar electricidad—, El Infiernillo, La Villita o Chicoasén, imaginan todo el trabajo que hay detrás de ellas para hacerlas seguras y a prueba de sismos. Pocas también saben que en esa importante labor está buena parte de las investigaciones de un universitario prominente.

Ése es Miguel Pedro Romo Organista, un hombre que lleva 37 años realizando estudios en el campo de las presas de tierra y enrocamiento, que lo han llevado a hacer importantes aportes a la ingeniería nacional. Sus investigaciones han contribuido decisivamente a la racionalización y mejoramiento de los métodos de diseño estático y sísmico de esas estructuras. Fue precursor en el medio internacional del desarrollo de programas computacionales basados en técnicas de elementos finitos, que permitieron simular el proceso constructivo de presas. Éstos permitieron explicar fenómenos como la plastificación de ciertas zonas de estas estructuras térreas y la interacción mecánica por redistribución de esfuerzos entre el corazón impermeable y los respaldos de la cortina, lo que fue definitivo en el conocimiento de estas grandes obras.

Después del terremoto de 1985, que devastó algunas zonas, Romo intensificó sus investigaciones sobre el comportamiento dinámico de las arcillas de la ciudad de México y desarrolló un modelo que expresa las propiedades dinámicas de estos suelos en términos de propiedades índice. Cinco meses después de ese evento sísmico, demostró que con procedimientos en cuyo estudio había sido pionero, cinco años antes junto con dos colegas estadounidenses, era posible reproducir los principales rasgos de los movimientos sísmicos registrados en el valle de México.

Con investigaciones de utilidad concreta para resolver los severos problemas del DF debidos a las características de su terreno y la alta sismicidad de la zona,



Romo elaboró un procedimiento que hizo mucho más confiable el diseño de los túneles del Sistema de Drenaje Profundo.

Ya desde su tesis de maestría, Romo Organista mostró lo que sería su trayectoria profesional: innovadora, trascendente y con grandes aportes que tienen un beneficio concreto en la sociedad. Su tesis para obtener el grado fue pionera —junto con otro estudio derivado de ella— en el análisis de las deformaciones de taludes y presas, y sentó un precedente en el uso acoplado de modelos numéricos y análisis adimensional para desarrollar procedimientos sencillos y confiables de diseño.

Romo Organista estudió ingeniería civil en la Universidad Autónoma de Guadalajara, donde obtuvo el título con la tesis *Determinación de la capacidad de carga, distribución de esfuerzos y asentamientos en cimentaciones superficiales*. Hizo la maestría en mecánica de suelos en la UNAM, grado que logró con la tesis *Análisis de estabilidad de taludes en términos de sus deformaciones exteriores*. El doctorado lo realizó en la Universidad de California, en Berkeley. Su trabajo de investigación fue *Soil-structure interaction in a random seismic environment*.

Desde 1984, es profesor en la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería, donde ha impartido la materia de dinámica de suelos y diseño de cimentaciones y obras térreas bajo cargas dinámicas, entre otras. Además, es profesor de diversos cursos internacionales en la División de Educación Continua, y encabeza la Coordinación de Geotecnia del IIUNAM, al que le ha dado un gran prestigio al diversificar las líneas de investigación e incrementar la calidad y el número de alumnos que participan en los proyectos de estudio. Desde 1993 tiene el nivel D en el Programa de Primas al Desempeño del Personal Académico, y es miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 1984, manteniendo el nivel III desde 1990.

Romo Organista es integrante de la Academia Mexicana de Ingeniería, de la American Society of Civil Engineers y participa en comités técnicos de la Sociedad Internacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería Geotécnica, así como en la Comisión Internacional de Grandes Presas.

Además de las líneas de investigación ya mencionadas, el especialista tiene aportaciones significativas en suelos no saturados, interacción suelo-estructura y cimentaciones en suelos blandos. En los últimos cinco años, Romo ha incursionado en técnicas basadas en teorías de inteligencia artificial, como redes neuronales artificiales y sistemas neurodifusos, para analizar problemas geotécnicos y geodinámicos.

Sus aportes están contenidos en 405 documentos en revistas, memorias de congresos especializados (nacionales e internacionales), libros y reportes técnicos. La trayectoria internacional de este científico mexicano es amplia: ha impartido conferencias, publicado en prestigias revistas científicas y dado asesorías profesionales en prácticamente todos los continentes. Recientemente la International Association for Computer Methods and Advances in Geomechanics le otorgó el *Excellent Contributions Award*, por sus soluciones innovadoras a problemas geotécnicos de ingeniería sísmica.

El trabajo del doctor Miguel Pedro Romo es un ejemplo de la investigación que se realiza en la UNAM y en México, con rigor intelectual, creatividad y, sobre todo, con un gran énfasis en la búsqueda de soluciones a los problemas de la sociedad.

**Distinción Universidad Nacional  
para Jóvenes Académicos 2005, en  
innovación tecnológica y diseño  
industrial, a Rodolfo Silva Casarín**

(Semblanza tomada de *Gaceta UNAM*)

Cuando se habla en los círculos académicos y científicos mexicanos y extranjeros sobre erosión y acreción de playas, diseño de estructuras de protección de litorales, sistemas para la predicción de condiciones oceanográficas ante la presencia de huracanes o estimaciones sobre riesgos debidos a la presencia de *tsunamis*, siempre surge el nombre de un joven universitario distinguido, ilustre, tenaz y comprometido con nuestro país: Rodolfo Silva Casarín.



Formado en las aulas universitarias de la entonces Escuela Nacional de Estudios Profesionales (ENEP) Acatlán, Rodolfo Silva ha rebasado las fronteras de la UNAM y de México, para difundir y aplicar sus conocimientos donde éstos han sido requeridos, sea en Granada o en puertos de las regiones de Cantabria y Cataluña, España, o en el Reino Unido. En ambos países, este doctor en ingeniería ha desarrollado diversos proyectos de investigación en la línea que escogió desde que concluyó su licenciatura: la ingeniería de costas y puertos. Su metodología para el diseño de estructuras de protección de litorales ha sido aplicada al diseño de rompeolas en Pasajes, España, y también en la bahía de Panamá.

Sus desarrollos tecnológicos, tan trascendentes en una época en la que los huracanes, ciclones, *tsunamis* y otros fenómenos naturales parecen cada vez más devastadores, son conocidos y han sido publicados y referidos en países como Estados Unidos, Inglaterra, Brasil, Cuba, Colombia, Francia, Panamá, Australia. En la Universidad de Cantabria fue investigador ayudante y en Inglaterra, en la Universidad de Oxford, fue profesor invitado.

Miembro de la American Society of Civil Engineering desde 1999, entre otras asociaciones científicas, este ingeniero mexicano es autor de quince artículos con arbitraje internacional, indexados en el *Journal of Citation Index* y otros quince publicados como capítulos de libros indexados en el *Cambridge Scientific Abstracts*; cinco artículos en revistas nacionales con arbitraje; 69 en memorias *in extenso* con arbitraje internacional; y 24 en memorias *in extenso* con arbitraje nacional.

El Instituto de Ingeniería acaba de publicar su libro *Análisis y descripción estadística del oleaje*. Es coautor de tres capítulos de libros; seis ponencias internacionales con arbitraje y dos nacionales con arbitraje.

Innovador, visionario y consciente de los problemas y carencias de nuestro país, Rodolfo Silva no se ha olvidado ni de México ni de la UNAM. Si en nuestro país la aplicación de los conocimientos de la ingeniería para el diseño de puertos, instalaciones costeras y desarrollos marítimos ha sido muy escasa y los especialistas dedicados a estos temas también son pocos, Rodolfo Silva ha solucionado problemas de erosión y acreción de la playa de Cancún, así como de las cercanas a las centrales termoeléctricas de Rosarito, en Baja California, y Tuxpan, en Veracruz. Debido a su método para calcular el riesgo en estructuras ante la presencia de *tsunamis* y para la predicción en tiempo real del comportamiento de oleajes y huracanes, la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) han puesto en marcha un sistema de alerta para municipios costeros.

Silva ha desarrollado también un mecanismo para la predicción de las condiciones oceanográficas generadas por la presencia de huracanes en las costas mexicanas; sus estudios sobre diques arrecife han solucionado problemas de erosiones costeras en el oeste de Boca del Carmen y Sánchez Magallanes, en Tabasco; y fue revisor de los proyectos de ampliación del Puerto de Veracruz y de la hidroeléctrica La Parota.

La contribución de Rodolfo Silva se ha canalizado también a la elaboración de normas y procedimientos relativos a los litorales nacionales, las playas y la zona federal marítima, para dependencias como la SEMARNAT, el Instituto Mexicano del Transporte y la CFE. Asimismo, ha elaborado proyectos de investigación para organismos como el Fondo Nacional de Fomento al Turismo, la CFE, Petróleos Mexicanos y el gobierno de Tabasco, por mencionar algunos.

Rodolfo Silva estudió las licenciaturas en ingeniería civil, en Acatlán, y en ingeniería de caminos, canales y puertos, en la Universidad de Cantabria, en España; las maestrías en administración de empresas en la Universidad de Chapultepec, y en ingeniería oceanográfica, en la Universidad de Cantabria, así como el doctorado



en ingeniería de caminos, canales y puertos en la misma casa de estudios española. Actualmente, es investigador titular B de tiempo completo en el Instituto de Ingeniería, profesor de asignatura A en la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería y nivel II del Sistema Nacional de Investigadores.

En su trayectoria profesional ha sido muy importante la docencia. En el posgrado y la licenciatura de la Facultad de Ingeniería y de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, ha sido profesor de 38 asignaturas, catedrático en las universidades Autónoma de Campeche y de Colima, y profesor visitante en la Universidad de Oxford. Es también miembro del Claustro de la Maestría del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología.

Su campo de estudio tiene una gran importancia desde el punto de vista económico, ambiental y social. El mar es trascendente para México, no sólo porque tenemos 11 mil 500 kilómetros de costa, tres millones de kilómetros de aguas territoriales y 130 lagunas costeras, sino porque dos de las industrias nacionales más importantes —el petróleo y el turismo— dependen de la conservación de las costas. Aunado a ello, 80 % de las exportaciones mexicanas se realizan a través de los puertos y la falta de infraestructura adecuada limita su crecimiento.

Por todo ello, el trabajo de Rodolfo Silva y sus aplicaciones prácticas son de gran importancia para la solución de algunos problemas que impiden el desarrollo de México.

### **Premio a la Mejor Tesis de Ingeniería Ambiental**

Karina Minerva Martínez Pérez, becaria del IIUNAM, obtuvo el Premio a la Mejor Tesis de Ingeniería Ambiental, de maestría, con la investigación *Automatización y control de un proceso acoplado anaerobio-aerobio para la degradación de efluentes industriales*, dirigida por el doctor Germán Buitrón, y con la que obtuvo también mención honorífica el pasado 19 de agosto.

Dicho Premio es otorgado por el Colegio de Ingenieros Ambientales de México, AC, y fue entregado el

14 de octubre en el *XIII Congreso Internacional de Medio Ambiente*, celebrado en el World Trade Center de la Ciudad de México.

La investigación presenta los métodos convencionales para el tratamiento de aguas residuales, que en la actualidad resultan ineficaces para lograr la eliminación de compuestos altamente tóxicos y cumplir con las exigencias requeridas de calidad del agua, y propone la combinación de un proceso anaerobio-aerobio como alternativa viable ante esta problemática. Además de procesos de tratamiento eficaces, considera la necesidad de estrategias y variables de control adecuadas, que eliminen la necesidad de mediciones frecuentes con equipos costosos, para aumentar la eficiencia del proceso.

El potencial de óxido-reducción (ORP) es una variable que permite encontrar el fin de la etapa anaerobia de un proceso anaerobio-aerobio durante la degradación de compuestos nitroaromáticos (p-nitrofenol), mediante un algoritmo de control suficientemente sensible para determinar cuándo sucede la máxima degradación del compuesto y dar por terminada la etapa anaerobia.

El objetivo de esta tesis fue acoplar una estrategia de control en la fase aerobia del reactor anaerobio-aerobio, a fin de contar con un proceso completamente automatizado, que tuviera como variable de control el potencial de óxido-reducción (ORP) y como variable de respuesta el carbono orgánico total (COT). En este caso, el algoritmo se basa en detectar cuándo la señal del ORP ha subido lo suficiente desde su valor negativo inicial y se mantiene más o menos constante en un valor (idealmente positivo). Este algoritmo de control fue denominado AUTODETECT y operó exitosamente. Las eficiencias de remoción del COT resultaron alrededor del 90 %; esto es, una mineralización casi completa del tóxico. También, se realizaron estudios con otros dos efluentes: el primero conteniendo 2-4 de diclorofenol, y el segundo, agua residual sintética con el colorante naranja ácido 7.

La estrategia establecida detectó una inflexión en el ORP durante la etapa anaerobia que indicó el final de la reacción. La eficiencia de remoción del COT al final de la reacción anaerobia-aerobia fue de 80 a 90 %.



## Premio León Bialik a la Innovación Tecnológica 2005

El lunes 7 de noviembre en el Auditorio José Luis Sánchez Bribiesca de la Torre de Ingeniería, los doctores Luz María López Marín, Karen Manoutcharian y el biólogo Jorge Valencia Delgadillo —investigadores y estudiante, respectivamente, del Instituto de Investigaciones Biomédicas— recibieron el Premio León Bialik a la Innovación Tecnológica 2005. El premio se les otorgó por el trabajo *Identificación de Mycobacterium tuberculosis*, que presenta un método con cuyos reactivos es posible diagnosticar rápidamente la tuberculosis, enfermedad crónica producida por esta bacteria.

La investigación es importante pues los métodos tradicionales presentan un alto porcentaje de error o tardan hasta seis semanas o más en brindar el resultado y esta bacteria es altamente infecciosa. Es el microbio causante, por sí solo, del mayor número de muertes en el mundo.

Gracias a los estudios realizados, se ha comprobado que es posible sustituir los componentes del bacilo que reaccionan con anticuerpos por partículas virales genéticamente modificadas que sirven como reactivo de diagnóstico; es decir las partículas podrían sustituir distintos componentes de la bacteria. Además, a diferencia del cultivo del bacilo tuberculoso, su producción no implica un alto riesgo biológico, por lo que se podría procesar industrialmente y a bajo costo.

El Premio fue entregado por el doctor José Alberto Escobar, Secretario Académico del IIUNAM, acompañado en el presidium por los doctores José Sarukhán, Investigador Emérito y ex Rector de la UNAM, y Adalberto Noyola, Subdirector de Hidráulica y Ambiental, así como Isaac Shklar, nieto del profesor Bialik.

## Convenios

Programa *IMPULSA*

Con el fin de fomentar la investigación multidisciplinaria, la UNAM ha establecido el Programa de Investigación Multidisciplinaria de Proyectos Universitarios de Liderazgo y Superación Académica (IMPULSA).

Este programa promoverá trabajos de investigación científica de alto grado de complejidad que requieran la participación de investigadores en diferentes áreas del conocimiento, por lo que en ellos debe participar un mínimo de cuatro entidades universitarias. Los proyectos serán evaluados y tendrán seguimiento a través de un comité externo integrado por dos investigadores extranjeros y uno nacional, nombrado por el Rector a propuesta del CTIC.

El CTIC será responsable de dar seguimiento a estos proyectos, y un coordinador académico supervisará el adecuado funcionamiento de cada uno de ellos, actuará de enlace entre los investigadores participantes, solicitará los recursos económicos e informará sobre la evolución del proyecto.

El Instituto de Ingeniería está participando en este programa con el proyecto *Desalación de agua de mar*, en el que colaboran los centros de Ciencias de la Atmósfera, de Investigación en Energía, y de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico, así como los Institutos de Geofísica, Investigación en Materiales, y Ciencias del Mar y Limnología.

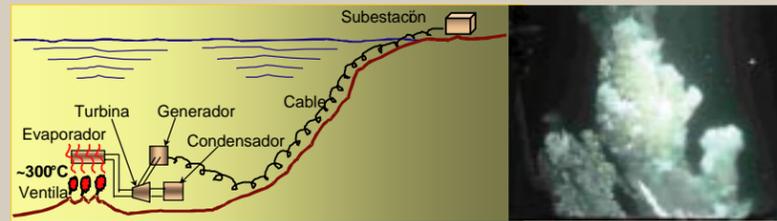
*Desalación de agua de mar* es un proyecto IMPULSA cuyo objetivo es buscar soluciones en el área de suministro, estudiando las técnicas más apropiadas para la desalación de agua de mar y aguas salobres, en particular aquellas que utilizan energías renovables.

La escasez de agua es un problema mundial. En México esta situación se debe principalmente a la mala distribución del agua: abundante en el Sureste, escasa en el Noroeste y el altiplano; el agotamiento de acuíferos a consecuencia de la sobreexplotación de aguas subterráneas en catorce Estados; la intrusión salina en acuíferos cercanos al mar especialmente en Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa y Guerrero; el incremento del consumo urbano, en Tijuana, Ensenada, Hermosillo, Ixtapa, etcétera, y al desarrollo de zonas hoteleras donde hay poca agua como en Cozumel, Isla Mujeres y Los Cabos.

Para evitar que esta situación se agudice, es necesario mejorar todas las etapas relacionadas con el manejo del agua: captación, conducción, distribución, uso eficiente en riego, industria y domicilios, tratamiento, reúso, etcétera.



Turbogenerador binario



Cogeneración: producción de agua desalada y de energía eléctrica

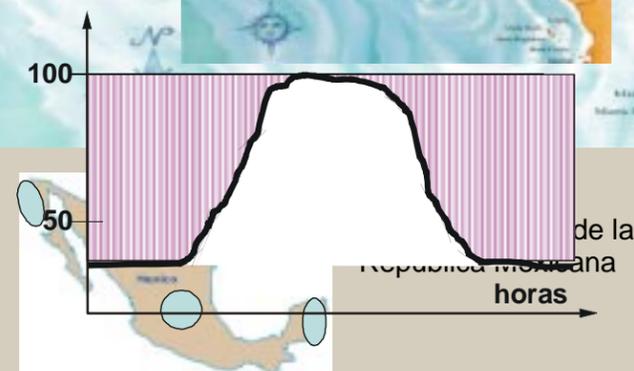
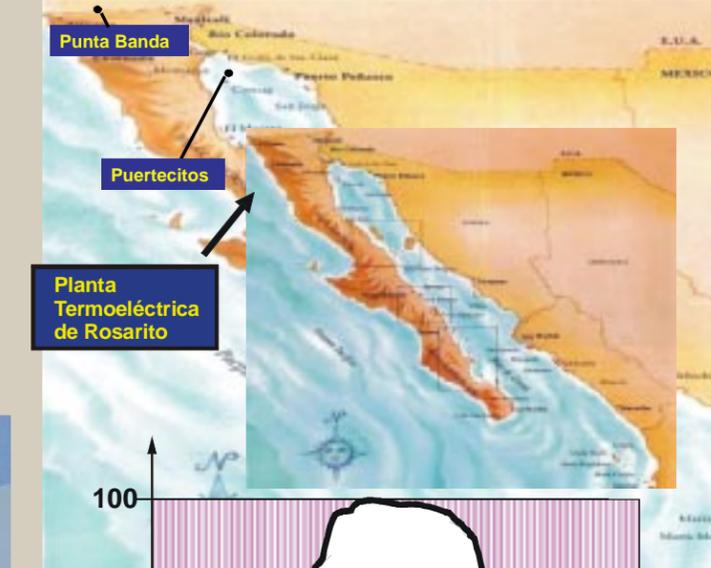
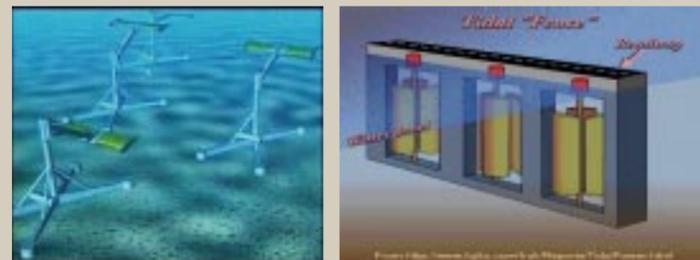
Ventilas submarinas de alta temperatura



Existen manantiales de agua caliente junto a la costa

MW %

Disponibilidad de energías renovables para apoyar directa o indirectamente la desalación



Actualmente, países sin agua y con muchos recursos de petróleo y gas, como son Arabia Saudita, Barahein, Omán y Kuwait, han encontrado en la desalación una solución, pues obtienen prácticamente el 90 % del agua gracias a este método.

Los alcances del Proyecto comprenden la formación de un grupo técnicamente capacitado y conocedor de las tecnologías más modernas de desalación, para apoyar a las instituciones responsables en la toma de decisiones sobre el tema, lo que implica:

- Desarrollar tecnología propia, o adaptar la ya existente, para nichos específicos de la realidad mexicana
- Conocer el potencial de las energías renovables del país que se pudieran utilizar en forma directa o indirecta para desalar agua de mar
- Organizar y poner en marcha un mapa de desarrollo tecnológico para desalación de agua de mar
- Detectar temas específicos e iniciar proyectos de investigación básica en desalación.

Para que el proyecto sea exitoso, se planea consolidar un grupo de expertos en este tipo de tecnologías, capaz de comparar con fundamento las alternativas existentes y desarrollar otras nuevas para desalar con energías renovables en nichos específicos, conocer la disponibilidad de energías renovables para apoyar directa o indirectamente la desalación y elaborar un mapa de desarrollo tecnológico de desalación y temas de investigación básica. En el desarrollo de nuevas tecnologías para desalar agua hay que tener en cuenta las energías renovables de que disponemos: solar, térmica, fotovoltaica, eólica o marina.

También se realizarán cruceros hidrográficos de mapeo, identificación y caracterización de las ventilas submarinas profundas, estudios de ingeniería para el posible aprovechamiento de esta energía, bases para los estudios ambientales en el Mar de Cortés, además de otros estudios colaterales (geología, erosión, gas metano y minerales bentónicos).

En las actividades descritas, la UNAM ha establecido contacto y participado en discusiones con instituciones como el CICESE, Universidad de Sevilla, Plataforma Solar de Almería, Instituto Tecnológico Canario, Instituto Rabin de Desalación de Israel, MEDRC de Omán,

SWCC de Arabia Saudita, Bureau of Reclamation de Estados Unidos, IDA y EDS, CNA, CFE, PEMEX, FONATUR y SEMARNAT, con miras a consolidar acuerdos formales.

### **La ubicación del ingeniero en el futuro de México**



José Luis Fernández Zayas

La primera consideración para pensar en el futuro es que el mundo será uno de percepciones: el mundo se convierte en una realidad virtual. Se nos habla de cifras e indicadores que generalmente no se pueden verificar, pero que cuando se aceptan por la mayoría de las personas, se vuelven una realidad. No por ello se puede decir siempre que tales percepciones provienen de mediciones rigurosas y precisas. Por el contrario, se sabe que cada día que pasa los dueños de los medios de comunicación son los más eficaces en construir las realidades percibidas. Por ejemplo, es más relevante el capital personal de los hijos de un precandidato a la presidencia de México, que los millones de niños que mueren de SIDA en África.

Una muestra persistente de la virtualidad del futuro se observa en una gráfica muy conocida que presenta en el eje de las abscisas (o variables independientes) al producto bruto *per cápita* de las naciones en la OCDE, y en las ordenadas (o variables dependientes) a la inversión nacional en investigación, desarrollo e innovación (I+D+I) como fracción del producto. En esa presentación, México está entre los países más pobres, con un producto *per cápita* muy reducido, como el de Venezuela, y muy pobre inversión nacional en conoci-



miento, por lo que ocupa un lugar cercano al origen de la gráfica. En el otro extremo, en la región superior derecha, los EUA destacan con inversiones nacionales en I+D+I del orden de diez veces nuestro indicador. Así, algunos observadores concluyen que México es pobre porque no invierte lo suficiente en I+D+I. Otra lectura es que México no invierte en talento porque es un país pobre. Sin embargo, una encuesta reciente demuestra que casi el 60 % de los mexicanos dice que es muy feliz, y solo 8 % dudan de haber alcanzado un alto nivel de felicidad. Este país es uno de los más felices del mundo, como Nigeria, por lo que se puede preguntar si la felicidad, que es más importante que el dinero, viene con la pobreza y la ignorancia.

De manera congruente con lo anterior, se demuestra que la mayor parte de las ocupaciones actuales del ingeniero mexicano están relacionadas con procesos de producción de muy bajo valor agregado: en la industria de la transformación un 39 % de los recursos se destinan a productos de un valor menor de un dólar por kilogramo, como en la minería y la agricultura; un 29 % se asigna a tareas de baja intensidad tecnológica, como los plásticos, de valor menor a diez dólares por kilogramo; un 25 % se relaciona con productividades más relacionadas con destrezas y talento educado, como auto partes y maquinaria, con valores de 100 dólares por kilogramo, y sólo un 7 % de la actividad se relaciona con productos y servicios de más de 1000 dólares por kilogramo, como el *software*, medicamentos y alimentos nutracéuticos\*, biotecnología y telecomunicaciones. Es, sin duda, en estas áreas donde nuestros ingenieros serán más requeridos, donde mejores empleos y oportunidades de desempeño profesional se pueden esperar, y donde la promesa de las virtudes de un mundo global se expresa con más naturalidad.

Así, se puede afirmar que las carencias del presente, debidas a nuestro pronunciado subdesarrollo, serán la oportunidad de trabajo en el futuro. Y, como indica el valor agregado, será el talento de nuestros ingenieros lo que permitirá traducir la mayor visión de las oportunidades en resultados ganadores. El México del futuro tendrá las oportunidades que da la

---

\* Alimentos o ingredientes que, además de alimentar, ayudan a prevenir o retrasar enfermedades y mantienen la buena salud de sus consumidores

competitividad basada en el conocimiento. En otras palabras, la característica que mejor representará a las capacidades competitivas de nuestros ingenieros en el futuro, será precisamente la de equiparse rápida y eficientemente del conocimiento pertinente en cada circunstancia.

Hay algunas empresas nuevas que pueden llamarse casos de éxito, que ayudan a representar o a ejemplificar las ganancias tan notables que ocurren cuando el conocimiento se aplica de manera original. Una de ellas es productora de chapulín de exportación, ya que la entomofagia da lugar a un negocio creciente en algunos países asiáticos. Esta empresa debió diseñar su propia maquinaria para transformación y envase, así como formas novedosas de cosechar la materia prima. Otra es una empresa que produce hormas para zapatos, que fue desplazada del mercado cuando se dio la apertura comercial. Ahora es productora de las hormas más avanzadas del mundo y, después de recuperar su mercado original, ha empezado a exportar a Europa. Una más desarrolló tecnología avanzada para representaciones televisivas en tres dimensiones. Como éstas, hay al menos unas setecientas empresas más que, en los últimos cuatro años, han desarrollado ventajas competitivas basadas en el conocimiento y obtienen márgenes de utilidad gigantescos. Sin embargo, son pocas frente a cuatro y medio millones de empresas registradas formalmente en México.

La construcción de nuestra infraestructura (puentes, presas, productoras de petróleo y más) se ha calculado en unos 60 mil millones de dólares al año. La actividad industrial se encuentra a la mitad de lo que estuvo, pero aún así representa unos cien mil millones de dólares al año. Estas son las ocupaciones características de los ingenieros, donde se transforma la materia y los recursos para producir servicios y satisfactores. No cabe duda que en el propio atraso del país reside la principal esperanza de producción de riqueza, para crear las oportunidades que requieren los ingenieros para desempeñarse.

Sin duda, el futuro de México es mejor que su presente, y se construirá con base en el talento de los jóvenes, y en particular, de los ingenieros más competentes. Estos serán los que sepan desarrollar o adquirir el conocimiento pertinente en cada circunstancia, los que sepan trabajar en equipo y le tengan gusto al triunfo.

## Carlos Cruickshank Villanueva

*Las próximas guerras van a ser por el agua.  
Dar al agua un uso adecuado  
es indispensable para la  
preservación del vital líquido*



Empecé estudiando la carrera de física y la de ingeniería simultáneamente, pero conforme esto se fue complicando dejé la física y me dediqué a la ingeniería civil enfocada en la hidráulica, en parte porque quería seguir el mismo camino de mi padre, en parte porque siendo estudiante fui ayudante de investigador del doctor Enzo Levy con quien participé en estudios muy interesantes, como el de la Presa Santa Rosa. Además, cuando terminé la licenciatura, se abrió la maestría en hidráulica, e incluso estuve en Europa estudiando materias sobre hidráulica fluvial. A mi regreso me percaté de que había muy pocos especialistas en este tema y esto hizo que me interesará aún más.

Algunos años después, empecé la tesis de doctorado sobre un problema que acababa de ver en Europa: el derrumbe de las laderas de la presa Bayonde, que se vinieron abajo porque se formó una ola enorme en el vaso que era muy estrecho y mató como a cinco mil personas. Ese problema se podía presentar en algunas presas de nuestro país como la Angostura, Malpaso y otras. Sin embargo, de ello, en realidad, solo resultó un artículo, y mi investigación doctoral la realicé sobre cómo evitar el hundimiento en la ciudad de México.

Mi tesis doctoral fue el resultado de un cúmulo de experiencias adquiridas no solo en la UNAM sino también de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, donde trabajé como director de Aguas Subterráneas con el ingeniero González Ortiz. Allí, gracias a las clases que había impartido de geohidrología, mi labor encajaba muy bien.

En 1962 regresé de tiempo completo al II y trabajé en un proyecto de planeación de manejo de recursos hidráulicos, en el que tratábamos de enlazar una simulación de sistemas hidráulicos. En esta investigación participaron Ramón Domínguez y Fernando

González Villarreal. La idea era conectar ese simulador con el de un sistema económico. A final de cuentas el desarrollo de la economía condicionaba la demanda de agua, y este trabajo tuvo bastante aceptación por lo difícil del procedimiento.

En esta investigación se tomaron en cuenta las cuencas desde el río Lerma hasta Chapala, zona donde hay una serie de aprovechamientos, canales, sistema de riego, presas, hidroeléctricas y ciudades que requieren abastecimiento de agua potable. Se simulaba el comportamiento hidráulico de esta red que es bastante complicada, lo que nos permitía conocer los detalles en el presente; luego, para conocer lo que pasaría en el futuro, se planteó el modelo económico.

En el IIUNAM seguí trabajando sobre todo en modelación de sistemas de acuíferos. Me dediqué a simular numéricamente flujos en dos dimensiones, es decir a hacer la simulación tanto del flujo como de las características ligadas a él, como son el calor, sustancias contaminantes, etcétera. De la simulación numérica, sacamos el primer modelo que sirvió para analizar varios casos; por ejemplo, en Laguna Verde, donde la planta nuclear descarga agua caliente, se analizó la difusión del calor. También aplicamos el modelo a la termoeléctrica de Mazatlán. Posteriormente, hicimos la simulación en dos dimensiones y así la aplicamos en los casos de inundaciones en llanuras. Podría decir que la simulación numérica me llevó a estudiar esquemas numéricos a los que dediqué mucho tiempo.

De estos estudios surgió el interés, por parte de la UNAM y del DDF, de elaborar un modelo numérico del acuífero del valle de México. En la dirección de aguas subterráneas ya habíamos desarrollado un modelo numérico, el primero a nivel mundial junto con el que diseñó la Universidad de Berkeley. Nuestro modelo se aplicó posteriormente en España.



En el modelo del acuífero del valle de México había que considerar las características del suelo, porque nuestra ciudad se encuentra sobre una capa confinante de arcilla. Después de muchos estudios logré, por ahí de 1982, diseñar un modelo muy completo que consideraba todas las variables: las condiciones de frontera estaban bien, ubicaba las recargas donde debían estar, reconocía bien las evoluciones de los problemas estáticos y reproducía los hundimientos de la ciudad.

La investigación fue muy completa y la convertí en mi tesis doctoral, cuyo objetivo principal era probar qué podemos hacer para evitar que el hundimiento en la ciudad de México continúe. Para ello fue necesario detectar dónde hay que parar el bombeo y dónde inyectar agua. Esto que parece sencillo no lo es, pues uno de los materiales del suelo de la ciudad de México es la arcilla histerética, material cuyo comportamiento es difícil de determinar, ya que si uno le extrae el agua funciona de una manera pero si uno le inyecta agua se comporta de manera totalmente diferente. Tuve que hacer varios cálculos para conocer su comportamiento cuando se requiere inyectarle agua.

Uno de los principales problemas que se presentan en los acuíferos de nuestro país es que la recarga no compensa a la descarga. A partir de los años 30, la mayor parte de las descargas no son naturales, es decir, se está extrayendo mucho más de lo que se recarga. Actualmente se extrae un 70 % de los acuíferos para abastecer las necesidades de agua de la ciudad de México.

Esta extracción desmedida no sólo provoca hundimientos y el peligro de que los acuíferos desaparezcan, también puede provocar que el agua del acuífero se contamine, pues el nivel del agua es tan bajo que en realidad se está tomando arcilla e incluso material asentado, como lixiviados. Por otra parte, no existe un programa que evite el asentamiento de población sobre la zona de recarga. Generalmente se establecen ahí ciudades perdidas, que generan descargas difíciles de controlar y que, por tanto, van a ensuciar el suelo de los acuíferos.

Es decir, hay agua, pero en realidad se trata de aguas negras, por lo que una de las soluciones más viables es el tratamiento del agua. Es cierto que los tratamientos son caros, pero también es verdad que re-

sultan más económicos que lo que estamos haciendo, especialmente si consideramos que los daños afectan además a grandes infraestructuras, como el drenaje profundo, que es una obra muy costosa, cuya falla podría ocasionar una catástrofe. Desafortunadamente, este problema no se ha atendido, pues las obras necesarias para resolverlo no dan mucho prestigio político y, por tanto, no hay interés en resolverlo.

Otro problema es que en México usamos agua de buena calidad para la agricultura y la industria, cuando ésta debería ser sólo para consumo humano. Situaciones así se presentan en todos los estados de nuestra República.

En algunos artículos ya se plantea que las próximas guerras van a ser por el agua, por ello es el momento de que los políticos se interesen en estos problemas que afectan a la sociedad, o bien que los científicos se conviertan en políticos y tomen decisiones óptimas con buena planeación.

Haciendo unas reflexiones sobre las metas, las fortalezas y las debilidades del IIUNAM. El doctor Cruickshank dice que ser investigador del Instituto le ha brindado la oportunidad de estudiar problemas nacionales que requieren un enfoque científico para su solución. En sus inicios, el personal del Instituto tenía más interacción, ahora «como que nos hemos distanciado, a pesar de que se realizan algunos trabajos entre distintas coordinaciones. Sin embargo, los minicongresos nos han permitido conocer el trabajo que realizan los demás».

Al doctor Cruickshank le gusta leer simultáneamente cinco o seis libros, para no aburrirse sigue historias paralelas. Es aficionado a la música clásica y disfruta preparando su comida, especialmente las sopas y caldos. Además acostumbra hacer ejercicio, para fortalecer su columna.

### **Estancia sabática**

El doctor Francisco José Chávez García, investigador de la Coordinación de Ingeniería Sismológica, realizó una estancia sabática del 1 de octubre de 2004 al 30 de septiembre de 2005.

Los primeros seis meses colaboró en el Departamento de Física Aplicada de la Universidad de Almería, en España, con el doctor Francisco Luzón Martínez, trabajando sobre registros de vibración ambiental. El principal objetivo de esta labor fue estudiar la relación entre la correlación espacial de los registros calculada en el dominio del tiempo y la correlación de dichos registros calculada en el dominio de la frecuencia.

Durante su segundo semestre sabático estuvo en el laboratorio de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Cimentaciones, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Aristotélica de Tesalónica, Grecia, donde colaboró con el grupo liderado por el profesor Kyriazis Pitilakis, con quien continuó investigaciones conjuntas iniciadas hace siete años. Los trabajos desarrollados por este grupo permiten estudiar la influencia de una estructura compleja del subsuelo en el movimiento sísmico registrado en la superficie, y utilizan para ello la gran cantidad de información recopilada en Euroseistest, un valle aluvial estudiado con proyectos patrocinados por la Comunidad Europea. Los resultados obtenidos pueden ser utilizados en nuestro país, donde carecemos de recursos para experimentos de esa envergadura.

### Profesores visitantes

La doctora Dora Ángela Hoyos Ayala, coordinadora del Grupo GIGA y maestra del Departamento de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Universidad de Antioquia, Colombia, realizó una estancia de investigación en el Instituto de Ingeniería, del 23 al 30 de octubre.

Durante esa semana, la doctora Hoyos intercambió experiencias sobre procesos biológicos con los investigadores Adalberto Noyola, Germán Buitrón, Simón González, Juan Manuel Morgan y José Luis Martínez. Con esta visita, se profundiza la colaboración entre los grupos de trabajo en ingeniería ambiental de ambas instituciones.



Dentro de las actividades para celebrar el cincuentenario de la fundación del IIUNAM, la Coordinación de Geotecnia invitó al doctor Izzat M Idriss, profesor emérito de la Universidad de California en Davis, quien impartió la conferencia *Our current understanding of the nature of earthquake ground motions*



Doctor Izzat M Idriss

at soft soil sites, en el auditorio de la Torre de Ingeniería el pasado 13 de octubre.

### Noticias

El lunes 24 de octubre inició sus actividades el Canal Cultural de los Universitarios, TV UNAM-Edusat, que difundirá lo mejor de la cultura universitaria por el canal 144 de Cablevisión en el DF y el sistema de televisión por cable de cada localidad del país.

La televisión es un medio muy importante de comunicación, así es que ésta es una excelente oportunidad para poner al alcance de todos una programación de calidad, tanto de producción nacional como extranjera.

Este nuevo canal tiene cobertura nacional y además cuenta con el enlace continuo de más de 23 televisoras estatales educativas y culturales. Su propósito principal es acercar a la juventud mexicana al arte, danza, teatro, cine, literatura, filosofía, historia y arqueología, así como a las opiniones especializadas de algunos universitarios.

La televisora estará enriquecida además por convenios de colaboración con BBC World, de Gran Bretaña; ARTE, televisión cultural franco-germana; Deutsche Welle, televisión pública de Alemania; TV Vasca; TV SENAC, la televisión de la Universidad Senac, de Brasil; Canal A, de Argentina, y TV Ciudad, de Montevideo, internacionalmente. En México la colaboración será con ILCE, Instituto Latinoamericano de la Comunicación Educativa; ITESO, Instituto de Estudios Superiores de Occidente; Fundación Televisa; Red de Televisoras Universitarias de México; Red de Radiodifusoras y Televisoras Educativas y Culturales; Universidad de Guadalajara; TV Azteca y MVS.



Gracias a estos convenios, la televisión universitaria disminuye costos e intercambia material que se presentará tanto en televisoras y canales regionales como en canales universitarios.

### ***XI Seminario Iberoamericano de Gestión Tecnológica***

Del 25 al 28 de octubre se llevó a cabo en la ciudad de Salvador, en Bahía, Brasil, el *XI Seminario Iberoamericano de Gestión Tecnológica* de ALTEC (Asociación Latino-Iberoamericana de Gestión Tecnológica), institución creada en 1984 e integrada por más de 350 profesionales de América Latina, España y Portugal dedicados a reflexionar sobre la gestión tecnológica y a ejercerla.

Durante el Seminario, el maestro Eugenio López Ortega, investigador de la Coordinación de Ingeniería de Sistemas del Instituto, fue electo miembro de la Junta Directiva de ALTEC —integrada por un presidente y cinco directores— para el periodo 2005-2007.

El maestro López Ortega presentó dos trabajos: *Investigación y desarrollo tecnológico en las micro y pequeñas empresas en México* y *Guía para el desarrollo de parques tecnológicos en México*. En el primero hizo un análisis de la participación que han tenido las PYMES en el Programa de Incentivos Fiscales a la Investigación y Desarrollo Tecnológico y en el segundo presentó los parámetros por considerar para la formación de un parque tecnológico en México.

Por otra parte, la ingeniera química Margarita Moctezuma Riubí, compañera de trabajo de la Secretaría de Promoción y Comunicación del IIUNAM, trató el tema *Estrategia de difusión de la Investigación y Desarrollo Tecnológico del Instituto de Ingeniería de la UNAM*. En su presentación expuso las diversas estrategias que se aplican para promover las actividades y resultados de las investigaciones que realiza el personal académico del Instituto, a través de la actualización de la página electrónica, la publicación mensual de *Gaceta del IIUNAM*, la edición de las *Serías del Instituto de Ingeniería*, la participación en congresos, ferias y exposiciones, la generación de carteles académicos y material publicitario, así como la labor de establecer y cuidar la nueva imagen del Instituto.

### ***Tesis graduada***

Rosa María Flores Serrano, técnica Académica del IIUNAM, obtuvo el grado de doctora en ingeniería (ambiental) con la tesis *Evaluación de riesgo ecológico en un sitio contaminado con hidrocarburos en México*, el 8 de septiembre. Su investigación fue dirigida por la doctora Rosario Iturbe Argüelles, investigadora de la Coordinación de Ingeniería Ambiental del Instituto.

El propósito de esta tesis fue realizar una evaluación del riesgo ecológico en un sitio contaminado con hidrocarburos, ubicado en la refinería Francisco I Madero, en Ciudad Madero, Tamaulipas, utilizando como objetivos de evaluación a los organismos vertebrados terrestres (ocho mamíferos y catorce aves) presentes en el sitio. Se espera que este trabajo sirva como base para los lineamientos generales de evaluaciones de este tipo en México.

El método aplicado fue el del cociente de peligrosidad, el cual consiste, como su nombre lo indica, en obtener un cociente que resulta de dividir la dosis de exposición de cada contaminante de interés ecológico potencial por un valor toxicológico de referencia, que en el caso de los organismos terrestres, generalmente es el nivel de efecto adverso no observado (NEANO). Este trabajo evaluó únicamente la vía oral, a través de la ingesta de suelo, agua y alimentos contaminados. Los contaminantes de interés ecológico potencial fueron nueve hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP): antraceno, benzo(a) antraceno, benzo(a)pireno, benzo(g,h,i)perileno, benzo (k) fluoranteno, criseno, fluoranteno, indeno (1,2,3,c,d) pireno y pireno; y ocho metales: Al, Cd, Cr (VI), Fe, Ni, Pb, V y Zn.

Los resultados obtenidos fueron cocientes de peligrosidad por especie de fauna y niveles de remediación protectores de estas especies. Asimismo, se analizaron diversos modelos de transferencia de contaminantes de los medios hacia la flora y fauna (para evaluar aquellos casos en que no es posible analizar los tejidos en muestras recolectadas), se identificaron organismos que pueden servir como especies indicadoras y los parámetros de mayor efecto dentro del método del cociente de peligrosidad.



**INSTITUTO DE INGENIERÍA UNAM**

## Reunión informativa anual

jueves 8 de 9:30 a 20:00 h  
viernes 9 de 9:30 a 15:00 h

Auditorio "José Luis Sánchez Arriola"  
Torre de Ingeniería, Ciudad Universitaria.  
Diciembre, 2005

**2005**

**ENTRADA LIBRE**

## Necesitamos tu aportación para continuar el Programa de Becas

Cada día más estudiantes de alto nivel académico y bajos recursos económicos reciben el apoyo del Programa de Becas estudiando en su carrera escolar.

Necesitamos tu aportación para seguir impulsando el futuro del país.

**Actualmente apoyamos a más de 9,000 estudiantes de licenciatura**

Aportaciones deducibles de impuestos		Requiere un padrón
MINIMAL	MAXIMAL	
\$ 42	\$ 500	PLATA (estudioso)
\$ 125	\$ 1500	ADIA (profesional)
\$ 250	\$ 3000	ORO (profesional)
\$ 500	\$ 6000	AZUL Y ORO (profesional y saliente)

**FUNDACION UNAM**

53 400 900 • 01 800 000 8626 Llama sin costo  
fundanam@servidor.unam.mx www.fundacion.unam.mx

Si tienes algo que agradecer, es tiempo de dar... ¡AFILIATE!

## Directorio

### UNAM

Dr Juan Ramón de la Fuente  
Rector

Lic Enrique del Val Blanco  
Secretario General

Mtro Daniel Barrera Pérez  
Secretario Administrativo

Dra Rosaura Ruiz Gutiérrez  
Secretaria de Desarrollo Institucional

Mtro José Antonio Vela Capdevila  
Secretario de Servicios a la Comunidad

Mtro Jorge Islas López  
Abogado General

Dr René Drucker Colín  
Coordinador de la Investigación Científica

Lic Néstor Martínez Cristo  
Director General de Comunicación Social

### INSTITUTO DE INGENIERÍA

Dr Sergio M Alcocer Martínez de Castro  
Director

Dr José Alberto Escobar Sánchez  
Secretario Académico

Dr Mario Ordaz Schroeder  
Subdirector de Estructuras

Dr Adalberto Noyola Robles  
Subdirector de Hidráulica y Ambiental

Dr Luis A Álvarez-Icaza Longoria  
Subdirector de Electromecánica

Mtro Lorenzo Daniel Sánchez Ibarra  
Secretario Administrativo

Ing Xavier Palomas Molina  
Secretario Técnico

Mtra María Olvido Moreno Guzmán  
Secretaria de Promoción y Comunicación

### GACETA II

Gaceta II es una publicación mensual del Instituto de Ingeniería de la UNAM. Oficina: Secretaría de Promoción y Comunicación, Edificio Fernando Hiriat, planta baja, circuito escolar, Ciudad Universitaria, México, DF, 04510. Teléfono 5622 3415. Tiraje 1000 ejemplares. Registro en trámite.

Jefa de información  
Lic Verónica Benítez Escudero

Corrección de estilo  
L en L Olivia Gómez Mora

Colaboradores  
I Q Margarita Moctezuma Riubí  
Arq René Olvera Salgado

Formación e Impresión  
Albino León Cruz



**INSTITUTO DE INGENIERÍA UNAM**



Visite la página del Instituto de Ingeniería:

<http://www.ii.unam.mx>

Envíe sus comentarios a: [gaceta@pumas.ii.unam.mx](mailto:gaceta@pumas.ii.unam.mx)