

CONTACTO

ISSN:2145-7077

Informe central

Una solución vanguardista para el acueducto de Santa Marta

- Metro de Bogotá:
recomendaciones
para la construcción
de la primera línea
- Modelamiento
estocástico para
el sistema de salud
y la ciclovía
- Nanotecnología: una
apuesta en crecimiento

A finales de abril falleció el ingeniero Alberto Sarria Molina, pionero de la ingeniería sísmica en Colombia. Su trayectoria está íntimamente ligada a la Facultad de Ingeniería. CONTACTO le rinde homenaje.

Alberto Sarria Molina

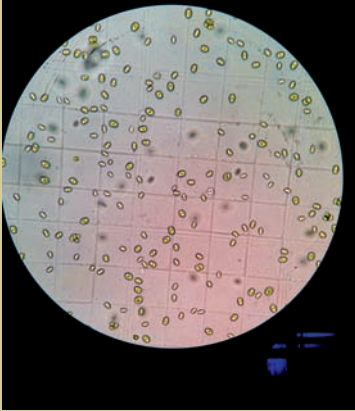
Adiós a un ingeniero ejemplar

Número

10

enero-junio 2015

Laboratorio de Biotecnología



2

▲ Microalgas en el microscopio de contraste de fase, que permite ver el microorganismo en fresco.

▼ Biofermentador: Es un reactor para hacer crecer microalgas con luz de una longitud de onda específica y con CO₂.

Qué es:

Uno de los laboratorios dedicados a biotecnología con mayor capacidad en la Universidad. Tiene 63 equipos significativos en casi 77 metros cuadrados, divididos en dos áreas: una está compuesta por equipos de uso general, tales como agitadores o incubadoras, con gran pluralidad de aplicaciones. Los otros son equipos específicos para desarrollar sistemas que sean empleados para síntesis de biomoléculas diseñadas usando ingeniería de proteínas y biología molecular.

Para qué sirve:

Desarrollar biomoléculas o bioprocesos para obtener productos de valor agregado a partir de la biodiversidad de nuestro país. Estas biomoléculas pueden ser objeto de patente cuando son usadas para el desarrollo de un bioproducto. Las tecnologías empleadas corresponden al estado del arte de los países más avanzados en el tema.



Qué hace:

Se trabaja en el entendimiento de los microorganismos a nivel de ADN y proteínas, en la búsqueda de moléculas con un valor agregado que se puedan potenciar para realizar una labor definida (bioprospectar) para la industria. Con el fin de dilucidar el desarrollo de las tareas del microorganismo, se investiga en tres aspectos: transcriptómica, metabolómica y proteómica. La primera determina qué genes están activos. La segunda permite ver qué metabolitos se expresan, es decir, establecer la relación entre genes y metabolitos. Con la proteómica se puede saber cuáles están controlando la concentración de proteínas.

▲ Termociclador: Por medio de una reacción en cadena de polimerasa (PCR), este equipo elabora un millón de copias de un ADN en media hora. Es utilizado en los procesos que implican desarrollar plataformas para sintetizar biomoléculas de valor agregado a partir de ADN.

Sigue en la página 63



Revista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes

Enero / junio 2015

Decano

Eduardo Behrentz Valencia

Vicedecano Académico

Carlos Francisco Rodríguez Herrera

Directores de Departamento

Biomédica

Juan Carlos Briceño Triana

Civil y Ambiental

Juan Francisco Correal Daza

Eléctrica y Electrónica

Néstor Peña Traslaviña

Industrial

Andrés Medaglia González

Mecánica

Jairo Arturo Escobar Gutiérrez

Química

Óscar Álvarez Solano

Sistemas y Computación

Harold Enrique Castro Becerra

Coordinadora de Comunicaciones Estratégicas

Catherine Juvinao Clavijo

Gestora de Comunicaciones

Mónica María Meléndez

Edición y redacción de textos

Ana Lucía Duque Salazar,
Marta Lucía Moreno Carreño
y Clemencia Arango Restrepo

Concepto gráfico y diagramación

Enrique Franco Mendoza

Retoque digital

Gabriel Daza Larrota

Fotos

Andrés Felipe Valenzuela
y archivo Oficina de Comunicaciones
y Marca de Uniandes

Producción e impresión

OP Gráficas

- 2** Fotolab
Laboratorio de Biotecnología
- 4** Editorial
Alberto Sarria: ingenio, emprendimiento y sabiduría
- 5** Soluciones de ingeniería
SOS: agua para Santa Marta
- 13** Movilidad sostenible
El metro no da más espera
- 16** Fuerte crecimiento de los vehículos privados en Latinoamérica
- 18** Transporte y territorio, interacciones que moldean la ciudad
- 20** *In memoriam*
Alberto Sarria Molina, un ingeniero ejemplar
- 22** Mujeres ingenieras
Alba Ávila, una científica comprometida
- 25** Nanotecnología segura y con calidad
- 27** Ingeniería de Sistemas y Computación
Cómo superar el déficit de ingenieros de sistemas
- 30** Modelamiento estocástico
Modelos matemáticos para la salud pública y las ciclovías
- 32** Certificación internacional
Lean Six-Sigma, un plus profesional
- 33** Destacado
Raha Akhavan-Tabatabaei, una iraní atraída por Los Andes
- 34** Proyecto con la industria
Textura del yogur a partir de proteína de soya
- 36** Ingenieros sin Fronteras
La quinua, opción verde para El Guavio
- 38** Innovación y emprendimiento
Eskalab, un laboratorio para el negocio de restaurantes



Foto portada Nelson Barreto

- 40** ¡Arriba las Apps!
Estudiantes le apuntan a este creciente mercado
- 42** Estudiantes
Un programa progresista para los "pilos"
- 44** Egresado
Clara Lucía Martínez, una ingeniera conectada con lo rural
- 46** Tecnología y Sociedad
Estrategias tecnológicas para el desarrollo social
- 48** Nuevos programas
La Facultad abre posgrados de avanzada
- 50** Proyectos en curso
Ingeniería al servicio del país
- 52** Contenidos digitales
Jump Camp, un salto en el aprendizaje de videojuegos
- 53** Escuela de Verano 2015
Los modelos territoriales para vislumbrar el futuro
- 54** Eventos, nombramientos y reconocimientos
- 60** Tesis
Grados *Summa Cum Laude*
- 61** Grupos de investigación
La Facultad consolida grupos de investigación científica y aplicada
- 62** Opinión
¿Santa Marta se va a morir de sed?
Por Alejandro Gualy



Ingenio, emprendimiento y sabiduría



4

El pasado 27 de abril se extinguió la vida de Alberto Sarria Molina, profesor emérito y exdecano de nuestra Facultad. El “doctor Sarria” fue maestro de maestros y cosechó una vida abundante en logros profesionales y académicos. Fue pionero en Colombia del área de la ingeniería sísmica e innovador con inmensa curiosidad científica hasta el último día de su existencia. En esta edición de la revista CONTACTO se incluye una descripción de su motivante e inspiradora trayectoria que es referencia para ingenieros del ayer, el hoy y el mañana.

Entre las incontables historias de sus enseñanzas, que ya empiezan a convertirse en leyendas uniandinas, se destacan aquellas que hacen referencia a su talante emprendedor y liderazgo natural. Quienes tuvieron la fortuna de ser sus estudiantes recuerdan la advertencia al inicio del primer parcial del semestre, de que la solución del mismo involucraba dos posibles métodos: el primero requería un esfuerzo de 15 minutos mientras el segundo más de 2 horas. A través de esta experiencia, pretendía demostrar y reforzar que la ingeniería se basa más en el ingenio que en los procesos estandarizados y que el buen ejercicio de la profesión comienza por la imaginación y la creatividad. Estas últimas, dos cualidades que demostró y transmitió a través de su propio ejemplo.

Su sobresaliente capacidad intelectual y extraordinaria efectividad laboral también son químéricas entre quienes fueron sus colegas. Uno de ellos, actual profesor de la Facultad, cuenta la anécdota de cómo en una ocasión se tardó en producir un informe de un trabajo

colaborativo solo para enterarse de que Alberto, al notar la demora, decidió generar y entregar el reporte a la agencia donante sin mayores consultas o reclamos. “Lección aprendida” es el principal testimonio de quien experimentó esta vivencia y jamás volvió a incurrir en falla parecida.

Todo lo anterior lo supo combinar con una espléndida visión de largo plazo y con la correcta ambición de pensar en grandes cosas para la ingeniería nacional. Esta mixtura lo llevó a lo más alto de su profesión y a obtener reconocimientos como la Medalla Julio Garvito, otorgada por el Presidente de la República en 1988.

Personalmente me honra poderme contar entre los beneficiarios de sus regaños y consejos, que solían ser una amalgama de firmeza, rigurosidad y calidez. “Cuando le digan algo que le moleste, no conteste sino hasta después de 24 horas” fue lo primero a lo que me exhortó cuando me nombraron director del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental. También recuerdo con igual aprecio su primera recomendación al llegar a la decanatura: “No defina su plan de trabajo hasta que les pregunte a los estudiantes de primer semestre por qué escogieron estudiar en la Universidad de los Andes”.

Su sabiduría simple y a la vez sofisticada será uno de los principales recuerdos que nos quedarán, así como la reminiscencia de su tradicional saludo telefónico: “Por acá todavía, todos buenos”. Cualquier honor que le rindamos ahora o en el futuro resultará exiguo para quien dedicó su vida a educar para una nueva Colombia. ■

Eduardo Behrentz

@behrentz

Decano



SOS: agua para Santa Marta

La Facultad de Ingeniería ha sido líder en Colombia en el estudio de agua potable y saneamiento básico durante más de dos décadas. En 1996, su Centro de Investigación de Acueductos Alcantarillado (CIACUA) inició la escritura del Reglamento Técnico del Sector Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS), el cual fue adoptado como resolución de obligatorio cumplimiento en 1998 y ratificado en el 2000. Por su experiencia técnica en el sector, Metroagua y la Financiera de Desarrollo Territorial —Findeter— encomendaron a Uniandes un proyecto para trazar un plan maestro que garantice el consumo de agua potable a Santa Marta y a sus municipios vecinos hasta el 2065.

- ▶ Santa Marta, capital del departamento del Magdalena, es la séptima ciudad turística en importancia en el país, con un alto desarrollo en la construcción hotelera. Tanto la población estable como la flotante necesitan que se les garantice el consumo de agua.





▶ Los ríos Córdoba y Toribio pueden darle a Santa Marta de 1000 a 2000 litros por segundo.

Foto Óscar Salazar Gómez

Un tubo submarino de casi 45 kilómetros de extensión llevará agua del río Magdalena a Santa Marta para que por los próximos 50 años no vuelva a padecer por escasez en el suministro. Desde el 2013, 460.000 habitantes de la ciudad turística conocida como la Perla de América soportan un desabastecimiento cercano al 60 por ciento, con temperaturas que pueden sobrepasar los 39° centígrados. En promedio, una persona que vive en estos climas necesita de 150 litros de agua al día para sus actividades. Para tratar de subsanar tal emergencia, parte de la población obtiene el líquido de pozos subterráneos que perforan el acuífero de la ciudad, de carrotaques o de pimpinas que venden algunos oportunistas. Pero no es suficiente.

La crisis que enfrenta la ciudad data de décadas y se produjo por la confluencia de factores como la carencia de una adecuada planeación, una infraestructura obsoleta, la falta de lluvias, el deterioro de las cuencas hidrográficas de los ríos Piedras, Gaira y Manzanares y el crecimiento poblacional ocasionado, entre otras razones, por el alto número de desplazados que recibe la capital del Magdalena. Por esto, los investigadores del CIACUA se dieron a la tarea de estudiar una serie de alternativas que permitan solucionar, bajo criterios de sostenibilidad, esta compleja problemática.

El proyecto tuvo lugar entre junio del 2014 y marzo del 2015, fue dirigido por el profesor titular del departamento de Ingeniería Civil y Ambiental Juan Guillermo Saldarriaga y se dividió en varias etapas: diagnóstico de la información, estimación de las necesidades sanitarias, análisis de alternativas de oferta hídrica para determinar las fuentes de suministro, optimización de la red de agua potable, cuantificación de los efectos de las aguas residuales y, por último, una operación sostenible del acuífero.

Para proponer las alternativas los investigadores debieron empezar prácticamente de ceros, pues “nos llevamos la sorpresa de que no había información oficial de los últimos 23 años: ni de la topología de la red, ni de la hidrología, ni de cuánta gente vive en la ciudad”, relata Saldarriaga. Por ello se comenzó con el levantamiento de datos sobre el número de habitantes, el consumo y el estado de las redes de agua potable y de alcantarillado, de las cuencas de los ríos y del acuífero de Santa Marta. Se analizaron siete opciones diferentes, entre las que se contemplaron desde traer el agua de otros ríos a nuevas plantas de tratamiento, hasta



Foto Julianna Álvarez, El Tiempo

▶ Debido al déficit del 60 por ciento, los habitantes de Santa Marta tienen que recurrir a diversas opciones para solucionar sus necesidades diarias. La compra del líquido en pimpinas es una de ellas.

Atributos evaluados en las alternativas estudiadas

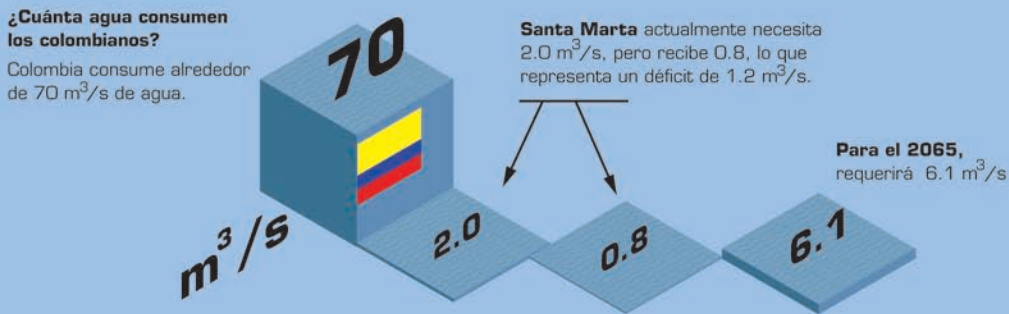
- 1. Rapidez de entrada de la primera etapa:** Se tuvo en cuenta la necesidad de obras como ampliaciones de plantas de tratamiento de agua potable, conducciones y captaciones.
- 2. Rapidez a punto de equilibrio de la alternativa:** Se refiere al tiempo en el que la demanda de agua es igual a la oferta.
- 3. Confiabilidad del sistema:** Midió la seguridad con la que se puede captar agua de los ríos según la disponibilidad del recurso, es decir, la relación entre el caudal mínimo y el requerido por la población al final del periodo de diseño.
- 4. Costos de construcción:** Evaluó costos de excavación, de tuberías y de construcción de estaciones de bombeo y plantas de tratamiento de agua potable.
- 5. Vulnerabilidad al cambio climático:** Se establecieron parámetros alto, medio y bajo, en términos de la capacidad de los ríos para finales del 2065.
- 6. Factibilidad de acuerdo con la invasión de Parques Nacionales Naturales:** Se evaluaron las restricciones legales.
- 7. Sitios sagrados para los indígenas:** Se estableció si hay sitios sagrados en el área de influencia de las alternativas.
- 8. Facilidad de operación:** Determinada de acuerdo con el número de estaciones de bombeo y operación de plantas de tratamiento necesarias.
- 9. Posibilidad de expansiones futuras:** Contempló planes de ampliaciones de la infraestructura según la capacidad del sistema, la demanda futura, el espacio disponible, etc.
- 10. Impacto ambiental mínimo:** Este se evaluó de acuerdo con la longitud de excavación para la construcción de tuberías y el porcentaje de caudal extraído con respecto al caudal ecológico.
- 11. Máximos beneficios sociales:** Se analizó la capacidad de suplir las necesidades sanitarias de poblaciones cercanas.
- 12. Vulnerabilidad del sistema:** Evaluó eventos extremos, fenómenos de altas presiones en tuberías y redundancia del sistema.
- 13. Pérdidas de agua en aducción:** Midió la accesibilidad que tienen las personas a las tuberías de conducción y a obtener agua cruda para fines diferentes al consumo humano.
- 14. Costo por m³ de agua tratado:** Relacionó la calidad de agua de las fuentes hídricas y la cantidad de agua tratada.
- 15. Costo por la potencia requerida en la aducción:** Estudió el costo por kW de la potencia requerida para bombear el agua desde las fuentes hídricas hasta las plantas de tratamiento.
- 16. Factibilidad según la problemática indígena:** Consideró factores sociales y culturales de la población indígena que se encuentra en la zona, las áreas de influencia de los resguardos indígenas y las zonas proyectadas para su expansión.

desalinizar agua de mar, un método costoso pero con buenos resultados en países como Chipre, Australia o Israel.

Para las proyecciones demográficas, el CIACUA acudió al profesor asociado Jorge Tovar, de la Facultad de Economía. Con informaciones del 2014 de Metroagua y con los datos del censo del 2005, se estableció que en Santa Marta viven 460.000 personas; la población flotante en temporada alta es de 49.000 y en temporada baja 19.000. Es decir, hay épocas en que la ciudad soporta más de 500.000 habitantes. El consumo requerido en temporada alta es de 2.2 metros cúbicos por segundo (m³/s) y en baja de 2 m³/s, pero Santa Marta solo está recibiendo de sus fuentes alrededor

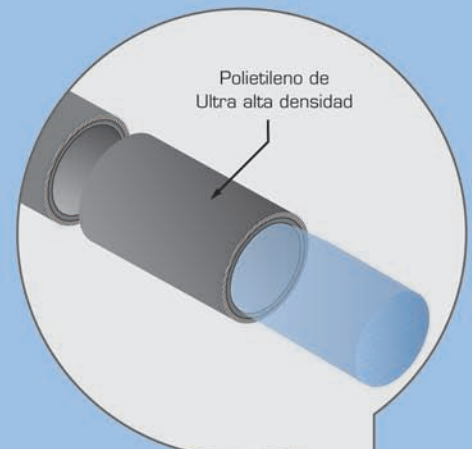
de 800 litros por segundo, es decir que el déficit es de 1.2 m³/s. A esta problemática hay que añadirle las dificultades técnicas de la red que implican pérdidas en la aducción y en la conducción del 20 por ciento, cuando lo admitido internacionalmente está en el 5 por ciento para estas partes del sistema de agua potable.

De acuerdo con las proyecciones del profesor Tovar, en el 2065 Santa Marta tendría cerca de 2.300.000 habitantes en temporada alta y la permanente sería de 1.963.167. La población flotante estaría alrededor de 311.000 personas, es decir, un número parecido a la población total que hoy tiene Armenia. Según el Reglamento Técnico del Sector Agua Potable y Saneamiento Básico



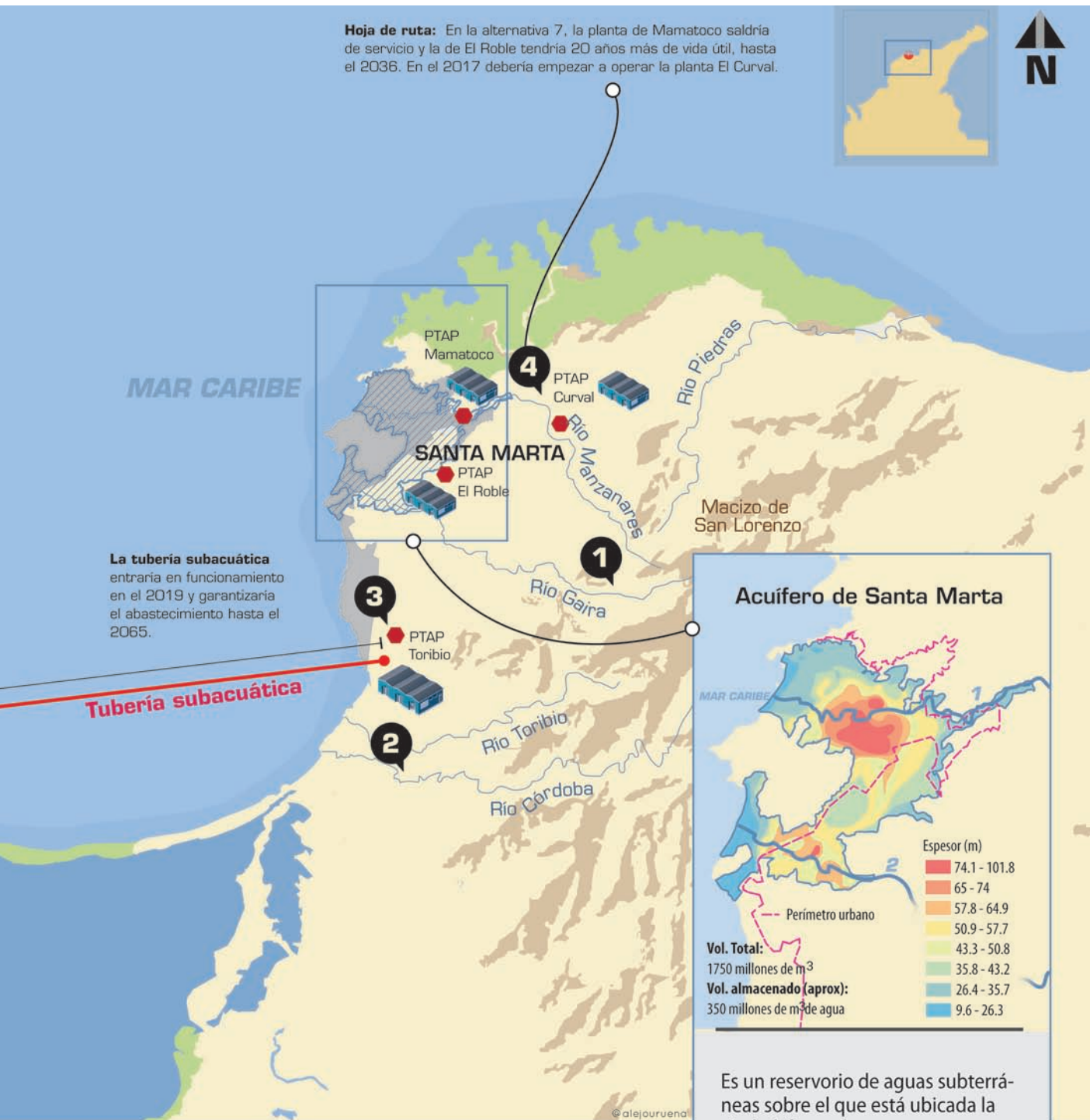
Agua para Santa Marta y la región

La infografía muestra la alternativa escogida para solucionar los problemas de abastecimiento de agua para Santa Marta y la región hasta el 2065. Incluiría Ciénaga, Pueblo Viejo, Tasajera y Nueva Venecia.



1 Las fuentes actuales, en crisis
La ciudad se abastece, principalmente, con lo que le suministran los ríos Manzanares, Piedras y Gaira, que nacen en el macizo de San Lorenzo. Según los resultados del estudio, estas fuentes están casi secas y sus cuencas presentan un alto grado de afectación.

2 La solución a mediano plazo
Los ríos Córdoba y Toribio, cuyas cuencas se encuentran en buen estado, abastecerían a Santa Marta hasta el 2019. El plan incluye la construcción de la planta de tratamiento Toribio para potabilizar el agua de estas dos fuentes y posteriormente la del Magdalena.

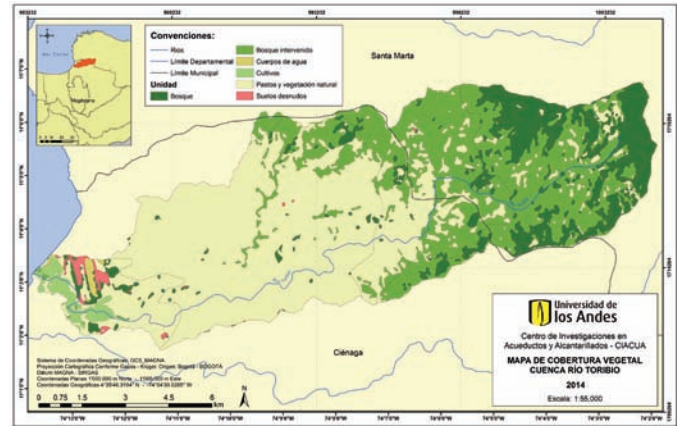
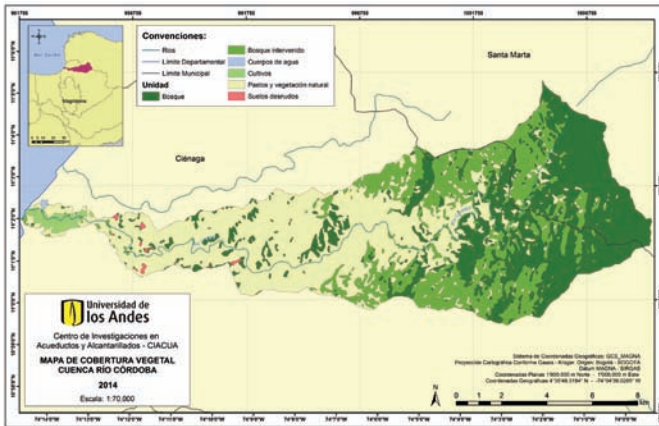


3 Plan de choque

La planta de tratamiento de Toribio, en su primera etapa, debería entrar en servicio a finales del 2016, por lo cual la licitación para su diseño se abrió en diciembre del año pasado por un valor de \$800.000.000

Es un reservorio de aguas subterráneas sobre el que está ubicada la ciudad, formado por arenas permeables.

Se recarga, principalmente, por la infiltración de aguas de los ríos Manzanares 1 y Gaira 2, y aguas lluvias. El deterioro de los ríos, de sus cuencas, la pavimentación urbana y la ausencia de lluvias han disminuido su nivel.



▲ En los mapas se observa el buen estado de las cuencas de los ríos Toribio y Córdoba que hacen parte del esquema propuesto por la Universidad de los Andes para suministrar agua a Santa Marta.

(RAS) —redactado por el CIACUA—, la complejidad del sistema de abastecimiento de una ciudad de más de 60.000 habitantes es alta, en términos de diseño, de ejecución y manejo del acueducto. Y puesto que en 50 años Santa Marta consumirá un máximo diario de 6.1 m³/s, requerirá de una juiciosa planeación. El punto de partida es: ¿de dónde se traerá el agua si las actuales fuentes no pueden cubrir un caudal como este?

Un examen exhaustivo

Para establecerlo se estudió el estado de las 11 cuencas hidrográficas de la región: la de los ríos Palomino, Don Diego, Buritaca, Mendiaguaca, Guachaca, Piedras, Gaira, Frío, Toribio, Córdoba y Manzanares. Se analizó su régimen de lluvias, el mapa de cobertura vegetal, el tamaño, el tipo de suelos, la longitud de los ríos y las cuencas de drenaje, entre otros aspectos. Además, con la asesoría de Inés Camilloni, profesora titular del Departamento de Meteorología de la Universidad de Buenos Aires (Argentina) y especialista en cambio climático, se examinó la vulnerabilidad de

las fuentes que nacen en la Sierra Nevada de Santa Marta, cuyos caudales se calcula disminuirán por efecto de la paulatina desaparición del casquete de nieve y por el cambio climático.

Los resultados permitieron determinar que el Manzanares y el Gaira, ríos que actualmente abastecen la ciudad, están casi secos: su caudal mínimo de extracción es de 0.12 m³/s en el primero y 0.14 en el segundo. En cambio, ese parámetro en el Toribio y en el Córdoba, por ejemplo, es de 0.45 y 0.5. Aunque la suma de todos los caudales de los ríos es superior a la demanda proyectada, ninguno es suficiente por sí mismo y habría que juntar varias fuentes para proporcionar el suministro necesario para el 2065.

Por ello, se identificaron siete alternativas para cubrir la demanda de agua, a las cuales se les aplicó la metodología de la Teoría de la Utilidad Multiatributo, trabajada por el profesor titular Mario Castillo de Ingeniería Industrial (ver CONTACTO # 9, págs. 32-34). “En este caso se tiene un problema con múltiples objetivos según los cuales se selecciona la mejor alternativa —explica Juan Saldarriaga— de acuerdo con unos puntajes establecidos”.

Asesoría de primera

Por el Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental intervinieron el profesor Carlos Molano, encargado de las aguas subterráneas; el profesor Diego Páez, de la hidrología, y Juan Saldarriaga, de la hidráulica. Además, el proyecto tuvo la colaboración de Inés Camilloni, especialista en cambio climático, profesora titular de la Universidad de Buenos Aires (Argentina) y de Ezio Torino, profesor emérito de la Universidad de Bolonia (Italia), quien asesoró en la conducción de la tubería en el mar. En una etapa posterior, el profesor Dragan Savic, de la Universidad de Exeter (Inglaterra), colaborará con sus conocimientos sobre redes de distribución.



Foto Carlos Mauricio Vega

¿Qué criterios se evaluaron?

Las alternativas propuestas, su utilidad multiatributo y costo, fueron:

- **A1:** Ríos Guachaca, Buritaca y Don Diego.
Utilidad multiatributo: 62.29.
Costo: \$101.618.114.172,18.
- **A2:** Río Magdalena solamente.
Utilidad multiatributo: 64.17.
Costo: \$92.777.409.103,39.
- **A3:** Ríos Toribio, Córdoba, Guachaca y Buritaca.
Utilidad multiatributo: 61.66.
Costo: \$96.386.285.809,02.
- **A4:** Planta desalinizadora y río Magdalena.
Utilidad multiatributo: 60.38.
Costo: \$144.280.428.959,10.
- **A5:** Planta desalinizadora y ríos Toribio y Córdoba.
Utilidad multiatributo: 67.55.
Costo: \$151.541.044.616,54.
- **A6:** Ríos Piedras, Guachaca, Buritaca y Toribio.
Utilidad multiatributo: 49.66.
Costo: \$113.221.484.476,26.
- **A7:** Ríos Córdoba, Toribio, Magdalena.
Utilidad multiatributo: 79.86.
Costo: \$83.071.487.763,50.

Las etnias, protegidas por el proyecto

Santa Marta está ubicada en una zona de gran presencia indígena, en un territorio de significados ancestrales. Por esto, el proyecto del grupo CIACUA acudió a la profesora asociada Margarita Serje, del Departamento de Antropología de la Universidad, en busca de apoyo para determinar las condiciones que se debían tener en cuenta a la hora de plantear una alternativa para traer agua a Santa Marta, con el fin de afectar lo menos posible tanto los territorios de las etnias como los sitios emblemáticos de sus culturas. Esto debido a que casi todos los ríos que podrían abastecer a la ciudad, situada en las faldas de la Sierra Nevada de Santa Marta de 5775 metros sobre el nivel del mar, nacen en esta montaña que también es el territorio de cuatro etnias y el espacio de tres parques nacionales.

Las creencias de kogis, arwuacos, wiwas y kankuamos están vinculadas al agua y a su ciclo y al respeto por un equilibrio con la naturaleza. Por ello, en la evaluación de los atributos salieron mejor libradas aquellas propuestas con un menor impacto en los sitios considerados sagrados por una cosmogonía con más de 1000 años de antigüedad. Tampoco se tuvieron en cuenta ideas como hacer una represa o desviar la desembocadura de un río o tomar agua más allá de las necesidades del hombre, pues generarían un enorme problema a los pueblos indígenas que habitan la Sierra y sería un traumatismo para un proyecto en el que debe actuarse con rapidez para solucionar una grave crisis.





► El río Magdalena es una fuente infinita de agua. En esta foto el puente de la Paz, entre Boyacá y Antioquia.



Foto Carlos Mauricio Véga

La que tuvo más factores a su favor fue la opción A7: abastecimiento de los caudales de los ríos Toribio y Córdoba hasta 2019 y, a partir de ahí, alimentarse del cauce del río Magdalena introduciendo uno o varios tubos submarinos de 44.59 km de extensión, más 17. 82 terrestres, desde inmediaciones del corregimiento de Palermo en el municipio de Sitio Nuevo a orillas del río Magdalena, hasta la nueva planta sobre el río Toribio. Este proyecto podría proveer el líquido a poblaciones vecinas como Ciénaga, Pueblo Viejo, Tasajera y Nueva Venecia. La opción arroja una baja vulnerabilidad al cambio climático, menor costo y ninguna afectación de las poblaciones indígenas o sus sitios sagrados. Si se opta por una tubería submarina, alternativa novedosa propuesta por la Universidad de los Andes —haciendo uso de materiales modernos como el polietileno de ultra alta densidad— se podrían disminuir aún más los costos debido a que la longitud total de las tuberías de conducción se reduciría en 20 km.

En el análisis de esta propuesta, el CIACUA contó con la colaboración de Ezio Torino, profesor emérito de la Universidad de Bolonia (Italia) experto en redes subacuáticas. La idea es poner dos o tres tubos paralelos que conduzcan el agua tratada a orillas del río Magdalena, en una nueva planta de tratamiento, hasta la que existirá en el río Toribio, en donde únicamente se haría la desinfección final del agua potable. Esto se constituye en una solución definitiva porque “el Magdalena es una fuente inagotable de agua”. El caudal mínimo registrado en este río a la altura de Barranquilla es de alrededor de 2500 metros cúbicos por segundo. El caudal máximo registrado es de 24.000 m³/s, con un margen de error de más o menos el 10 por ciento.

“Si se dan prisa en implementarla, a finales del 2016 el déficit disminuiría un poco. Mientras tanto, la ciudad seguirá en crisis y tendrá que abastecerse como hasta ahora: con carrotaques, pimpinas y los pozos que sacan agua del acuífero”.

La Universidad es enfática en la importancia de seguir los cronogramas que permitan llevar a feliz término el plan que le pondría fin a una crisis que ha afectado a los samarios por años. La voluntad política y la prevalencia del bien común serán la clave para implementar esta propuesta de ingeniería a la vanguardia con otros sistemas de acueductos en el mundo. ■



EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN ESTRATÉGICA

Agua

EL GRUPO

CIACUA (Centro de Investigación de Acueductos y Alcantarillado)

CONTACTO

Juan Saldarriaga, ingeniero civil, Master of Science, University of Newcastle Upon Tyne (Gran Bretaña), profesor titular. jsaldarr@uniandes.edu.co

El metro no da más espera

El ingeniero civil Juan Pablo Bocarejo, doctor en transporte, recomienda construir la primera línea con el trazado previsto por la actual administración. Considera que, aunque su costo es alto, el proyecto puede gestionarse de manera innovadora para que la ciudad se beneficie.



▲ Así serían los vagones del metro, según la propuesta de la Alcaldía Mayor.

Imagen cortesía Instituto de Desarrollo Urbano

13

Seguir postergando la construcción de la primera línea de metro es costoso para Bogotá. La red de transporte masivo de alta calidad es fundamental para la sostenibilidad de la ciudad, y para el año 2021 es indispensable contar con el metro. De otra manera, seguirá creciendo a altas tasas el uso del automóvil y la moto con un grave impacto para la productividad, el ambiente y la equidad. Así lo considera el ingeniero Juan Pablo Bocarejo, director del grupo de investigación SUR (Estudios en Sostenibilidad Urbana y Regional) y profesor del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental.

Para él, la discusión de si debe haber o no metro está superada: los pronósticos de crecimiento de los viajes en la próxima

década indican que solo un modo de transporte como el metro proveerá la capacidad que se requiere en los tramos más críticos. Así mismo, es necesario seguir desarrollando corredores de buses de alta capacidad en la zona occidental para consolidar el Sistema Integrado de Transporte Público (SITP) como la base de la movilidad de una ciudad de clase mundial.

El trazado de esa primera línea de metro es subterráneo y conectaría el suroccidente con el norte, empezando en Bosa, recorriendo la avenida Primero de Mayo y finalizando en la calle 127 a través de las carreras 13, 11 y 9.

A juicio del investigador, el estudio detallado de ingeniería, liderado por el Instituto de Desarrollo Urbano, es el más completo



de cuantos se han acometido en Bogotá. El nivel de detalle sobre la calidad de los suelos por donde pasaría, las tecnologías de trenes que se usarían y el prediseño de las estaciones permiten estimar un presupuesto preciso del proyecto.

“Es un buen trazado, en el sentido de que cubre las zonas de mayor demanda y une los centros principales donde vive y trabaja mucha gente —dice el doctor en Transporte—. El gran problema es el costo que, con los ajustes más recientes, se estima en 15 billones de pesos. Considerando el avance de este proyecto, no parece adecuado redefinir el trazado, algo que hemos hecho muchas veces en el pasado. Bogotá se ha imaginado todos los metros posibles y mi opinión es que se debería tratar de sacar adelante esta propuesta porque devolvemos implicaría varios años más de estudios”.

Para él, el metro es indispensable debido a que la ciudad está en el límite para contar con un sistema o una tecnología que le permita atender la demanda de más de 50.000 pasajeros hora/sentido (los estudios de Steer Davies estiman que cubrirá cerca del 14 por ciento de los viajes en transporte público). El reto es manejar el proyecto como un catalizador de la transformación urbana, de manera que se pueda capturar parte de los beneficios que traería su implementación para financiar la infraestructura. También habría que actuar para conectarlo adecuadamente con los demás modos de transporte y prestar atención a su integración con la ciudad.

Bocarejo explica que la cantidad de pasajeros que se mueven en este modo de transporte es independiente de si es elevado o de superficie, pues su alta capacidad la provee la ausencia de



► Boceto de la estación del metro en la calle 127 y su integración con otros modos de transporte.

TRAZADO DE LA PRIMERA LÍNEA DEL METRO



Según el proyecto presentado por la Alcaldía Mayor de Bogotá (http://app.idu.gov.co/seccion_metro/index.html), la primera línea de metro tendría los siguientes componentes:

Trazado totalmente subterráneo, desde la avenida de Las Américas hasta la calle 127, con el patio taller en Bosa. Beneficia 11 localidades.

27 estaciones (7 de transferencia con Transmilenio, 2 especiales y 18 de paso), con las siguientes dimensiones:
Ancho: 22 a 26 m.
Profundidad: 15 a 25 m.
Largo: 200 a 300 m.

50 trenes de 6 vagones cada uno.

27 km de recorrido

15 billones de pesos de costo

50.000 pasajeros hora/sentido movilizados en el 2021 cuando entraría en operación. Para el 2050 se proyectan 80.000 hora/sentido.

El director del grupo SUR hace algunas recomendaciones para la construcción de la primera línea de metro

- Una institucionalidad competente es la base de un proyecto exitoso. Construir la capacidad técnica y financiera de un proyecto de este nivel requiere recursos importantes, tiempo y procesos de transferencia de conocimientos que deben ser acelerados si se quiere cumplir con los ambiciosos cronogramas de los gobiernos nacional y distrital.
- Hay que pensar no solo en la integración de los modos de transporte, sino en cómo interactúan con la ciudad. Por ejemplo, en Curitiba, ciudad brasileña que suele citarse como modelo, los edificios más grandes están alrededor de la línea de BRT (*Bus Rapid Transit*) y a medida que se alejan del corredor son más pequeños. De esa manera, la gente está cerca de sus actividades y se vuelve muy atractivo dejar el carro particular y usar el metro. En ese sentido, el grupo SUR está construyendo una base teórica fuerte con el fin de conocer cómo interactúan esos elementos (ver pág. 18).
- Cuando se implementó Transmilenio no se previó cuán atractivo sería construir, por ejemplo, centros comerciales en las puntas de las troncales. Si se hubiera hecho, habría sido más organizado y se le habría sacado mayor provecho para generar dinero a la ciudad. Esa recuperación puede lograrse siguiendo modelos como el de los Cepac de Brasil, que son certificados de venta de edificabilidad, mediante los cuales se les ofrece a los constructores la posibilidad de aumentar el número de pisos pagando por la mejora en accesibilidad que implica el metro.
- Así como el 70 por ciento de las estaciones prediseñadas tienen parqueaderos para las bicicletas, se debería establecer una conexión similar para el vehículo particular.
- Acelerar el uso de las tecnologías de información en beneficio de la movilidad. Así, por ejemplo, un usuario podría consultar en su teléfono inteligente cuáles son las opciones para moverse entre dos puntos, con tiempo de recorrido y costo de los pasajes, lo que ayuda a tomar la mejor decisión. En Singapur y Alemania ya hay sistemas de este tipo y en ciudades como Washington está aumentando el número de personas que usan tarjetas inteligentes con las cuales pueden tomar un carro que está estacionado en un lugar determinado y dejarlo en otro para que alguien más lo utilice.
- Combinar ingeniería, control y educación, lo que en inglés se conoce como las tres E (*enforcement, education and engineering*) para que el sistema funcione.

intersecciones a lo largo de toda la línea. Agrega que el trazado propuesto es subterráneo debido a la densidad de edificios construidos en las carreras 13 y 11 y, aunque surgen dudas por las características del suelo de esas dos vías, no cabe una línea elevada en estos corredores. Por eso, enfatiza, la Financiera de Desarrollo Nacional está estructurando un modelo de financiación que podría incluir cobros por valorización de predios, generación de plusvalías y eventualmente concesiones al sector privado.

El investigador recalca que el objetivo de una ciudad debe ser mejorar los modos sostenibles y restringir los que no lo son, lo que implica construir redes que le sirvan a la gente mediante un equilibrio entre troncales y alimentadores. Y como en ese ecosistema el metro es un componente fijo, lo aconsejable es diseñarlo de manera que los otros lo alimenten. ■

Más información sobre la situación de movilidad en Bogotá y el transporte intermodal en CONTACTO # 5, págs. 21-27 y # 6, págs. 14-27.



EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN ESTRATÉGICA

Movilidad Sostenible

EL GRUPO

SUR (Estudios en Sostenibilidad Urbana y Regional)

CONTACTO

Juan Pablo Bocarejo, ingeniero civil, doctor en Transporte de la Universidad de París Este (Francia), profesor asociado del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, director del grupo de investigación SUR (Estudios en Sostenibilidad Urbana y Regional).

jbocarej@uniandes.edu.co

<http://movilidadesostenible.uniandes.edu.co>



Fuerte crecimiento de los vehículos privados en Latinoamérica

A pesar de los planes de algunos gobiernos de ciudades latinoamericanas para desincentivar el uso de los carros particulares, la gente compra cada vez más automóviles y motos. En Bogotá, el 60 por ciento de los viajes se hacen en transporte público y el reto es que la tendencia no se revierta.

Tener carro se asocia con estatus social, comodidad y seguridad. Por eso, a mayor ingreso per cápita, mayor cantidad de vehículos particulares. Solo en Bogotá, investigadores de la Universidad de los Andes estimaron que cada 10 años entrará un millón adicional. Es decir, en ese lapso casi se duplicaría el número actual y hay que preguntarse si es posible manejar una ciudad con ese horizonte. El cálculo se basa en modelos para predecir el crecimiento del parque automotor según el aumento de la capacidad adquisitiva y fue publicado por la Universidad en el libro *El transporte como soporte al desarrollo de Colombia, una visión al 2040*.

El panorama es similar en las principales ciudades latinoamericanas cuya situación económica está mejorando, aunque las condiciones del sistema de transporte varían entre ellas (ver tabla). El fenómeno se da incluso en urbes donde se han implementado planes para desincentivar el uso del auto particular y se ha privilegiado el transporte público, según apunta el ingeniero Juan Pablo Bocarejo, coautor del libro mencionado y director del grupo de investigación SUR, del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental.

Un ejemplo es el de Londres, una ciudad donde disminuyó en un 15 por ciento el uso del automóvil en el centro mediante los cobros por cogestión, “aunque ya se empieza a perder el efecto inicial de la medida”. Bocarejo también menciona al Distrito Federal, cuyo completo sistema de transporte público incluye una red

de metro de 200 km y tiene tantos kilómetros para buses estilo Transmilenio como Bogotá. Pero, dice el ingeniero, en la capital mexicana “le ponen una vela a Dios y otra al diablo” porque a la par con esas políticas se desarrolla un programa de autopistas urbanas de segundo piso.

Un ejemplo distinto es el de París, donde un reciente estudio sobre movilidad reveló que los planes para desincentivar el uso del carro particular están funcionando y la gente está optando por el metro o por las bicicletas. Este resultado refleja la decidida política de las ciudades francesas de disminuir el kilometraje recorrido en automóvil mediante acciones como reducir los espacios destinados a su circulación.

“Para las ciudades es difícil hacer que la gente utilice menos el automóvil; incluso en las grandes urbes el objetivo de las políticas de movilidad ya no se limita a mejorar el tiempo de viaje o la eficiencia, sino que en sus planes se incluye un indicador sobre la disminución del uso del automóvil —señala el profesor Bocarejo—. Pero, no conozco ninguna ciudad latinoamericana que esté creciendo económicamente y lo haya logrado”.

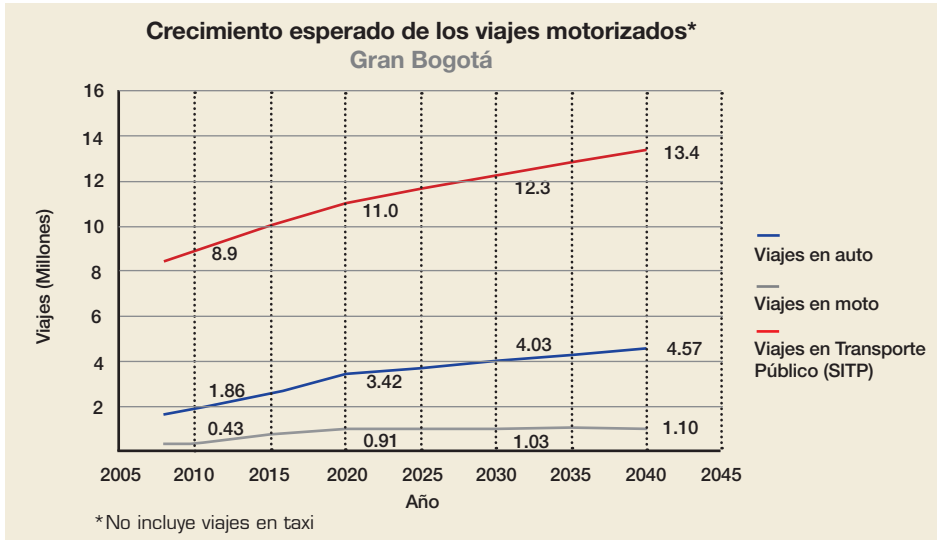
En Bogotá, además de percibir al carro como cómodo, flexible y rápido, Transmilenio es considerado como la alternativa opuesta en términos de comodidad y seguridad. A ese imaginario se suman los problemas diarios de trancones, el mal estado de las vías y la poca cultura ciudadana. “Esos factores están ahuyentando a la gente de considerar otras opciones”, dice el investigador.

Movilidad en ciudades de América Latina					
Ciudad	Metro Sí/No	Carriles exclusivos buses Sí/No	# de carros particulares y tasa por 1000 habitantes	Ciclorrutas km/carril	Tren de cercanías Sí/No
Bogotá	No	Sí	170	320	No
Ciudad de México	Sí	Sí	294	128	No
Sao Paulo	Sí	Sí	590	270	Sí
Río de Janeiro	Sí	Sí	354	307	Sí
Santiago de Chile	Sí	Sí	290	236	No
Lima	Sí	Sí	141	141	No

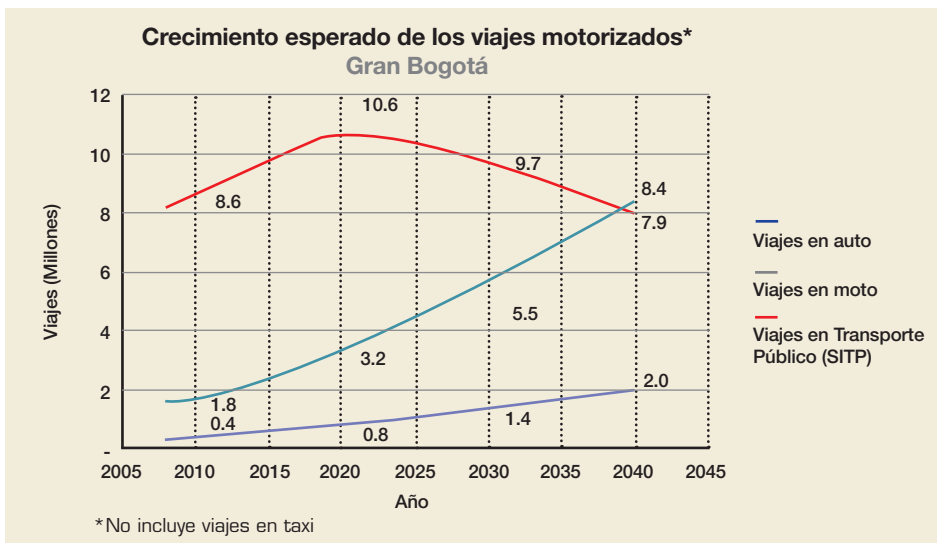
12.51
 millones de habitantes tendría el Gran Bogotá en el 2040.

1. Un ejercicio de prospectiva

Escenario uno, con inversión fuerte en transporte público



Escenario dos, sin inversión fuerte en transporte público



Incluso menciona que en el estudio que contrató la Secretaría de Movilidad del Distrito sobre cobros por congestión, se encontró que un buen número de usuarios del automóvil estarían dispuestos a perder tiempo y a pagar ese cargo con tal de no bajarse del carro, pues sienten que el sistema público es ineficiente.

A este respecto apunta que los planes para incentivar el uso de la bicicleta han tenido acogida sobre todo entre jóvenes que se le han medido a "dar el primer pedalazo", pero la mayoría de sus usuarios sigue siendo la gente de ingresos bajos.

Para él, es equivocada la creencia de que los problemas de movilidad capitalinos obedecen a que hay muchos carros: de he-

cho, la tasa de automóviles por habitante en la ciudad es muy baja, 0.2 carros por cada persona, mientras que en Estados Unidos es 0.8 (casi una persona por carro) y en Europa es de 0.6 o 0.7 autos por individuo.

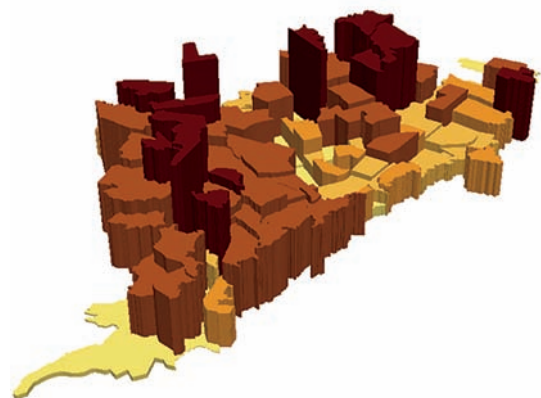
Además, enfatiza en que casi el 60 por ciento de los viajes en la ciudad se hacen en transporte público y "el gran desafío es que esa tendencia se mantenga. Es algo muy estudiado a nivel internacional: si su ingreso es alto, la variable que más pesa en la selección modal es el tiempo; si es bajo, lo más relevante es que el viaje sea barato. Como en Colombia nos estamos volviendo más ricos, hay mayor presión por usar el automóvil". ■

Foto Mauricio Moreno, El Tiempo

Transporte y territorio, interacciones que moldean la ciudad

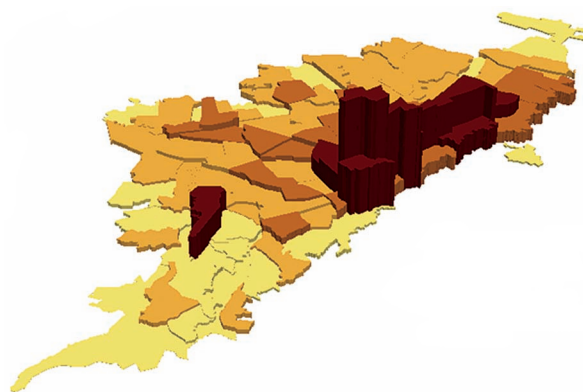
Proveer a la Administración Distrital de una herramienta para apoyar la toma de decisiones sobre planeación urbana es el propósito de esta investigación que mira integralmente la relación entre movilidad y territorio.

¿QUÉ PASA EN BOGOTÁ? Concepto de densidad dinámica



Densidad de población
Hab./km²

- < 8.000
- 5.000 - 15.000
- 15.000 - 25.000
- 25.000 - 35.000
- > 35.000



Densidad de empleo
Empleo/km²

- < 2.000
- 2.000 - 5.000
- 5.000 - 10.000
- > 10.000

En Bogotá, la gente vive mayoritariamente en las afueras, mientras que en el centro (entre calle 13, calle 100, avenida NQS y cerros orientales), se concentra la mayoría de las actividades: poco más de un tercio del empleo de la ciudad se ubica en esta zona que ocupa solo el 10 por ciento del territorio. Esto significa que este sector es el destino de aproximadamente el 55 por ciento de los viajes diarios.

Desarrollar un modelo de evaluación dinámica de políticas de transporte y usos del suelo es el objetivo de una investigación del grupo de Estudios en Sostenibilidad Urbana y Regional (SUR), del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental. Esta busca, por medio de un modelo, comprender la influencia de la localización de las actividades humanas en la distribución de la movilidad. Tal modelo estará en capacidad de estudiar los efectos sobre la ciudad y la región de proyectos de alto impacto, como la primera línea del metro o los macroproyectos de vivienda.

El estudio se enmarca en el desarrollo de modelos de planeación urbana sostenible como apoyo al proceso de toma de decisiones estratégicas de largo plazo para Bogotá y 12 municipios aledaños: Soacha, Chía, La Calera, Mosquera, Facatativá, Madrid, Sopó, Funza, Cota, Cajicá, Tocancipá y Zipaquirá.

“Una gran parte de los viajes que se hacen en los municipios vecinos tienen como destino la capital. En la práctica, Bogotá y algunos municipios funcionan como una única entidad territorial, particularmente en el caso de Soacha —dice Luis Ángel Guzmán, investigador del grupo SUR y codirector del proyecto—. Por eso, es importante disponer de herramientas que permitan evaluar toda la región”.

El académico asegura que dentro de un enfoque de sostenibilidad, el análisis de los comportamientos generales es mucho más importante que el de los locales, razón por la cual no se mide, por ejemplo, el impacto de pavimentar una calle o arreglar una intersección sino que se evalúan políticas y se muestran los posibles escenarios tendenciales hacia el futuro. Además, añade, los problemas territoriales y de movilidad no se deben a comportamientos individuales, sino colectivos.

La investigación empezó en enero del 2015 y finalizará a comienzos del 2016, es financiada por el Sistema General de Regalías a través de Colciencias y como entidad ejecutora de esos recursos está la Secretaría Distrital de Planeación.

Una de sus novedades es que analiza la movilidad teniendo en cuenta el componente territorial y sus cambios a lo largo del tiempo. “La localización de las actividades diarias como residir, trabajar, estudiar o comprar crea la necesidad de movernos —explica Guzmán—. Queremos desarrollar una visión integral, en la que no solo importan la congestión y la capacidad de las vías, sino entender las causas, de dónde a dónde van las personas y por qué. Así podremos proponer soluciones estructurales”.

La otra novedad es que desarrolla el concepto de densidad dinámica: “Es usual decir que Bogotá es una de las urbes más densamente pobladas del mundo, pero se toma como base dónde vive la gente y cómo se ve de noche, pero no cómo funciona en el día a día. Para proponer ideas que mejoren las condiciones de la ciudad, debemos tener en cuenta cómo se mueven los habitantes y dónde pasan la mayor parte del tiempo”.

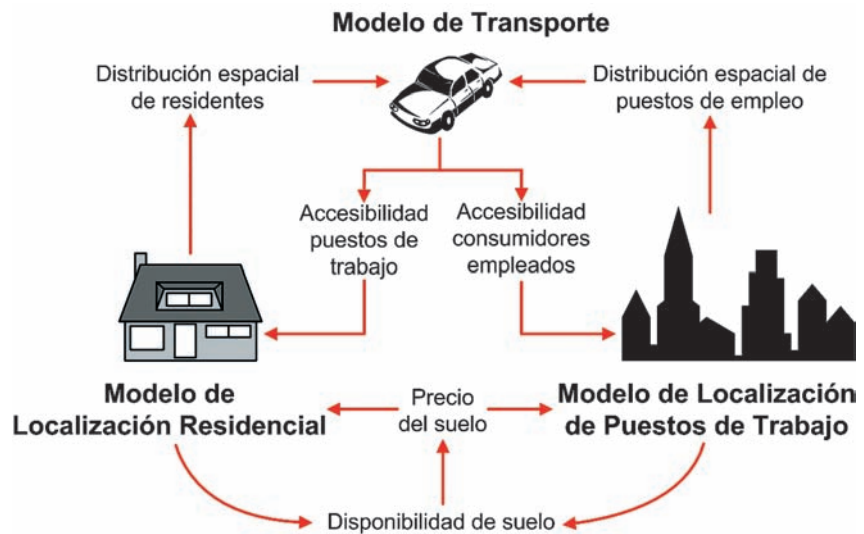
La densidad promedio de Bogotá es de 23.000 personas por km². Sin embargo, explica Guzmán, el dato bruto es engañoso porque no es igual en toda la ciudad: en general, las zonas de menores ingresos son las más densas (algunas pueden llegar a más de 65.000 personas por km²) y corresponden a barrios informales (o que antes lo fueron), en baja altura, sin parques ni espacio público ni vías de acceso. La capital es muy densa, pero la distribución en el territorio es muy desigual”.

Cómo se diseña

La investigación utiliza información de encuestas de movilidad, así como insumos de otras encuestas del Distrito (la mutipropósito y la de calidad de vida), las bases catastrales, los planes de ordenamiento territorial, datos del DANE y estudios previos elaborados por el grupo SUR.

El investigador explica que para desarrollar este modelo integrado es necesario diseñar unos particulares que se retroalimentan. Por ejemplo, en el de transporte, se estima cómo se generan los viajes teniendo en cuenta las características socioeconómicas de la población, la configuración del territorio y las diferencias entre los viajes obligados (estudiar o trabajar) y los voluntarios (como ir a cine). También se considera en qué modo se hacen, lo que depende de factores como disponer de vehículo particular o no, la cercanía con el transporte público o la capacidad económica de las familias.

Otro modelo es para los usos del suelo e incluye datos como las viviendas que se van a construir en una zona y dónde querrá



ubicarse la gente de acuerdo con sus condiciones socioeconómicas, preferencias y accesibilidad. Hay otro componente que busca estimar las emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes, y asuntos relacionados con el comportamiento de los habitantes.

La complejidad descrita aumenta porque deben considerarse factores externos como el crecimiento esperado de la economía o de la población, porque de ellos dependen factores como el índice de motorización, el desarrollo urbano o la generación de viajes. “La ventaja de este modelo es que no es una caja negra, es totalmente flexible y podemos modificarlo de acuerdo con las necesidades específicas de cada escenario”, concluye Guzmán. ■



EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN
Movilidad Sostenible

EL GRUPO
SUR (Estudios en Sostenibilidad Urbana y Regional)

CONTACTO

Luis Ángel Guzmán, ingeniero civil, doctor en Planeación Urbana y Transporte de la Universidad Politécnica de Madrid (España), con instancias de investigación en la Universidad Politécnica de Viena (Austria) y en la Universidad de California Davis (Estados Unidos) e investigador del grupo SUR.

la.guzman@uniandes.edu.co Juan Pablo Bocarejo, Ph.D. (director grupo SUR) jbocarej@uniandes.edu.co



Alberto Sarria Molina, un ingeniero ejemplar

A finales de abril falleció Alberto Sarria Molina, uno de los pioneros de la Ingeniería Sísmica en Colombia. Entre 1966 y el 2004 estuvo vinculado a la Universidad de los Andes, de la que fue profesor y decano de la Facultad de Ingeniería y donde dejó una profunda huella.

20

Generoso, visionario, comprometido, pionero, vital, ejemplar... Quienes conocieron al profesor Alberto Sarria no ahorran elogios para describir al maestro que les inculcó la pasión por el oficio y les enseñó a atreverse a pensar en grande.

Hablar de él es referirse a la llegada de la Ingeniería Sísmica a Colombia y a la fundación de la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. También, al diseño e instalación de la red sísmológica nacional (con dinero de Naciones Unidas y del Gobierno de Canadá) y a la normativa colombiana de sismorresistencia, trabajo que adelantó con el decidido concurso del profesor Luis Enrique García Reyes, el 'Turro'. Además, es recordar las patentes que dejó en el país y en Estados Unidos sobre mejoramientos constructivos con aligeramientos en fibra de vidrio y aprovechamiento del calor de la tierra mediante intercambio con agua en circulación a través de perforaciones profundas.

Alberto Sarria Molina nació en Popayán y cursó su pregrado en Ingeniería Civil en la Universidad del Cauca. En 1966 se vinculó a Los Andes como profesor de cátedra del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, labor que ejerció durante 10 años, y se convirtió en profesor de planta en 1977.

Porque el amor por la enseñanza lo acompañó siempre, nunca se arrepintió de esa decisión pese a que pasó de ganarse 81.000 pesos mensuales —en una firma de estudios e interventorías— a tan solo 27.000. Como docente motivó a muchos estudiantes a continuar su formación en el exterior y se sentía orgulloso de haber intervenido en la modificación del curso Hormigón I para convertirlo en Hormigón II e introducir en él, por primera vez en una universidad colombiana, el tema de los efectos de los terremotos en las construcciones civiles.

En la Facultad también participó en la creación del Doctorado en Ingeniería, en la del Departamento de Ingeniería Química y en la del Centro de Innovación y Desarrollo Tecnológico (CITEC). Además, contribuyó a la modernización de los laboratorios, se preocupó por organizar encuentros con exalumnos

y ayudó a crear el estatuto profesoral de la Universidad. En el 2011, recibió el Premio Vida y Obra Cemex por su trayectoria y aportes a la Ingeniería Sísmica en el país.

En su vida profesional fue consultor, gerente e interventor de firmas de ingeniería civil y perteneció a organizaciones como la National Geographic Society, la Seismological Society of America, la American Geophysical Union, la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia, el Smithsonian Institute, el Earthquake Engineering Research Institute y la New York Academy of Science.



Foto Nelson Barreto

▲ Alberto Sarria escribió varios libros sobre la ingeniería civil como profesión, la acción sísmica sobre las obras civiles, la dinámica terrestre, la investigación no destructiva de materiales y el comportamiento del concreto reforzado frente a la acción de sismos intensos.

► El profesor Sarria era un convencido de que la enseñanza de la Ingeniería debía estar regida por principios éticos intachables.



Foto Nelson Barreto

El legado del profesor

Varios de los aportes de Alberto Sarria Molina al país y a la Universidad están contenidos en los libros que escribió. El primero de ellos fue *Ingeniería Sísmica* (también uno de primeros de carácter técnico que publicó Los Andes). En él recopilaba sus conferencias y estudios que iba enriqueciendo con comentarios y correcciones de sus estudiantes y juntaba en cuadernos amarillos (por el color de la pasta) hasta que fueron editados en 1990, 22 años después de comenzar a estructurarlo.

“Quise dar el ejemplo de que se podía hacer un libro que los demás podían corregir y criticar —le dijo a CONTACTO en una entrevista en octubre del 2011—. La ayuda mecanográfica era casi inexistente, las figuras las tenía que hacer uno mismo; era un trabajo muy interesante, pero muy largo y tedioso, porque apenas en el 87, los profesores tuvimos computadores personales” (ver CONTACTO # 4, pág. 59).

Su generosidad para compartir el conocimiento quedó en la memoria de varios ingenieros que fueron sus alumnos. Por ejemplo, Carlos Costa, exministro de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo y actual decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la Salle, le dijo a CONTACTO en una entrevista en el 2012 que era el profesor a quien más recordaba: “No solo

era docente, sino un ejemplo de vida. Cuando hablo de que un ingeniero debe ser alguien con vocación de resolver problemas de la sociedad, estoy pensando en él porque siempre estaba identificando problemas interesantes y retadores que nos entusiasaban por el estudio”.

A su vez, el profesor de Los Andes Bernardo Caicedo dijo el día de su fallecimiento: “Nos enseñó a creer que éramos capaces de sacar adelante desarrollos tecnológicos de gran envergadura, nos demostró que podíamos hacer investigaciones mundiales de punta y nos convenció de que desde Los Andes podíamos realizar trabajos propios del primer mundo”.

Y Juan Francisco Correal, director del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, señaló: “El doctor Sarria es el único ingeniero que no es doctor a quien siempre llamaré doctor, no solo por ser uno de los mejores profesores de Ingeniería que he tenido, sino porque logró despertar en mí el respeto, la pasión y la reflexión en temas tan complejos como la Ingeniería Estructural y Sísmica. Fue ese tipo de ingeniero visionario adelantado siempre a su época, inspiración para muchos de sus alumnos”.

CONTACTO se une a las manifestaciones de pesar por la muerte de Alberto Sarria, un ingeniero y un ser humano ejemplar. ■



Alba Ávila, una científica comprometida

La investigadora trata de hacerles ver a sus estudiantes las relaciones entre lo que viven y los fundamentos físicos que son base de revoluciones y aplicaciones tecnológicas, al tiempo que promueve la inclusión de más mujeres en las ciencias exactas e ingenierías.

22

En el mundo de la profesora Alba Ávila caben grandes y diversos retos y aficiones: la pasión por la nanotecnología, la microscopía de barrido, la ciencia de los materiales y la física, el compromiso por impulsar profesionalmente a sus estudiantes y por promover la paridad de género y el deseo de atraer a los niños y a las niñas a la ciencia. También le gusta cocinar comida vegetariana, bailar salsa, ver películas de ciencia ficción y leer mucha historia. Y es que los principios físicos los aplica en la experimentación científica y en la vida cotidiana.

Después de graduarse como la mejor alumna de su promoción en el colegio, ingresó a Los Andes a cursar doble programa de Física e Ingeniería Eléctrica con el patrocinio de una beca de la empresa Eternit S.A., en donde trabajaba su padre. Su tesis de pregrado en Física desarrolló el primer microscopio de efecto túnel en Colombia, por lo que obtuvo el premio Otto de Greiff, y su tesis en ingeniería fue seleccionada como la mejor de su promoción. Gracias a esto obtuvo también la beca de la Fundación Mazda. La ventaja de tener dos programas, uno en Ciencias y otro en Ingeniería —dice—, es que la primera enseña a ser metódica en la forma de pensamiento y a conectar los fundamentos de ciencias básicas, y la segunda a explotar esos fenómenos en aplicaciones útiles a la sociedad. “Estos dos caminos hacen que las ciencias básicas se vuelvan una conexión para la innovación en tecnología. Lo hago por medio de la Electrónica y mi área de trabajo es a través de materiales y nanotecnología”.

Alba Ávila hizo la maestría en Ingeniería Eléctrica en Los Andes y en el 2003 el doctorado en Física de Semiconductores en la Universidad de Cambridge en el Reino Unido, a donde también se fue becada por Colciencias. Ha sido profesora e investigadora visitante en el área de Nanosistemas Electromecánicos, de Nanotecnología y de Microscopía en las universidades de Ohio y Cornell (Estados Unidos); en el Centro Nacional de Microelectrónica de la Autónoma de Barcelona (España) y en la Chinese Academy of Sciences (Pekín, China).

También fue *Visiting Scientist* en el Semiconductor Research Corporation (Estados Unidos) y becaria y *fellow* de la Fundación Carolina e IANAS. Fue joven investigadora (1996-1998) y becaria de Colciencias (1998-2003).

Actualmente es profesora e investigadora del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Se vinculó en el 2003 con la idea de impulsar el área de micro y nanotecnología, entró al Centro de Microelectrónica e inició una línea de investigación en esta área. Entonces trabajó, entre otras, en el diseño y puesta en marcha de la primera Sala Limpia y en la adquisición de equipos robustos como microscopios de fuerza atómica y electrónicos, que pasaron a ser el Centro de Microscopía de la Universidad; además de la generación de equipos locales de microscopía de barrido (un STM y un AFM) que fueron usados en los primeros cursos de estas áreas.



▲ La profesora en uno de los cursos con estudiantes de colegio.

También se concentró en impulsar a un grupo de estudiantes, de Ingeniería Electrónica, con doble programa en Eléctrica, Mecánica o Física, para que cursaran maestrías y doctorados en áreas relacionadas con materiales, caracterización, semiconductores y nanotecnología en universidades de alto nivel en el exterior (ver “Hablan los alumnos”, pág. 24).

Una educadora para la ciencia

Alba Ávila intervino para que en el programa de Ingeniería se crearan los cursos Microsensores y Microsistemas y Principios Básicos de Nanotecnología, y para que se reformara el de Física de Semiconductores que ahora se llama Materiales para Ingeniería Eléctrica y Electrónica. “La idea es mostrar cómo los materiales están integrados a los dispositivos electrónicos y cómo las nuevas tecnologías abren campo para dispositivos nanoelectrónicos. Los y las estudiantes tienen que ver la relación directa que hay entre ciencia de materiales, física y electrónica”, explica.

Por otro lado, lideró la creación del curso Ciencia, Tecnología y Género, para resaltar el aporte de la diversidad de género en el avance de la innovación, la ciencia y la ingeniería. Eso motiva su insistencia en que, en la carrera, hombres y mujeres no están en igualdad. “Se aceptan estudiantes pagando la misma matrícula, pero no se gradúan profesionales en iguales condiciones. En Colombia hay una diferenciación salarial que va entre 15 por ciento y 30 por ciento para los mismos cargos técnicos y profesionales”.

Su preocupación va más allá: “En el Departamento tenemos aproximadamente 18 profesores y solo 2 somos mujeres. En la Facultad hay 111 profesores y solo 23 profesoras, solo una de ellas es profesora titular. No hay decanas ni rectoras. ¿Dónde están las mujeres en posiciones decisorias o por qué no han llegado a ellas?”.

Desde el 2014, en marzo (mes de la mujer), conjuntamente con otras entidades educativas, se organiza el evento Mujer, Ciencia y Tecnología, al que invitan estudiantes de colegios e instituciones técnicas para que visiten las universidades y conozcan a las ingenieras y científicas activas. La programación incluye charlas, giras, exhibición tecnológica, experimentos y relatos de vida.

A Alba Ávila le apasiona la educación en ciencia para niños, niñas y jóvenes y constantemente explora cómo estimular su curiosidad científica y mostrarles la ciencia como algo divertido. Por eso visita colegios, ferias de la ciencia, Maloka, el Museo de los Niños o la Asociación para el Avance de la Ciencia, para dar charlas sobre nanotecnología y sobre temas que van desde el electrón hasta los celulares. “Espero que cada vez se transfiriera al menos una inquietud y la idea de que cualquier persona puede ser científica”. También adelanta actividades con colegios públicos y con el Sena. Y a través del equipo de Pequeños Científicos, docentes y alumnos traen a niños, niñas y jóvenes a la Universidad.

“Motivo a mis estudiantes de maestría y doctorado para que interactúen con los niños y las niñas, porque si son capaces de



▶ Alba Ávila se define como una mezcla de ingeniera y física.

poner el conocimiento en términos sencillos son capaces de transmitirlo a toda la comunidad. No creo en el conocimiento exclusivo para un grupo con doctorado o maestría”.

De los platos vegetarianos y el baile

Alba Ávila también tiene una afición por el género de la salsa, y hasta en eso encuentra conexión con la física, pues promueve con sus estudiantes la discusión sobre los fundamentos de los giros y el equilibrio en un buen baile.

Además, prepara ricos platos vegetarianos con raíces y semillas colombianas en cuya presentación combina texturas y colores. “Cuando se come, la invitación hacia los ojos y el experimento gastronómico de cada bocado es único, y uno está transformando energía de alimento en una energía interna”.

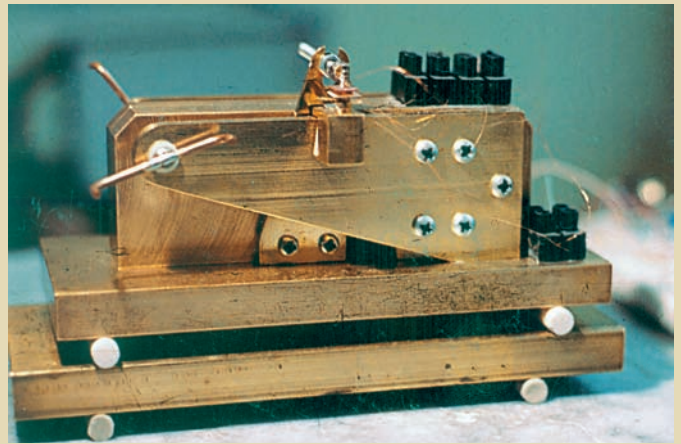
Suele leer o ver películas de ciencia ficción sobre el surgimiento de tecnologías en energías de semiconductores o nanotecnología. Algunas veces utiliza esas películas en clase para ver aplicaciones que los científicos tardan 10 años en volver materiales. “Creo en esa imaginación adelantada”.

Para ella, ser investigadora y educadora de jóvenes y adultos es una forma de siempre estar aprendiendo, promoviendo el pensamiento crítico y cuestionándose sobre cómo la ciencia y la tecnología apoyan las construcciones cambiantes de la sociedad.



¡Nos dio alas!, dicen sus exalumnos

▶ Microscopio de efecto túnel CIF, Uniandes, 1994



Ariel Gómez

Estudiante de doctorado en Ingeniería,
Universidad de Oxford

Fue mi profesora de Materiales y Semiconductores y mi supervisora en el proyecto de grado. Su trayectoria científica es un ejemplo para quienes buscan ser investigadores y profesionales exitosos. Gracias a sus consejos y emprendimientos, un grupo de estudiantes de mi generación se ha proyectado internacionalmente en prestigiosas instituciones educativas. Lo que la hace grande es su capacidad de darles alas a sus alumnos de forma desinteresada.

Juan Alzate

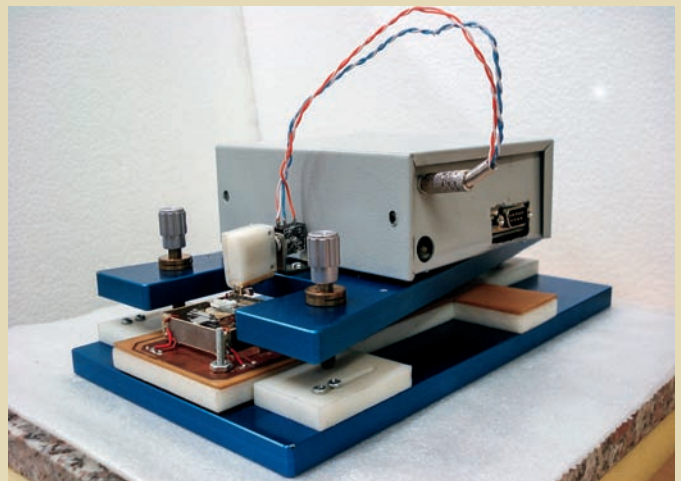
Investigador de Intel, Estados Unidos.

Tuve la fortuna de ser uno de sus primeros estudiantes en Los Andes. Ella empezó casi desde cero un programa en Física de Semiconductores en el Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Actualizó el curso, creó laboratorios y prácticas educativas para incrementar el interés en el área. Pasamos de ser tres personas a necesitar una sala grande para reunirnos y muchos de los que nos sentábamos allí estamos hoy en las mejores instituciones del mundo en nanotecnología, en parte gracias a Alba.

Sebastián Bonilla

Grupo de Semiconductores. Departamento de Materiales,
Universidad de Oxford

Quedé cautivado con la ciencia de semiconductores en sus cursos. Hoy, después de diez años y gracias a su mentoría, me encuentro en la recta final de mi doctorado precisamente en Semiconductores para Celdas Solares. Le agradezco haber sembrado la semilla del interés en la ciencias y en la medición de sistemas a nanoescala. Hoy continúo recogiendo los frutos.



▲ Microscopio de fuerza atómica, Uniandes, 2012

Daniela Forero

Test Engineer at Nest Labs, San Jose, California

Decidí trabajar con ella en mi tesis de pregrado porque su experiencia y conocimiento la hacen única para quienes nos interesamos por la nanotecnología. Fomenta el conocimiento del desarrollo de nuevas tecnologías. Recuerdo que dijo que no morirá sin ver un nobel colombiano.

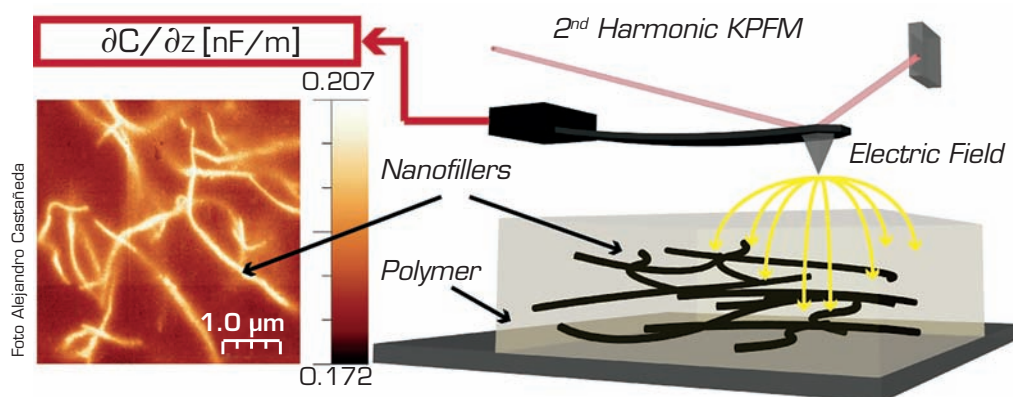
Andrea del Pilar Gómez Ph.D.

Gerente Comercial de G&A Soluciones, directora de la Academia Cisco, Universidad Santo Tomás

La conocí en el 2005, fue mi directora de tesis de maestría. Es consagrada, comprometida con la investigación y la formación idónea de sus estudiantes, a quienes ayuda fielmente hasta el punto de colaborarles en la consecución de sus trabajos y de sus metas. Usa enfoques novedosos al abordar temáticas complejas, coordina las actividades de sus estudiantes voluntarios en el campo de la TI, es excepcional. Resalto, además, que es una activista de la participación femenina en la Ingeniería.

Nanotecnología segura y con calidad

En el grupo de investigación del Centro de Microelectrónica (CMUA) se desarrollan proyectos enfocados en nanotecnología. Presentamos aquí algunos liderados por la profesora Alba Ávila y centrados en materiales inteligentes, reciclaje de energía, caracterización a nanoescalas e impacto de nano y seguridad.



◀ Imagen subsuperficial de un nanocompuesto polimérico usando un Second Harmonic Kelvin Probe Force Microscopy.

La nanotecnología investiga, manipula, controla y diseña fenómenos a nivel atómico y molecular, en los que interactúan propiedades físicas, químicas y biológicas. Lo hace con el fin de fabricar nuevos materiales, integrar técnicas y procesos para entender nuevas interacciones biológicas y novedosos fenómenos que retan nuestros conocimientos de ciencias de materiales. Hay varias aproximaciones para definir escalas de trabajo dependiendo del sector de aplicación: alimentos, drogas, materiales, entre otros. Las escalas en que se enfocan estas tecnologías pueden variar entre 0.5 micrómetro y 1 nanómetro.¹

El avance de la nanotecnología en los mercados depende de aspectos críticos como seguridad y control de calidad. En la línea de micro y nano del Centro de Microelectrónica, la profesora Alba Ávila se ha dedicado a abordar estos temas.

La incorporación de nanomateriales en nuestro día a día implica exponernos también a potenciales efectos perjudiciales. Como parte de la investigación responsable y sostenible, el grupo busca nuevas aplicaciones para nanomateriales, al tiempo que evalúa su interacción con estructuras biológicas de células de mamíferos, hongos y bacterias para determinar su toxicidad. Este trabajo

ha llevado al desarrollo de biomateriales compatibles y superparamagnéticos para la regeneración tisular selectiva, además del desarrollo de nuevas técnicas para evaluar toxicidad. Estas abren una nueva dimensión en la comprensión de los efectos de nanomateriales en estructuras biológicas.

El control de calidad en nanotecnología ha sido otra área de interés para el grupo de la profesora Ávila. Sus estudiantes han establecido nuevas técnicas capaces de detectar dentro de la muestra la presencia de nanomateriales, utilizando el método de exploración "sonda Kelvin" con un microscopio de fuerza atómica.

La capacidad de mirar debajo de la superficie de nanocompuestos representa una gran utilidad para la industria nacional.

Otros aportes de Los Andes

Desde la Universidad, la profesora Alba Ávila ha apoyado varias iniciativas para el avance de la nanotecnología. Recientemente, suscribió un convenio con el Sena —entidad líder en la formación de técnicos en este campo— para participar en la elaboración de los currículos, y también promueve acuerdos de colaboración con organismos y entidades internacionales como el ENAS

¹ *Nanoscience and Nanotechnology: Evolving Definitions and Growing Footprint on the Scientific Landscape*. Grieneisen, ML., Zhang, MH. SMALL, volume: 7, issue: 20, págs. 2836-2839.

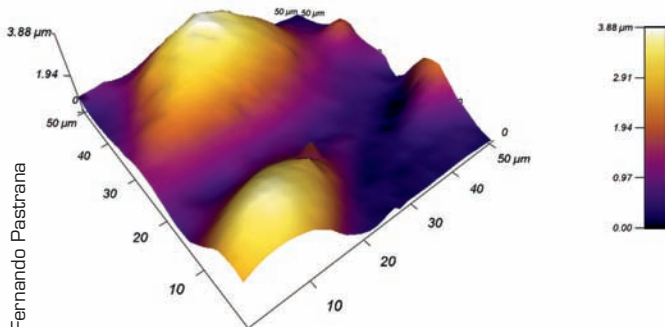


Foto Fernando Pastrana

▲ Imagen de reconstrucción 3D de la topografía de fibroblasto [célula de reparación de tejido conectivo] obtenida con microcopia de fuerza atómica.

De igual manera, su trabajo ha sido reconocido por otros entes y organismos internacionales. Actualmente es revisora de seis revistas en el área y ha estado involucrada en la generación de mapas de ruta que definen límites de disipación térmica en aplicaciones de nanoelectrónica, proyectos que se han desarrollado por solicitud del Semiconductor Research Corporation (SRC). Desde el 2006 dicta una clase de maestría enfocada en principios básicos de nanotecnología, además de promover la importancia de la educación y el entrenamiento técnico en nanotecnología en eventos como el encuentro con el futuro organizado por la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia (ACAC). ■

Fraunhofer (Alemania) y la Universidad de Purdue para trabajar en el área de aplicaciones industriales.

La doctora Alba Ávila ha sido revisora de algunas políticas públicas en nanotecnología en Antioquia, así como jurado de los primeros concursos que organizó el Sena sobre competencias técnicas para nanotecnólogo técnico y tecnólogo en nanotecnología. El grupo ha motivado y continuamente participado en los encuentros colombianos de micro y nanotecnología. Esto ha permitido reconocer y establecer grupos activos a nivel nacional en estas tecnologías y motivado el trabajo interuniversitario de cinco entidades de Bogotá y actores de la academia, centros de investigación y empresas alrededor de estas nuevas tecnologías.



EL GRUPO

Centro de Microelectrónica de la Universidad de los Andes (CMUA)

CONTACTO

Alba Ávila, ingeniera eléctrica y física de la Universidad de los Andes, Ph.D. en Física de Semiconductores, Universidad de Cambridge (Reino Unido). Profesora asociada del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.

a-avila@uniandes.edu.co

Otros proyectos

En el CMUA, con participación de la profesora Alba Ávila, se estudian:

- Los efectos nocivos sobre los investigadores, desarrolladores o usuarios de nanoproductos que produce la interacción con algunos nanomateriales en espacios de trabajo. Se observa cómo los nanotubos y *grapheno* ingresan a una célula afectando su viabilidad y modificando sus propiedades. Esto con el fin de promover una cultura de experimentación segura y el reconocimiento de su impacto. Mientras se desarrollan nuevas metodologías para evaluación de citotoxicidad.
- Materiales nanocompuestos poliméricos basados en nanotubos de carbono de capa simple y multicapa, con el fin de evaluar su aplicabilidad como actuadores optomecánicos, termomecánicos, bloqueadores de ondas electromagnéticas y otros.
- La observación de propiedades ópticas y térmicas y sus aplicaciones en optomecánica con el fin de fabricar actuadores y sensores para la elaboración de *switches* y para robótica.
- La aplicación de nanomateriales para la detección de materiales pesados en el agua.
- En conjunto con Ingeniería Química, se estudia por qué los polvos a nanoescala pueden generar explosiones y cuánta energía se necesita para que se produzca ese intercambio energético y se genere una ignición.
- Con Ingenieros sin Fronteras, grupo liderado por la ingeniera Catalina Ramírez, se implementó un proyecto de generación de energía a través de movimiento de bicicletas para una finca en Guasca, donde funciona un orfanato. También se han diseñado sondas para medir las propiedades del suelo, con el fin de motivar a los niños en el cuidado de su granja.

Cómo superar el déficit de ingenieros de sistemas

Con el ánimo de impulsar estrategias para motivar a los jóvenes a estudiar carreras relacionadas con las tecnologías de la información, el Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación reunió a representantes de la industria y del Gobierno y a docentes de colegios y universidades para compartir los detalles de un fenómeno de carácter global y para debatir el tema en dos Foros ISIS. CONTACTO recoge algunos de los resultados.

El mundo de la informática es presa de una curiosa paradoja. A pesar del auge de la tecnología, de que el mundo está lleno de oportunidades retadoras en los campos del internet, de los dispositivos, de los vehículos y las ciudades inteligentes, en la era del *big data* y de la computación en la nube pocos bachilleres quieren estudiar Ingeniería de Sistemas y no es frecuente encontrar profesionales con las habilidades adecuadas. Este problema se da en todo el mundo y, aunque en Estados Unidos la tendencia de inscritos en programas afines a la tecnología está cambiando, se avizora el déficit de profesores con la preparación necesaria para formar el talento que requerirá este siglo.

Según Rubby Casallas, profesora titular del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación (DISC), el National Center for Women & Information Technology estima que entre el 2008 y el 2018 se crearán 1.400.000 nuevos puestos de trabajo, pero solo podrán abastecer el 60 por ciento en Sistemas y el 29 por ciento en Computer Science.

El fenómeno ya afecta a empresas colombianas que con mayor frecuencia tienen que buscar profesionales en otros países de América porque aquí no encuentran suficientes para llenar sus cargos. El estudio “Brecha de talento digital”, de Infosys y Eafit, muestra que si no se toman las medidas necesarias en las que intervengan todos los acto-



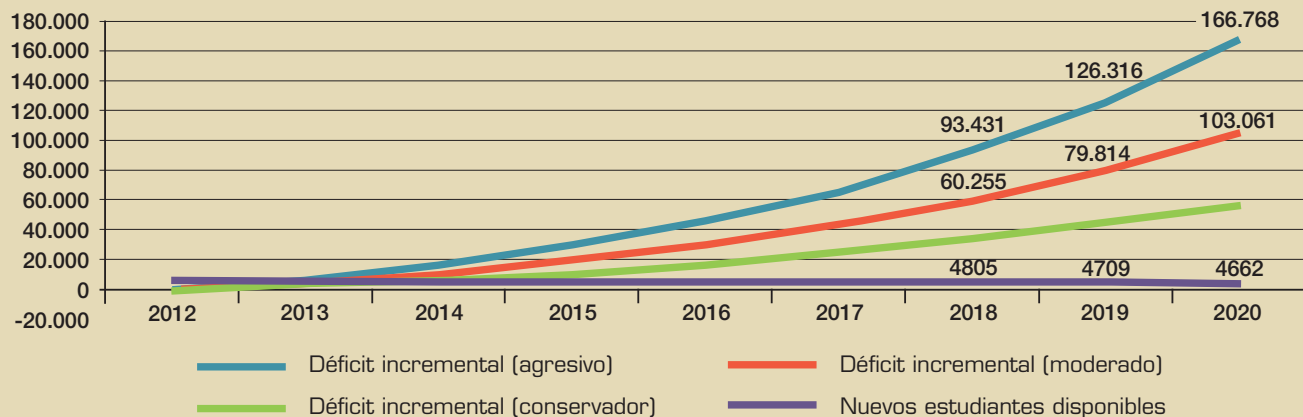
► Algunas empresas colombianas han optado por contratar ingenieros de sistemas con una sólida formación en matemáticas y buenas habilidades actitudinales. Ellas se encargan de capacitarlos técnicamente.

res involucrados, en un escenario de crecimiento de la industria de TI superior al 10 por ciento, el déficit de recurso humano será de 93.431 profesionales para el 2018. En la empresa Asesoftware, por ejemplo, revisaron más de 2500 hojas de vida entre enero y junio del 2014 y solo lograron llenar 45 de 120 vacantes.

Y mientras que los requerimientos en tecnologías de la información (TI) son crecientes tanto en el sector privado como en el público —en el 2012 se crearon 41.967 nuevos empleos—, disminuyen los inscritos en carreras de TI. Por eso resulta paradójico que los jóvenes se sientan poco atraídos por esta y otras carreras afines, y que, en palabras de Harold Castro, director del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación de

Proyección de las necesidades de la industria versus el número de ingenieros de sistemas graduados.

▼ La gráfica presenta tres escenarios: uno conservador, uno moderado y uno agresivo.



Fuente: Brecha de talento digital, de Infosys y Eafit.

Los Andes, no las vean como una opción de vida interesante. Esa es la razón por la que el DISC y otras universidades del país como Icesi de Cali están empeñados en cambiar el imaginario de que un ingeniero de sistemas y computación es aquel que se viste de overol y usa un cinturón de herramientas para arreglar computadores o trabajar con programas básicos.

La estrategia comienza en los colegios, un sector en el que se ha enfocado la Universidad de los Andes con acciones como la organización de campos de verano para familiarizar con la carrera a los estudiantes de últimos grados de bachillerato, o el programa de Mujeres en Computación (MEC). También efectuados foros ISIS sobre talento en TI el año pasado, en los que representantes de la industria y del Gobierno y profesores universitarios y de colegio debatieron sobre los retos de formar profesionales en estas áreas.

Los participantes en ambos encuentros mostraron especial preocupación por los altos índices de deserción. También revela-

ron gran inquietud acerca de por qué las mujeres son las menos interesadas en estudiar profesiones relacionadas con las tecnologías de la información. En pocos años ellas pasaron de ser el 50 por ciento de los matriculados a tan solo el 10 por ciento en Los Andes, mientras que en Icesi eran apenas el 6 por ciento de los 133 matriculados en el segundo semestre del 2014. El Gobierno no es ajeno a esta situación. De acuerdo con la viceministra de Tecnologías y Sistemas de Información (TSI), María Isabel Mejía, el 46 por ciento de las entidades dice que les falta personal calificado. Para hacerle frente al asunto, propone un plan de mercadeo con colegios y padres de familia que les explique a los estudiantes y a sus papás en qué consiste la carrera de Ingeniería de Sistemas. Además, ha destinado recursos provenientes del Fondo de Talento Digital para formar profesionales en TI; en cuatro meses planea capacitar en ingeniería de sistemas a ingenieros de distintas especialidades y atraer doctores que estén en el exterior que quieran trabajar en el país.

En busca de otras competencias

Empresas como Asesoftware han desarrollado dos estrategias. La primera es llenar las vacantes con los ingenieros que les refieren sus propios empleados. Para la segunda, diseñaron un Plan Semilla con estudiantes de los últimos semestres de Ingeniería de Sistemas, Electrónica o carreras afines, para moldear una suerte de empleados hechos a la medida. Para conseguirlo, a estas personas las preparan

en temas como análisis, procesos y CMMI, además de entrenarlos con ingenieros más experimentados. Para llenar sus vacantes de sistemas y computación, el Banco de la República también busca competencias diferentes a las que da la formación académica tradicional: "No nos interesa el 'superexperto' porque la tecnología es obsoleta rápidamente", afirmó Alberto Cueto, subdirector de Compu-

tación Corporativa de la entidad. Su división se encarga de complementar la formación de las personas escogidas con características específicas: un buen nivel de inglés técnico, comunicación efectiva, liderazgo y trabajo en equipo, capacidad de negociación, de adaptación al cambio, asertividad y comprensión de las necesidades de un cliente para transformarlas en una solución.



Foto cortesía The English School

► Enseñar con TI y en TI es uno de los retos de los colegios, a juicio de los participantes en los foros sobre talento organizados en Los Andes. Expertos en la materia recomiendan que los niños tengan contacto con las tecnologías de información desde temprana edad.

Por otro lado, según la profesora del DISC María del Pilar Villamil, una de las razones por las que los bachilleres no escogen estas carreras también puede obedecer a que la oferta educativa en TI se asemeja a una torre de Babel. En efecto, mientras que en Estados Unidos hay 160 programas afines a TI, en Colombia son 229 universitarios —de los cuales solo 37 están certificados—, 276 técnicos y tecnológicos y 505 asociados.

El problema de la deserción y de las competencias

La diferencia entre los graduados en sistemas y computación y los profesionales requeridos por la industria aumenta por la deserción de las aulas universitarias, que llega al 65 por ciento según el estudio "Brecha de talento digital", de Infosys y la Universidad Eafit, contratado por el Ministerio de las Tecnologías y las Comunicaciones (MinTIC) en el 2013. Ángela Patricia Nocua, del MinTIC, señaló que el recurso técnico y tecnológico ha crecido, pero el universitario ha disminuido y a ello contribuye la alta tasa de deserción.

Al respecto, el decano de Ingeniería de la Universidad Nacional, José Ismael Peña, mostró otro ángulo del problema. Dijo que una lucha difícil de ganar es la de los ingresos, pues el 80 por ciento de sus alumnos pertenecen a los estratos 1, 2 y 3, tal como está compuesta la población estudiantil de gran parte del país. Cuando les ofrecen un salario de un millón de pesos, abandonan

los estudios. A pesar de ello, han logrado disminuir la deserción del 58 al 35 por ciento con programas de acompañamiento, formación en lengua extranjera e internacionalización, que motivan a los estudiantes a permanecer en la carrera y a graduarse.

Para Víctor Alejandro Venegas, del Ministerio de Educación Nacional, una de las causas por las que la gente abandona las ingenierías en el pregrado es la deficiencia en matemáticas, ciencias y lenguaje. Por ello los participantes en el Primer Foro de Talento en TI, llevado a cabo el año pasado, insistieron en reforzar esas áreas en la secundaria.

En esto coincide Fabio Zapata, de Manpower Group, quien habló que la Encuesta de Escasez de Talento realizada en 42 países con 37.000 empresarios. En Colombia, el 40 por ciento de los preguntados afirma que el personal no tiene competencias técnicas como las que otorgan proveedores en desarrollo como SAP o Microsoft, que les garantizan los servicios y el conocimiento especializado. El problema se acentúa con la alta rotación, pues luego de encontrar a la persona aparentemente adecuada para un cargo, resulta que no sirve y deben pagar por los costos de una contratación que no dio retorno. Además, Fabio Zapata recomendó fortalecer las habilidades actitudinales y las blandas que también aparecen débiles y son criticadas por la industria. Las primeras son aquellas como la innovación y la capacidad de construir algo en la empresa que le dé crecimiento. Las segundas se refieren a asuntos tan elementales como hablar y escribir bien, ser un buen ciudadano y saber trabajar en equipo. ■



Modelos matemáticos para la salud pública y las ciclovías

Raha Akhavan-Tabatabaei investiga en la aplicación de modelamiento estocástico en sistemas de salud, de transporte y logística y de producción, en *revenue managment* y en calidad y confiabilidad. Dos de sus proyectos se relacionan con cáncer de cuello uterino y de seno y con la ciclovía dominical.



Contar la cantidad de personas que cada domingo asisten a la ciclovía en Bogotá no es fácil si se tiene en cuenta que, a diferencia de otras ciudades del mundo, la red tiene una extensión de 113 km, muy por encima del promedio latinoamericano.

Tampoco es sencillo saber cuáles pruebas de tamizaje usar para detectar cánceres de cuello uterino o de seno considerando variables de las pacientes como edad, número de hijos, antecedentes familiares y actividad o inactividad sexual, aunque existen protocolos generales en el mundo médico.

La labor se simplifica al usar modelamiento estocástico, disciplina que consiste en observar sistemas y fenómenos alrededor, detectar los componentes aleatorios que los hacen comportar en una manera cierta y modelarlos matemáticamente para facilitar la toma de decisiones sobre ellos.

Ese es el foco de las investigaciones de la profesora asociada del Departamento de Ingeniería Industrial Raha Akhavan-Tabatabaei, una iraní-estadounidense radicada en Colombia desde el 2009, PhD en Ingeniería Industrial de North Carolina State University (ver “Una iraní atraída por Los Andes”, pág. 33).

En salud, trabaja con el Instituto Nacional de Cancerología; con médicos de la Fundación Santa Fe de Bogotá (profesores de la Facultad de Medicina de Los Andes); con la estudiante de maestría Isabel Namen y con colaboradores internacionales de Arizona State University y University of Arkansas. Su objetivo es desarrollar modelos matemáticos para determinar qué esquemas de tamizaje y de tratamiento son mejores, a partir de datos históricos de los pacientes.

El estudio comenzó hace cuatro años y aunque enfrentan dificultades como las derivadas de la falta de automatización de



Foto: José Arturo Cardona Salazar

los datos, razón por la cual en la primera ronda solo incluyeron los de 1024 pacientes, han logrado avances y están aumentando la muestra.

“Es un trabajo en desarrollo —precisa—. Vamos incluyendo en el modelo las nuevas inquietudes del Instituto Nacional de Cancerología para tratar de resolverlas. Así sucedió, por ejemplo, con la vacuna del papiloma humano o con una nueva prueba de tamizaje basada en el ADN del virus”. Por eso y porque no tiene patrocinio comercial, no puede hablarse de una fecha de terminación.

Los resultados son usados por el Instituto Nacional de Cancerología para publicar guías dirigidas a los médicos sobre las diversas pruebas de tamizaje. “Con nuestro modelo les ayudamos a los funcionarios a decidir qué incluir en ellas”, afirma la profesora.

Cuántos son los usuarios

Otro proyecto en curso, que terminará en diciembre del 2015 y cuenta con recursos de Colciencias y Coldeportes, pretende determinar el número de usuarios de la ciclovía en Bogotá y otras ciudades del programa de Red de Ciclovías de la Organización Panamericana de Salud (OPS). Se desarrolla en conjunto con el grupo de investigación en epidemiología EpiAndes, de la Facultad de Medicina, liderado por la doctora Olga Lucía Sarmiento, con participación de las estudiantes de maestría Melisa Murcia, María Juliana Rivera, Laura Rocío Vargas y Amelia Torres.

Durante los últimos años, ha crecido considerablemente la cantidad de programas de ciclovías en América y con ello surge la necesidad de evaluar su desempeño y el impacto en la salud pública, así como identificar relaciones de costo-beneficio. Todo esto con el fin de hacer comparaciones y diseñar estrategias que contribuyan a mejorar estos espacios.

Por lo anterior, el conteo de participantes se ha convertido en un elemento central y para llevarlo a cabo están desarrollando una metodología basada en un modelo de simulación de eventos

discretos (los que ocurren durante un tiempo continuo pero en una época exacta, como sucede cada vez que una persona entra o sale de la ciclovía). Esta incluye recolección de datos a través de encuestas y conteos manuales que alimentan el modelo, el cual permite representar los programas de ciclovía y a partir de ello tener una estimación del número de participantes.

La metodología ha sido aplicada en dos casos de estudio. El primero correspondió a la ciclovía de Bogotá —un caso atípico debido a su extensión— y el segundo, a la de Zipaquirá que, por su longitud de 3.5 km, representa a la mayoría de los programas. Como resultado se obtuvo un estimado de 1.019.024 participantes en promedio para el Distrito y de 3345 para el municipio vecino. En ambos casos se empleó un software comercial, pero esto limita su uso debido al costo asociado a la adquisición de las licencias y a los conocimientos en simulación requeridos para modelar las ciclovías. Por eso, en la fase actual se enfocan en desarrollar un software de uso libre que simule fácilmente cualquier programa de ciclovía y así permita que los coordinadores de estos espacios recreativos puedan aplicar la metodología propuesta. ■



EL GRUPO

COPA (Centro para la Optimización y la Probabilidad Aplicada)

CONTACTO

Raha Akhavan-Tabatabaei, ingeniera industrial, doctora en Ingeniería Industrial de North Carolina State University, profesora asociada del Departamento de Ingeniería Industrial y directora del programa de certificación internacional Lean Six-Sigma.

r.akhavan@uniandes.edu.co



Lean Six-Sigma, un plus profesional

Desde el 2011, cuando este programa llegó a la Universidad de los Andes, hasta el primer semestre del 2015, se han certificado 28 estudiantes en *Green Belt* y 14 en *Black Belt*.

32

Universidad de los Andes
Colombia

Dirección de Educación Continuada
Vicerrectoría Académica

Inicio Quiénes Somos **Nuestra Oferta** Programas a la medida Contáctenos

Encuentre un curso [ir a la búsqueda guiada](#) [ver todos los cursos](#)

Usted se encuentra en: Nuestra Oferta > Cursos > Actualización Profesional > Curso de certificación "Lean Six Sigma - Green Belt"

Actualización Profesional

Curso de certificación
Lean Six Sigma Green Belt

Información Académica Inscripciones Cursos Relacionados

► El programa Lean Six-Sigma está abierto a profesionales y estudiantes de cualquier disciplina, aunque su nicho principal son ingenieros. Los participantes reciben una certificación en el manejo de herramientas estadísticas avanzadas para la mejora de procesos y la resolución de problemas.

Contar con una certificación internacional en una disciplina avala las competencias, idoneidad y experiencia de un profesional. Quien lo contrata puede ahorrar tiempo y mejorar la eficiencia y la calidad de procesos y productos en cualquier tipo de industrias, como bancos, sistemas de salud o manufactura.

Con esa premisa y aprovechando sus contactos con Arizona State University (ASU), la profesora Raha Akhavan-Tabatabaei trajo al Departamento de Ingeniería Industrial la certificación Lean Six-Sigma. Esta metodología, desarrollada por Motorola en los ochenta, se enfoca en identificar y reducir la variabilidad de los procesos empresariales para estandarizarlos usando métodos estadísticos y otras herramientas analíticas.

En Los Andes tiene dos niveles, según la profundidad de los estudios: *Green Belt* y *Black Belt*. El primero lo otorga la Universidad y el segundo proviene de Arizona State University.

El nivel *Green Belt* se dicta a través de cursos de educación continuada o dentro del pènsum de pregrado y de la especialización ESIO (Sistemas de Información en la Organización). Los participantes deben tomar la electiva Fundamentos de la Calidad y aplicar las herramientas Six-Sigma en su proyecto de grado. En la especialización, además, hay que presentar un examen específico.

El nivel *Black Belt* se da en la Maestría en Ingeniería Industrial. Los estudiantes toman cuatro materias relacionadas con la certificación, tres de las cuales se dictan desde Arizona State University a través de videoconferencias (una vez a la semana asisten a Los Andes para resolver preguntas o presentar los exámenes). Además, desarrollan un proyecto particular con las herramientas de esta metodología y deben asistir al curso intersemestral de Introducción a Proyectos Six-Sigma. El trabajo final lo sustentan ante el doctor Douglas Montgomery, gurú en el tema y profesor de ASU.

Para desarrollar las prácticas hay convenios con empresas colombianas, donde han aplicado proyectos en distintas áreas; por ejemplo, un estudiante analizó las razones por las cuales en un centro de control de cáncer se demoraban entre uno y dos meses en atender a un paciente desde que pedía la cita, estandarizó procesos internos y logró reducir en un 2.62 por ciento los tiempos en su primer intento. Y otro se basó en las anomalías que ocurren en las hojas de respuesta de las pruebas del Saber 11 cuando son enviadas a la entidad para que las califiquen (por ejemplo, hojas mal dobladas, mal marcadas o estropeadas) y logró bajar el porcentaje de errores de un 10 por ciento a un 6.4 por ciento en su primera aplicación, 2.5 por ciento en la segunda y 0.8 por ciento en la tercera, lo que evidencia mejora continua, que es el principal propósito de la metodología. ■

Raha Akhavan-Tabatabaei, una iraní atraída por Los Andes

En el 2008 estuvo brevemente en la Universidad y un año después ya se había incorporado a la planta de profesores de la Facultad de Ingeniería. Las preguntas de los estudiantes y su afán por participar en sus investigaciones son la fuerza que la impulsa a diario.

Las dos semanas que Raha Akhavan-Tabatabaei pasó en la Universidad de los Andes en el 2008 dictando un módulo del curso de Aplicaciones en Investigación de Operaciones marcaron el comienzo de una relación que hoy la tiene radicada en Colombia. En ese momento vivía en Estados Unidos, a donde había llegado de su natal Irán para cursar una maestría y un doctorado en Ingeniería Industrial y le llamaron la atención la sed de conocimiento de los estudiantes y el entusiasmo por compartir con los profesores extranjeros.

Para entonces, trabajaba en la fabricante de procesadores Intel en Arizona (Estados Unidos) y su único contacto con Colombia era el profesor Andrés Medaglia, hoy director del Departamento de Ingeniería Industrial, a quien le había presentado un colega en un congreso porque ambos cursaron su doctorado en North Carolina State University. Luego conoció al profesor Roberto Zarama y ambos doctores la invitaron a dar ese curso. El vínculo se mantuvo y en el segundo semestre del 2009 se incorporó formalmente a Los Andes, primero como investigadora posdoctoral, luego como profesora asistente y desde el 2014 como profesora asociada.

Esa primera impresión se acrecentó y hoy no duda en afirmar: “Cada vez que un estudiante se acerca a preguntarme cosas o muestra interés en mis proyectos es una fuerza que me lleva hacia adelante. De Colombia me gusta la gente tan abierta a recibir extranjeros, a integrarlos. Hasta me corrigen con paciencia y una cara muy amable cuando me salen errores en español”.

La doctora Raha estudió ingeniería industrial en Sharif University of Technology en Irán y luego, en los posgrados en Estados Unidos, se enfocó en modelamiento estocástico (ver pág. 30). Ahora, en Los Andes, en el pregrado de Ingeniería Industrial dicta el curso Modelos Probabilísticos, mientras que en la maestría alterna un semestre con Técnicas Avanzadas de Simulación y otro con Procesos Estocásticos. Además, dirige el programa de certificación internacional Lean Six-Sigma, que se desarrolla en colaboración con Arizona State University (ver “Lean Six-Sigma, un plus profesional”, pág. 32).

Antes de viajar definitivamente a Colombia aprendió palabras básicas de español y, a su llegada, el Departamento de Ingeniería Industrial le facilitó cursos en esa materia. “Me tomó casi dos años llegar a sentirme muy cómoda en una reunión, poder entender todo y opinar en español”.

Han transcurrido siete años desde que la doctora Akhavan-Tabatabaei tuvo su primer contacto con los uniandinos. Aunque en ese momento no se le había ocurrido que vendría a vivir a Bogotá —y si acaso pensaba que cuando se retirara podría asentarse en algún país latinoamericano—, no se arrepiente de su decisión. “Fue muy interesante para mi vida. Estoy muy feliz con ella” ■

► Las clases de pregrado y maestría de la profesora Raha son en inglés, mientras que las de especialización y Six-Sigma son en español.



Textura del yogur a partir de proteína de soya

El Grupo de Diseño de Productos y Procesos —GDPP— del Departamento de Ingeniería Química llevó a cabo un estudio encaminado a elaborar un producto que, aunque aún no es apto para consumo humano, abre perspectivas a la industria alimenticia.

Con el propósito de crear un producto a partir de la soya con las mismas características sensoriales de textura del yogur de leche bovina, el GDPP del Departamento de Ingeniería Química adelantó la investigación *Interacción de proteínas de leche y soya durante la preparación de yogur*, en conjunto con el Instituto Alpina de Investigación.

Durante dos años trabajaron los profesores e investigadores Andrés González Barrios, con conocimientos en sistemas biológicos, bioprocesos y fermentación; el director del Departamento, Óscar Alberto Álvarez, quien trabaja especialmente sistemas coloidales, emulsiones y suspensiones, y las estudiantes de pregrado Ana María Giraldo y Ana Milena Díaz. Por Alpina intervinieron Gerardo González, Sara Pacheco y Bernadette Klotz.

Dado que la leche de soya es más viscosa que la de vaca, tiene otra coloración y un sabor distinto, el primer desafío era lograr una textura similar a la del yogur, según explicó el profesor Óscar Álvarez. "El objetivo es que

► Caracterización de las muestras.

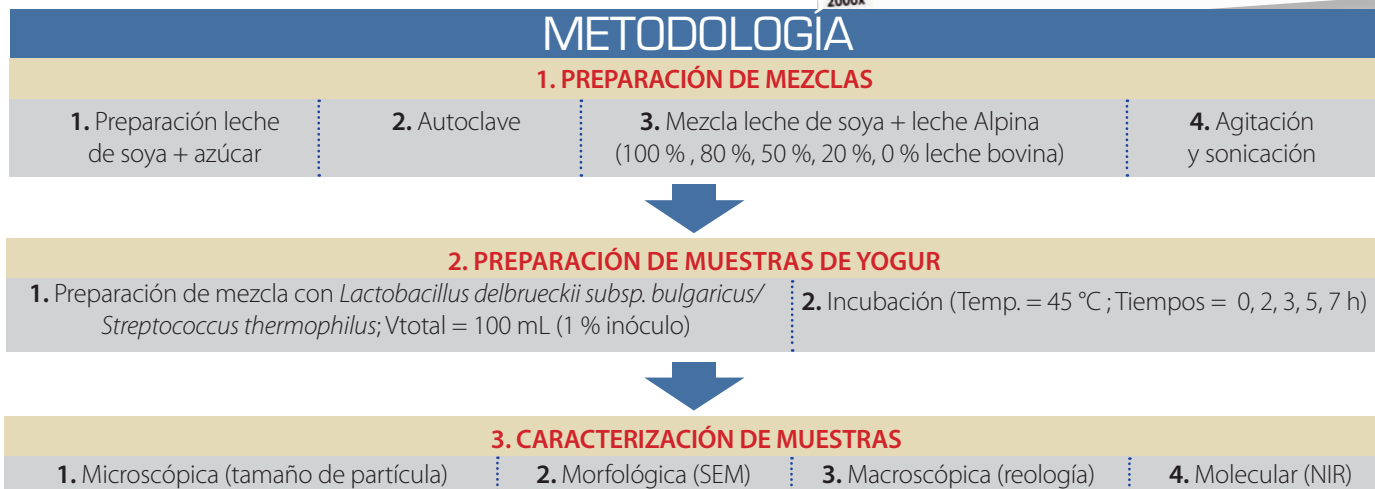
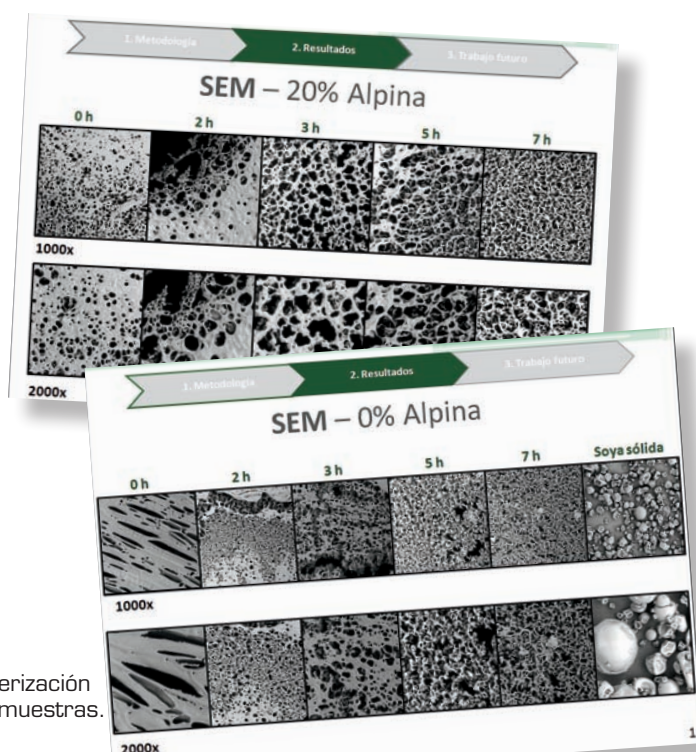
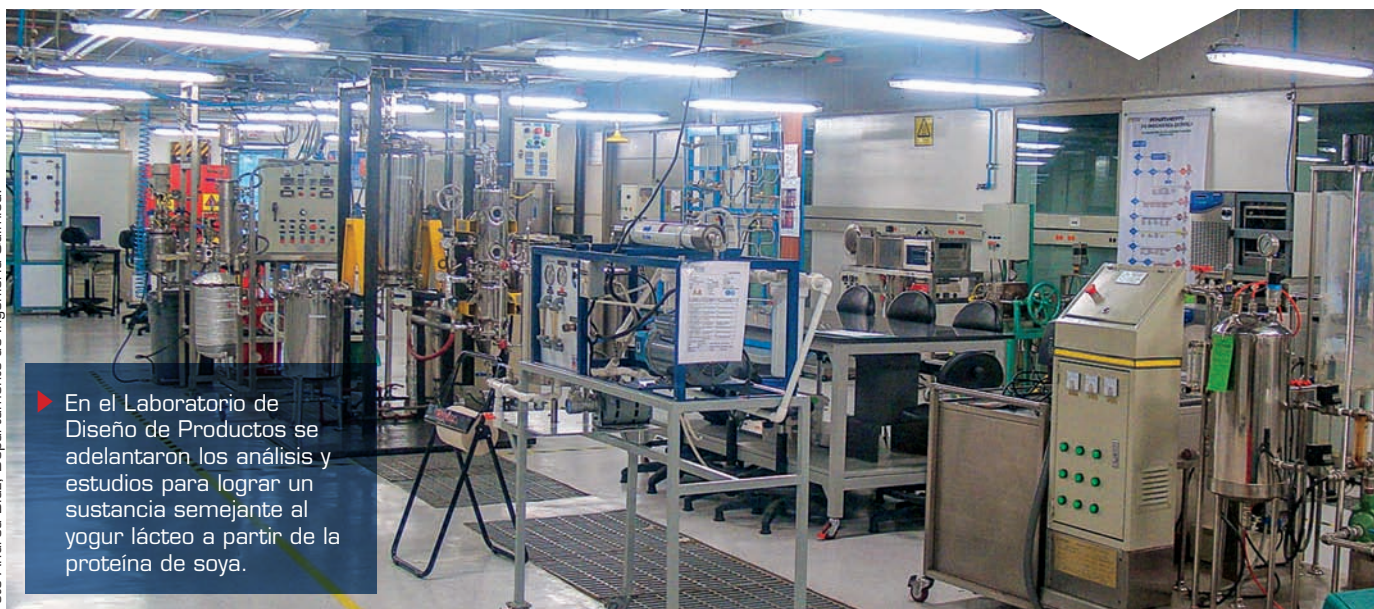


Foto Andrea Diaz, Departamento de Ingeniería Química.



► En el Laboratorio de Diseño de Productos se adelantaron los análisis y estudios para lograr un sustancia semejante al yogur lácteo a partir de la proteína de soya.

la persona tome un yogur a partir de proteína de soya y pueda decir: sí, es un yogur, porque en su consistencia es semejante". Este desarrollo, dirigido especialmente a quienes no pueden consumir lácteos por motivos como alergias a la leche bovina, logró finalmente la apariencia de ese alimento.

Para alcanzar el propósito, los investigadores buscaron si la proteína de soya tiene características similares a la proteína láctea, para lo cual estudiaron la interacción de las proteínas de leche descremada y deslactosada en diferentes concentraciones, así como la de la proteína de soya y su efecto en la agregación proteica durante la preparación de yogur.

En el proceso se identificaron una serie de comportamientos que, en el futuro, permitirían tener las bases para un producto de tipo comercial, si bien el alimento elaborado en los laboratorios de la Universidad aún no es apto para consumo humano. Para conseguirlo habría que adelantar una segunda parte de la investigación en los laboratorios de la planta de Alpina, donde cuentan con los estándares para hacer tales pruebas.

¿Cómo se hizo?

Como no es fácil lograr una similitud entre las dos proteínas, trabajaron en identificar las relaciones entre lo macroscópico, lo microscópico y lo molecular, en tanto todo lo que sucede a nivel molecular es lo que permite que lo macroscópico funcione. En un yogur, lo macroscópico es la viscosidad, la textura, qué se siente cuando se lo está tomando. Pero si se mira al microscopio, se detallan los gránulos de proteína. El nivel molecular son esos gránulos y las proteínas que lo conforman.

Lo más difícil es ver el comportamiento en los niveles más pequeños. Se comienza con lo macro, luego con técnicas de microscopía ven cómo se comportan los elementos y de ahí se infiere lo que sucede en lo molecular. Cuando se sabe cómo van a interactuar las proteínas a nivel molecular se puede manipular y entender qué va a pasar en los otros, lo que facilita diseñar el producto.

En el Laboratorio de Diseño de Productos de la universidad se midió de manera indirecta el nivel molecular. Emplearon la técnica de infrarrojo cercano, consistente en pasar un láser con una longitud de onda para ver cómo obtener un espectro de respuesta de esas sustancias, y ese espectro de respuesta se asocia a enlaces de las moléculas.

De las diferencias encontradas en las proteínas de leche surge lo que el profesor Álvarez señala como uno de los desafíos finales: "Si miro al microscopio un yogur, la proteína láctea forma gránulos como si fuera una esferita, mientras que la proteína de soya forma una especie de malla. Si quisiéramos salir al mercado con ese producto tendríamos que compensar esa diferencia de estructura". Lo anterior, según el académico, se logra con experimentación y simulación a nivel molecular con base en una mezcla de modelos y elementos matemáticos.

Alpina tiene la potestad de decidir si desarrolla o no el nuevo yogur. Sin embargo, los investigadores de Los Andes podrán aplicar los conocimientos adquiridos en otro tipo de productos y ya están analizando las posibilidades de hacer yogur con proteína fúngica (extraída de los hongos). ■



EL GRUPO
Productos y Procesos

CONTACTO

Óscar Álvarez, ingeniero químico, doctor de l'Institut National Polytechnique de Lorraine. Profesor asociado y director del Departamento de Ingeniería Química. ovalvarez@uniandes.edu.co



La quinua, opción verde para El Guavio

El curso “Proyecto Intermedio Ingenieros sin Fronteras” del Departamento de Ingeniería Industrial impulsó, con una comunidad de El Guavio, un plan de negocios para el fortalecimiento de la cadena productiva de la quinua. El Departamento de Ingeniería Mecánica le aportó el diseño de una solución para trillar el grano en pequeña escala.

36

La quinua es un cultivo ancestral muisca que se produce con gran calidad en las zonas altas de El Guavio cundinamarqués. Un grupo de agricultores busca posicionar su producción y comercialización. De ellos surgió una asociación, Asoproquinua, en el contexto del proyecto de Negocios Verdes, financiado por el Sistema Nacional de Regalías del Departamento de Cundinamarca. La Universidad de los Andes y La Corporación Universitaria Minuto de Dios participaron, junto con la Gobernación, en dicho proyecto.

Para Asoproquinua, la trilla es un cuello de botella debido al alto costo de la maquinaria empleada para separar el grano útil. De ahí surgen los criterios para desarrollar un equipo: bajo costo y facilidad para movimiento (uso en cultivos familiares), entre otros.

Un prototipo con estas características fue diseñado y construido por dos estudiantes de Ingeniería Mecánica y les permitirá a los cultivadores sacarle más provecho a una producción que hoy es completamente manual.

El equipo, con un costo aproximado es de \$2.000.000, se podrá transportar de una parcela a otra en una camioneta *pick-up* según las necesidades de los vecinos. El diseño de la máquina será fácil de replicar, pues los planos de construcción estarán a disposición de quien los necesite. Las trilladoras tradicionales valen más de \$15.000.000 y son demasiado grandes para el volumen de siembra actual de Asoproquinua.

Esta es la solución ofrecida por Ingenieros sin Fronteras Colombia (ISF), un grupo que desde el 2007 ha sido liderado por la Universidad de los Andes —dirigido por Catalina Ramírez, ingeniera industrial y profesora asociada— y por la Corporación Universitaria Minuto de Dios (Uniminuto). ISF cuenta, además, con la colaboración del Politécnico de Milán (Italia) (ver CONTACTO # 1, pág. 17 “Cuando los ingenieros rompen fronteras”). Las dos instituciones colombianas juntaron sus fortalezas que se complementan —trabajo investigativo y comunitario,

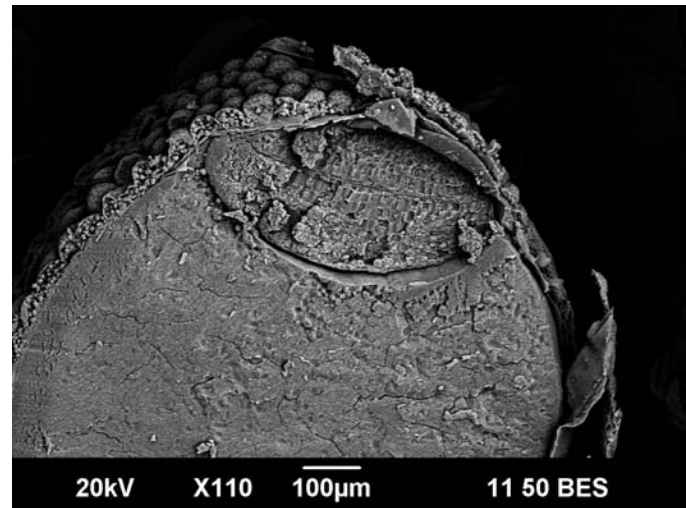
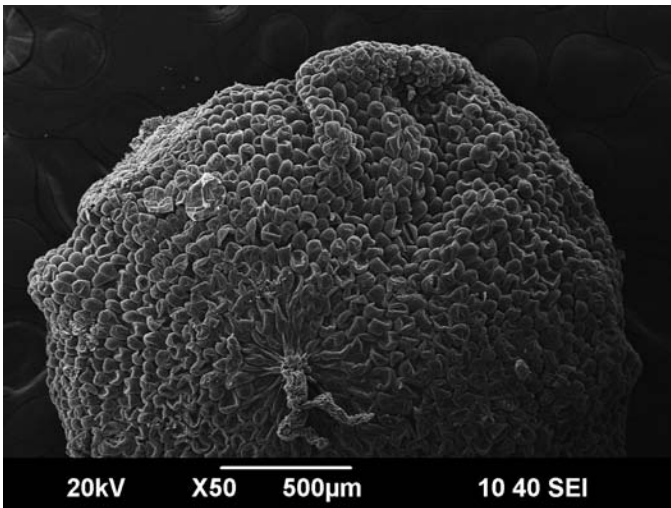


Foto Diana Duarte Gómez

- ▲ En Guasca (Cundinamarca) se creó el laboratorio de soluciones verdes. En este espacio se seleccionaron las ideas que se implementarían en el Proyecto de Negocios Verdes.

respectivamente—, gracias a lo cual han desarrollado varios proyectos con impacto social en el oriente de Cundinamarca (ver CONTACTO # 6 pág. 42 “Soluciones de Ingeniería con comunidades vulnerables”). Esta relación, que Catalina Ramírez califica de articulada y juiciosa, se consolidó en esta ocasión. La idea era apoyar el cultivo amigable con el medio ambiente, la inclusión social y la gestión de una red integrada sostenible en Guasca, Junín y Gachetá para la quinua, que se ha venido materializando en el diseño de la asociación. Un propósito adicional fue que los jóvenes de colegios de esos municipios se den cuenta de que es posible tener un futuro promisorio sin emigrar a la ciudad.

El ingeniero civil Mauricio Peralta y la ingeniera industrial Diana Duarte lideraron este Proyecto de Fortalecimiento de Negocios Verdes Comunitarios de la Región de El Guavio, de-



▲ Grano de quinua visto con microscopía electrónica.

sarrollado entre el 2013 y el 2014. Los dos son egresados de Los Andes y actualmente trabajan para el Parque Científico de Innovación Social, Centro de Ciencia Tecnología e Innovación, que nace del asocio entre la Gobernación de Cundinamarca y la Corporación Universitaria Minuto de Dios.

Por otra parte, el de Negocios Verdes es el primero de Ingenieros sin Fronteras, con la participación de Uniandes y Uniminuto, en ser aprobado en el marco de la Ley de Regalías, por el que la Gobernación de Cundinamarca les desembolsó algo más de 300 millones de pesos. Para el desarrollo del proyecto “debíamos demostrar que se trabajaría de manera articulada con una universidad regional —Uniminuto tiene sedes en Cundinamarca—, que habría impacto regional y vincularíamos a la comunidad, todo lo cual es frecuente en Ingenieros sin Fronteras. Es el proyecto más grande que hemos hecho”, dice la directora.

Antes de comenzar, se prepararon en el taller de Innovación/ Acción y en el de Desarrollo de Ciencia y Tecnología. Mientras tanto, jóvenes de la Universidad de los Andes, grupos de colegio —350 niños— y 35 empresarios asistieron a un seminario de emprendimientos sostenibles tomando como modelo el cultivo de la quinua. “Cuando hablamos de negocios nos referimos a unidades productivas, es decir, pequeñas empresas”, explica la ingeniera industrial Diana Duarte. Al finalizar, seleccionaron diez ideas de solución para necesidades determinadas por las unidades, de las que se escogieron cuatro trabajos estructurados. Todo ello sirvió para construir una red de reintegración articulada, gracias a lo cual llevaron a cabo diferentes actividades para fortalecer esos negocios y las capacidades de toda la comunidad.

Entre las metas que tiene a mediano plazo, Asoproquinua debe crecer para producir las 50 toneladas previstas para un

año y adquirir la tecnología que les permitirá un trillado eficiente. En esa trilladora trabajaron los estudiantes de Ingeniería Mecánica Andrés Eduardo Farías y William Felipe Rivera, dirigidos por el profesor Andrés González Mancera, desde el Proyecto de Mitad de Carrera y luego en sus respectivas tesis de grado. Empezaron acercándose a la comunidad, conociendo los detalles del cultivo; luego caracterizaron los granos con microscopía electrónica. Cuando el prototipo estuvo listo, la gente de Asoproquinua fue a Los Andes a ver la puesta en marcha, hicieron algunas observaciones y compararon los beneficios con los de los equipos industriales que también probaron. “No es un producto final, debe ser usado durante un tiempo para recolectar datos que servirán para ajustarlo”, explica el profesor Andrés González. ■



EL GRUPO

Teoría de Sistemas de las Organizaciones

CONTACTO

Andrés González Mancera, ingeniero mecánico, Ph.D. de la Universidad de Maryland, profesor asociado del Departamento de Ingeniería Mecánica. agonzal@uniandes.edu.co



Catalina Ramírez Cajiao, ingeniera industrial, Dottore di Ricerca in Ingegneria, Politecnico di Milano, profesora asociada del Departamento de Ingeniería Industrial. mariaram@uniandes.edu.co



Eskalab, un laboratorio para el negocio de restaurantes

Tres ingenieros uniandinos desarrollan modelos matemáticos que sintetizan y hacen escalables los datos de negocios de comida. El objetivo es optimizar recursos con base en el comportamiento de los consumidores. Hoy están en Chile en un programa de aceleramiento.

Tomar decisiones acerca de cómo conformar la carta de un restaurante cuando se tiene mucha información cruda puede ser complicado: hay que manejar inventarios de materias primas y productos elaborados, analizar la composición del menú y establecer precios adecuados.

Basados en esos elementos y en el hecho de que muchos de esos negocios son manejados por intuición, los ingenieros uniandinos Héctor David Sánchez, Sebastián Cajamarca y Diego Rodríguez fundaron Eskalab, un emprendimiento que ahora hace parte del programa de aceleramiento Start-Up Chile y tiene a sus creadores viviendo en el país austral y compartiendo con gente de muchas partes del mundo.

Héctor es ingeniero de sistemas y computación con maestría en Ingeniería de Sistemas, creador de algoritmos para capturar y automatizar datos; Sebastián es ingeniero industrial con maestría en Economía, especializado en análisis de datos, y Diego es ingeniero industrial y de sistemas y computación, estudiante de maestría en Ingeniería Industrial, experto en optimización. Los tres unieron esos conocimientos en el diseño de modelos matemáticos que sinteticen, automaticen y hagan escalables los datos de restaurantes y negocios de comida rápida para que los gerentes tomen las mejores decisiones basados en el comportamiento de los consumidores.

Es así como usan los datos de ventas de los POS (sistemas de facturación) y con ellos alimentan un software que permite hacer tres tipos de análisis puntuales para conocer a los clientes. El primero se enfoca en el inventario de materias primas y alimentos preparados con el fin de optimizar personal, domiciliarios y meseros. El segundo es la ingeniería del menú, mediante la cual se categorizan los productos en cuatro grupos sencillos (los buenos, los que hay que impulsar, los que deberían eliminarse y los de mayor demanda) con el fin de orientar a los gerentes acerca de qué mirar en la carta. El tercero son los precios inteligentes (*smart pricing*) y busca determinar cuáles son los más eficientes.



La experiencia en Start-Up Chile

El deseo de consolidar su joven empresa llevó a los tres ingenieros a buscar apoyos de entidades dedicadas a impulsar este tipo de iniciativas y no dudaron en aprovechar contactos familiares para acercarse a Camilo Jiménez, uno de los fundadores de Las Partes, exitoso taller de mecánica en línea (ver CONTACTO # 8, pág. 38).

Gracias a él conocieron el mundo de los programas de aceleramiento, razón por la cual se presentaron a la convocatoria de Start-Up Chile y fueron escogidos como uno de los cien emprendimientos participantes entre 2600 postulados. La iniciativa es financiada por el Ministerio de Fomento, que les da capital semilla para que vivan seis meses en ese país, les presta espacios de trabajo y los contacta con expertos en emprendimientos digitales y tecnológicos. Los que generen mayor tracción al conseguir muchos clientes pueden ingresar a una segunda etapa denominada Scale, en la que hay más apoyo financiero y deben establecer su empresa en Chile.

Como contraprestación, el Gobierno chileno les pide ayudar a fortalecer su ecosistema de innovación y emprendimiento, mediante la organización de eventos con las comunidades locales. Ellos ya hicieron un día de trabajo en línea con el modelo de negocios Canvas, en el que hubo conferencias sobre la metodología *lean startup*, panelistas contando su experiencia y un taller sobre cómo montar un emprendimiento digital sin dinero y sin conocimiento de programación. En junio tendrán un *workshop* en Valparaíso, en conjunto con participantes del



Foto: Nicola Perantoni

programa de Irlanda, Australia y Argentina, para exponer sus teorías de cómo mejorar los negocios de pequeños restaurantes, hostales y grupos de turismo.

“Acá nosotros ponemos la iniciativa; no nos dicen qué hacer ni nos llevan de la mano, sino que nos dan muchos recursos. Si uno empuja y pregunta, ellos le buscan lo que sea. El programa es muy bueno”, señala Héctor David.

Aprendizajes de emprendedores

El camino recorrido por Héctor David, Sebastián y Diego les ha dejado muchas lecciones. En el plano personal se han dado cuenta de que se necesita mucha voluntad y tener la meta clara, porque empezar de ceros no es fácil, sobre todo cuando ven que sus amigos ya son asalariados. Por eso, agradecen el apoyo de sus familias que no los presionaron para que consiguieran empleo.

También debieron aprender a salir de su encierro para buscar oportunidades como la que encontraron en Chile, un entorno al que califican de “soñado” porque las oficinas son abiertas,

▲ Héctor David Sánchez, Diego Rodríguez y Sebastián Cajamarca (de izq. a der.) se han dado cuenta de que en el mundo hay dinero disponible para ayudar a los emprendedores a sacar adelante sus negocios e invitan a otros jóvenes a salir a buscarlo.

hay gente de todas partes del mundo dispuesta a ayudar cien por ciento en una mentoría gratuita y sin rivalidades, en la que prima la confianza.

Y debieron romper con la mentalidad de la academia de que las cosas deben ser perfectas antes de lanzarlas al mercado. Por eso, en su vida aplican la metodología *lean startup*: salga, pruebe y aprenda; si no resultó, no se sienta mal, cambie; y si fue exitoso, quédese ahí un ratito, pero no por mucho tiempo porque la competencia es dura y otros van a llegar con nuevas ideas. Ellos saben que cuanto mayor es el riesgo, mejor es la recompensa. ■

Más información: <http://www.eskalab.co>



¡Arriba las Apps!

Las competencias en innovación, trabajo en equipo y comunicación son parte del perfil del nuevo ingeniero de Sistemas y Computación en Uniandes. En el Proyecto de Mitad de Carrera, el curso Diseño de Productos e Innovación con TIC incentiva a los estudiantes a desarrollar sus propuestas que pueden convertirse en emprendimientos. CONTACTO recoge algunas de las mejores iniciativas de aplicaciones para dispositivos móviles, un mercado que se consolida en el mundo y que empieza a tomar fuerza en nuestro país.

40

iOutfit, un clóset bien combinado

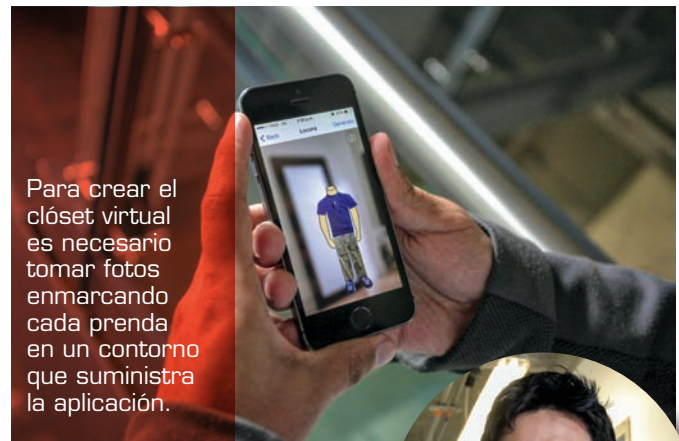
Preocupado porque perdía mucho tiempo escogiendo la ropa y a veces las prendas no combinaban, Juan Sebastián Macías les propuso a sus compañeros del curso Proyecto de Mitad de Carrera (PMC) diseñar una herramienta que ayudara a vestirse bien y rápido.

El grupo se dispersó al terminar la materia, pero el joven estudiante de Ingeniería de Sistemas y Computación continuó perfeccionando iOutfit como proyecto de grado. Esta es una aplicación para el teléfono celular que digitaliza las camisetas, los pantalones y los zapatos de un usuario

para convertirlos en un clóset virtual.

Durante el PMC desarrollaron el componente de digitalización y el visual e hicieron 130 encuestas para validar el interés en el proyecto. En ellas encontraron que el 58 por ciento de las personas tiene problemas al combinar las prendas y que la gente se pone siempre lo mismo, aunque tenga mucha ropa.

Al quedarse solo, Juan Sebastián estudió las reglas de combinación de colores y está trabajando con un modelo matemático para crear un algoritmo compatible con cualquier



Para crear el clóset virtual es necesario tomar fotos enmarcando cada prenda en un contorno que suministra la aplicación.

dispositivo. Cuando iOutfit esté más maduro, planea cruzar la información de los clósets individuales con la oferta de diseñadores y almacenes para recomendar a los usuarios cuáles artículos de moda irían bien con el contenido de sus armarios y dónde podrían conseguirlos.

Más información: www.ioutfit.co



▲ Juan Sebastián Macías.

Acorde.on! para aprender a tocar el acordeón

Camilo Barraza, estudiante de Ingeniería de Sistemas y Computación, está desarrollando una página web para enseñar a tocar acordeón de forma sencilla, gratuita e interactiva. Ya ha avanzado en aspectos técnicos como un programa para capturar la información de las notas musicales sin grabar el sonido. Una vez concluya su plan de estudios se concentrará en Acorde.on! con el ánimo de lanzar la página y crear una comunidad que quiera compartir sus conocimientos sobre este instrumento musical.

Turismo musical con Fest Zeppelin



◀ Nicolás Holguín, María Camila Ángel y David Mesa, creadores de Fest Zeppelin.

Vender paquetes turísticos para asistir a conciertos o festivales de música en Colombia o Estados Unidos es la esencia de Fest Zeppelin. La idea surgió en el Proyecto de Mitad de Carrera y, por haber sido la mejor de su semestre, durante seis meses recibe asesoría personalizada del profesor José Tiberio Hernández y los empresarios Jorge Calderón y Camilo Jiménez.

Los autores son los estudiantes de Ingeniería de Sistemas y Computación Ni-

colás Holguín (con opción en Administración), María Camila Ángel (doble programa con Ingeniería Industrial) y David Mesa. Ya han organizado paquetes para el Festival Estéreo Picnic y los conciertos de Kiss y de Ed Sheeran en Colombia, mientras que en Estados Unidos les han apuntado a eventos en Nueva York, Las Vegas y Atlanta, como Bonaroo, Electric Daisy Carnival y TomorrowWorld. También están ofreciendo uno para Creamfields (Reino Unido).

La promoción la han hecho a través

de Google AdWords y con volantes y afiches en establecimientos bogotanos como La Hamburguesería, Armando Records y Smoking Molly. El siguiente paso será decidir si se constituyen en una SAS y seguir perseverando para que los grandes festivales se animen a hacer convenios con gente tan joven como ellos y para que los potenciales clientes concreten sus compras. ■

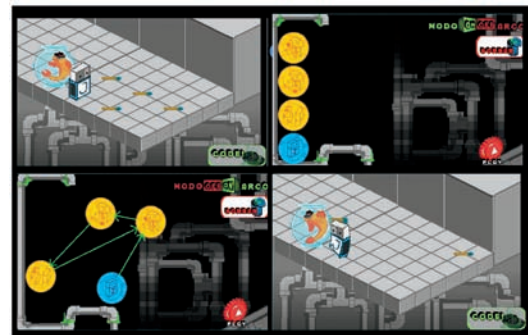
Más información:

<http://www.festzeppelin.com/todos.php>

JSON in the Big O, videojuego para enseñar a programar

Los videojuegos tienen la capacidad de transformar la realidad y este principio se puede aplicar a la educación. Así nació *JSON in the Big O*, una herramienta para enseñar a programar a través del pensamiento lógico y algorítmico y no con la usual escritura de código. Sus creadores son los estudiantes de Ingeniería de Sistemas y Computación Ana María Cárdenas (también estudia Diseño), Emanuel Krivoy (con opción en Biología), Rafael Mantilla (doble programa con Matemáticas) y Juliana Montes (graduada en Diseño).

Para desarrollar su idea, en el curso de Diseño de Productos e Innovación con TIC definieron conceptos básicos como itera-



- ▲ El personaje de *JSON in the Big O* tiene género neutro y fue diseñado pensando en atraer a las niñas a estudiar Ingeniería de Sistemas y Computación. Sus creadores también buscan que la narrativa sea interesante y divertida.



▶ Rafael Mantilla, Ana María Cárdenas, Emanuel Krivoy y Juliana Montes, creadores del videojuego.

ción, condicional y abstracción, los implementaron de manera gráfica y crearon a JSON, un personaje que se controla programándolo. El prototipo funciona en teléfonos móviles y tiene un solo nivel de juego, pero ya está diseñada una curva de aprendizaje más completa.

Por haber sido elegida mejor propuesta de esa materia en el segundo semestre del 2014, este año son asesorados por el profesor José Tiberio Hernández. Además, la profesora Luz Adriana Osorio, directora de Conecta-TE (ver CONTACTO # 9, pág. 25), les ayuda a desarrollar el componente pedagógico. Al finalizar este semestre la herramienta podrá usarse en tabletas y para diciembre esperan tener listos seis niveles de juego. ■



Un programa progresista para los “pilos”

El estudio “Una metodología de flujo de caja ajustado para medir la fase interna de retorno a la educación superior en Colombia”, dio origen al programa gubernamental Ser Pilo Paga. En este artículo, sus principales hallazgos.

42

Durante los próximos 4 años, el Gobierno Nacional costeará el acceso a universidades acreditadas a 40.000 jóvenes de familias de bajos ingresos que han obtenido buen rendimiento en las Pruebas Saber 11. Aunque este programa es una intervención relativamente pequeña para el sistema educativo, es lo suficientemente poderosa como para convertirse en motor de movilidad social.

Una de las aplicaciones de la Teoría de Catástrofes se encarga de estudiar cómo una perturbación mínima es capaz de generar una transformación de gran escala en un sistema. En ella se basó la propuesta que hoy da vida al programa Ser Pilo Paga del gobierno colombiano, que emergió de un trabajo que el ingeniero industrial y estudiante doctoral Juan Felipe Penagos llevó a cabo junto con el matemático Roberto Zarama, profesor titular del Departamento de Ingeniería Industrial.

Penagos se ha especializado en investigaciones sobre la financiación de la educación superior, las cuales han sido consultadas por el Ministerio de Educación desde el 2012. “En el contexto de las políticas públicas, es muy importante hacerse cargo de la complejidad del sistema social que se está interviniendo. Una manera de hacerlo es a través de perturbaciones pequeñas en el borde del sistema”, señala. Y en el contexto de la educación superior, que hoy tiene 2.160.000 estudiantes activos, el ingreso de los 10.000 “pilos” por año es una perturbación pequeña.

De acuerdo con las cifras del estudio, en el año 2014 alrededor de 18.000 jóvenes de escasos recursos obtuvieron resultados sobresalientes en la prueba de Estado y, sin embargo, solamente 5000 ingresaron a alguna universidad.

Una de las justificaciones fundamentales del programa Ser Pilo Paga es la alta rentabilidad que este podría generarle al país. Para medir la rentabilidad de la educación superior ya se han desarrollado metodologías con las cuales es posible determinar, entre otros, el costo de oportunidad de la deserción y el del no acceso al sistema de estos individuos. Una de las nove-

dades de la investigación de Penagos y Zarama es la inclusión de variables muy particulares de Colombia: la procedencia del joven; el área del conocimiento escogida por él; la acreditación o no de la institución a la que ingresa y la propuesta de la tasa interna de retorno (TIR) social, entendida como el conjunto de la rentabilidad para los individuos y para el Estado. “Hicimos simulaciones y encontramos que la rentabilidad es 17 puntos más alta si se estudia en una universidad acreditada versus en una que no lo está, así la acreditada sea cuatro veces más cara”.

La hipótesis con la que se trabajó es que una persona egresada de educación superior experimenta una movilidad social que le permite mejorar sus condiciones de vida y la de sus generaciones futuras. “En términos sociales nos aproximamos mirando cuánto les retorna la educación a los individuos y al Estado. En particular, los individuos más educados reciben mejores salarios, tienen menos propensión al desempleo y a la informalidad. Por su parte, el Estado recibe mayores ingresos vía impuestos incrementales y genera algunos ahorros en programas asistenciales con la inversión en educación. Al construir un flujo de caja agregado es posible obtener para la sociedad el



▶ Juan Felipe Penagos.

retorno de la inversión en educación superior en múltiples niveles”, explica el ingeniero Juan Felipe Penagos. Además, añade que quien tiene formalidad laboral paga más impuestos, hace aportes a salud y a pensiones.

En la investigación también se está modelando la distribución de ingresos que tendrán estos “pilos” al egresar. En Colombia un profesional recién graduado gana 1.600.000 pesos aproximadamente, mientras que el sueldo promedio de un bachiller está alrededor del salario mínimo. Además, en términos reales el salario de un bachiller aumenta en menor medida que el de una persona con un título de pregrado. Por otra parte, un bachiller tiene 48 por ciento de posibilidades de ser informal, en tanto que esa misma situación solo puede ocurrirle al 3 por ciento de las personas con maestría o doctorado.

Ahora bien, el sesgo de habilidad positivo que han demostrado los “pilos” en sus resultados de las pruebas Saber 11 genera una expectativa de mayores ingresos frente a otros egresados de educación superior. “Estamos recogiendo datos del Observatorio Laboral para la Educación para entender la senda del ingreso de los egresados de este programa”.

La brecha salarial es especialmente notoria con respecto a las mujeres, pues cuando apenas han cursado la secundaria reciben un salario menor que el de los hombres en las mismas

- ▲ En la página oficial del programa Colombia Aprende hay un sitio especial para asesorar y guiar a los favorecidos por las becas de estudio de educación superior, con el fin de asegurar su permanencia en las universidades.

condiciones académicas. No obstante, señala el ingeniero Penagos, “el acceso a la educación superior es más rentable para ellas, porque la tasa interna de retorno incremental sobre su situación base es mayor aun cuando la brecha salarial con los hombres exista”.

De esta forma, el programa Ser Pilo Paga generará una catástrofe en todo el sistema educativo. Pero una catástrofe positiva porque en 4 años les permitirá a 40.000 familias ayudar a construir un nuevo país.

Juan Felipe Penagos y el profesor Zarama planean proponer un rediseño de la financiación de la Educación Superior en Colombia, para integrar algunos sectores de la sociedad que hoy no participan, o participan muy poco. Para ello, siguen trabajando en sus simulaciones de nuevas estrategias para maximizar el retorno social de la formación y la educación en Colombia. ■

Una ingeniera conectada con lo rural

Clara Lucía Martínez, egresada de Ingeniería Eléctrica en 1993, se encaminó por las telecomunicaciones, sector en el que ha ejercido labores técnicas, operativas, administrativas y regulatorias. Habló con CONTACTO sobre su experiencia y sus recuerdos universitarios.



▲ Clara Lucía Martínez con la antena principal de Gilat al fondo, una estructura de 7.6 m de diámetro. El año pasado debieron reapuntarla (instalar y desinstalar), obra que no duda en calificar como “toda una labor de ingeniería”.

Los ocho años y medio que Clara Lucía Martínez ha estado vinculada a la multinacional israelí Gilat desarrollando proyectos de telecomunicaciones en áreas rurales, sumados a su experiencia en varias de las empresas más grandes del sector, le confieren autoridad para referirse a la brecha que persiste entre la Colombia urbana y la Colombia rural.

En su trasegar ha celebrado las opciones de escogencia que les trajo a los usuarios la apertura de un sector que por años fue monopolio estatal. También se ha congratulado de que los contratos con el Estado no se limiten a pedir conectividad, sino que exijan estrategias de apropiación para que las comunidades aprendan a sacarles provecho a las TIC.

Como vicepresidenta de Operaciones y presidenta para Colombia de la multinacional israelí Gilat, ha visto los esfuerzos del Gobierno por hacer de Colombia un país digital. En ellos participa su compañía a través del consorcio K2 Colombia, ejecutor

Recuerdos universitarios

Clara Lucía Martínez fue la única graduada entre las 4 mujeres que comenzaron la carrera con ella y asegura que le debe a la Universidad su éxito profesional. Siente especial cariño por el profesor Néstor Peña, hoy director del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, porque la guió por el mundo de las telecomunicaciones. Recuerda con afecto al ingeniero Juan Benavides, que enseñaba Teoría de Señales, y a los profesores de Humanidades Dora Röthlisberger, Ramón de Zubiría, Abelardo

Forero, Daniel García-Peña y Juan Carlos Flórez, con sus clases de Árabes y Renacimiento o Historia de Estados Unidos. Tampoco olvida la Salita de Música, en Arquitectura, “un lugar corrido, donde pasábamos el tiempo libre. Lo que menos nos gustaba eran los salones gigantescos de Física, con 200 personas, porque eran impersonales, uno era un número”. Hoy celebra que en Los Andes haya planes para ayudar a financiar los estudios y así atraer y retener a los mejores ta-

lentos. “Recuerdo que mi hermano y yo hacíamos fila para que el contralor nos aprobara el pago diferido de las matrículas, un cheque ese día y el otro para dos semanas después”. También sigue convencida de que la prioridad de la academia debe ser cimentar en el estudiante conocimientos sólidos, porque luego habrá tiempo de conectarlo con la práctica y con los problemas reales. “Lo importante es la conceptualización, ser lógico, saber encontrar las soluciones y tener buena actitud”.



◀ Aunque está inmersa en las tecnologías de comunicaciones, a la ingeniera Martínez le molesta que en las reuniones y aulas de clase no haya contacto visual con los interlocutores. Por eso, defiende los límites al uso de dispositivos y dice que deberíamos aprender a decir no a quienes pretenden utilizarlos cuando no es el momento.

de un contrato del programa Kioscos Vive Digital Fase II. El objetivo es aumentar la penetración de telecomunicaciones en comunidades rurales de más de 100 habitantes que carezcan de internet, y beneficiar a las instituciones educativas. Los equipos están instalados en 1903 escuelas y dan acceso gratuito a la web, minutos de telefonía, impresión, escáner y proyecciones en un televisor durante la jornada escolar. Una vez esta acaba, un gestor pagado por el contratista presta los servicios al resto de la población con tarifas reguladas por el Ministerio de las TIC.

Su experiencia en el sector de telecomunicaciones es vasta: ha trabajado en el Ministerio de Comunicaciones (hoy MinTIC), en la ETB, en Cable Centro, en Colombia Telecomunicaciones y en Planeación Distrital. También fue docente en las universidades de los Andes y Externando de Colombia.

En su ejercicio se ha topado con regulaciones cuadrículas que no evolucionan a la par con las tecnologías, malos cálculos en la planeación, trabas técnicas y decisiones que se pensaron adecuadas, pero resultaron inapropiadas. Recuerda,

por ejemplo, que cuando se vinculó a Gilat, la compañía estaba en crisis financiera por el excesivo costo de mantenimiento en los contratos de telefonía comunitaria que hacían parte de un plan estatal de telecomunicaciones denominado Compartel. En cada sitio habían instalado entre 1 y 3 líneas telefónicas y operaban telecentros con 8 computadores, y para saber por qué no funcionaba un equipo debían viajar al lugar. "A veces encontrábamos que simplemente había sido desconectado porque ya había celular y el Gobierno no aceptaba el error de planeación. Para demostrar que había competencia y poder desmontar 9000 de los 11.848 sitios donde prestaba el servicio, tuve que visitarlos todos para recoger las pruebas".

Clara Lucía Martínez quisiera convencer al Gobierno de la conveniencia de apostarle a la mezcla de tecnologías y no privilegiar la fibra óptica, pues el satélite y las soluciones inalámbricas resultan más adecuados según las condiciones topográficas del país. De esa manera, cree, se aceleraría el cierre de la brecha entre la Colombia urbana y la Colombia rural. ■



Estrategias tecnológicas para el desarrollo social

Desde hace más de una década, el área de Tecnología y Sociedad se conformó como un proyecto académico cimentado en la certeza de que el conocimiento y la reflexión sobre las prácticas tecnológicas locales y globales pueden aportar en la construcción de una ingeniería nacional cada vez más pertinente y responsable.

46

Por su quehacer, algunas empresas y organizaciones se ven en la necesidad de tener en cuenta el papel de los usuarios y el contexto social en el que se desenvuelven las soluciones de ingeniería que adquieren o diseñan. Estos factores pueden convertirse en críticos para su viabilidad.

En estos casos, el área de Tecnología y Sociedad busca contribuir con estrategias de diseño y apropiación tecnológica que, partiendo del análisis entre los factores técnicos y sociales presentes en las soluciones de ingeniería, permitan potenciar la pertinencia y sostenibilidad de las mismas.

Esta área interdisciplinaria de la Facultad de Ingeniería de Los Andes ofrece a empresas y a particulares asesorías y consultorías en gestión, uso y apropiación organizacional de tecnologías. También investigan sobre el direccionamiento estratégico en este campo desde una perspectiva sostenible y sobre la responsabilidad social vista desde la gestión y el diseño tecnológico.

La visión que enfatiza en el aporte social de la ingeniería “es una preocupación constante y propia de la Facultad de Ingeniería de los Andes. Ha sido acogida por los directores del área a lo largo de su trayectoria, tales como los profesores Ernesto Lleras y Antonio García, quienes tuvieron la inquietud de pensar el quehacer ingenieril como una variable central para construir lo que queremos ser como sociedad”, comenta el profesor Javier Jiménez, director del área Tecnología y Sociedad.

En sus inicios el grupo estudió experiencias similares que se han dado en facultades de ingeniería del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) en Estados Unidos y el Grenoble Institute of Technology en Francia. Allí la reflexión de las relaciones entre ingeniería, tecnología y sociedad ha generado una perspectiva de ingeniería con alto impacto social.



▶ El profesor Ernesto Lleras, ha sido uno de los impulsores del área de Tecnología y Sociedad.

Proyectos en la Fiscalía y con el Acueducto

Hace dos años se inició un proyecto de consultoría con la Fiscalía General de la Nación, liderado por el profesor Ernesto Lleras, con el fin de mejorar las estrategias de atención al usuario y los sistemas de información propiciando una mayor coordinación interna e internstitucional. En la primera etapa se emplearon herramientas de diseño de contexto, con las cuales se trazó una solución que incluyó las perspectivas y demandas de los usuarios.

Ese ejercicio inicial definió cómo debía funcionar la Fiscalía local, incluyó el codiseño para un sistema de información, un sistema organizacional y la generación de unas prácticas tecnológicas que los uniera. En una segunda fase, seguirán con un proyecto piloto para ponerlo a funcionar.



Foto archivo Tecnología y Sociedad

Otro de los trabajos se llevó a cabo con el Acueducto de Bogotá y consistió en mejorar el uso y apropiación de maquinaria y herramientas de mantenimiento, buscando un mayor aprovechamiento de los recursos disponibles, un mejor empoderamiento tanto del personal de gestión técnica como de los operarios de dichas máquinas y la reducción de costos por cambios y actualización de equipos.

Las claves fundamentales de este proyecto consistían en vincular a los usuarios de la maquinaria, sus prácticas de uso habituales, y diseñar marcos de buenas prácticas con procesos colaborativos, así como adaptaciones de las tecnologías existentes a los contextos de aplicación de las mismas.

Actualmente, el área también se ha involucrado en el apoyo a los diferentes departamentos de la Facultad con el diseño de componentes de apropiación social de tecnología para propuestas presentadas al Sistema General de Regalías. Entre sus objetivos, este busca promover el desarrollo y competitividad regional a través de proyectos donde la innovación con ciencia y tecnología en contextos específicos juega un papel relevante.

Especialización en Diseño y gestión Social de Tecnología

Además de sus investigaciones y consultorías, el área Tecnología y Sociedad coordina la Especialización en Diseño y Gestión Social de Tecnología que ofrece al profesional herramientas y metodologías efectivas para el análisis del diseño y gestión contextual de tecnología. Se brinda a los estudiantes una visión contemporánea de las problemáticas tecnológicas asociadas a las organizaciones y el papel de la innovación en soluciones

- ▲ El área de Tecnología y Sociedad ha desarrollado proyectos de gestión tecnológica para organizaciones públicas, privadas y de la sociedad civil. En la imagen el profesor Ernesto Lleras en uno de sus talleres en el Acueducto de Bogotá.

integrales que ponen en diálogo las preocupaciones sociales, tecnológicas y medioambientales en un contexto como el colombiano, según explica el profesor Jiménez.

La especialización cuenta con el apoyo activo de profesores de la Universidad de Lausana (Suiza) y la Universidad de Aalborg, de Copenhague (Dinamarca).

Este posgrado tiene nueve cursos de 270 horas y está basado en metodologías de aprendizaje activo.

Mayor información: <https://tecnologiaysociedad.uniandes.edu.co/index.php/especializacion>. ■



EL GRUPO

Tecnología y Sociedad

CONTACTO

Javier Jiménez Becerra, economista, doctor en Ciencias Sociales de la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (Flacso) y director del Área de Tecnología y Sociedad de la Facultad de Ingeniería.

tecnologiaysociedad@uniandes.edu.co

La Facultad abre posgrados de avanzada

Los 7 departamentos de la Facultad ofrecen 17 programas de maestría. En esta edición reseñamos las 3 más recientes, organizadas por Ingeniería Industrial, Ingeniería Mecánica e Ingeniería Química.

48

Maestría en *Analytics*

Consciente de la necesidad de formar profesionales en la técnica conocida como *Analytics*, el Departamento de Ingeniería Industrial ofrece a partir del segundo semestre del 2015 la Maestría en Inteligencia Analítica para la Toma de Decisiones. En ella, los estudiantes se entrenarán en el uso eficiente de grandes volúmenes de datos mediante la aplicación de técnicas descriptivas, predictivas o prescriptivas para soportar la toma de decisiones y generar ventajas competitivas y valor a las organizaciones.

Las competencias en *Analytics* tienen alta demanda por su aplicación inmediata a problemas del mercado, pero la oferta es escasa. Según el *Global Institute Report* de McKinsey, para el 2018 en Estados Unidos habrá un déficit de más de 150.000 técnicos en esta disciplina, mientras que en Colombia, la Universidad de los Andes halló un ambiente propicio para impartir este tipo de educación pues las empresas quieren ir más allá de los análisis descriptivos de la inteligencia de negocios.

Los líderes de la creación del nuevo posgrado son los profesores Mario Castillo, Raha Akhavan-Tabatabaei y Andrés Medaglia, con apoyo de otros docentes del Departamento. Ellos se basaron en prestigiosos programas internacionales como el del *Institute for Advanced Analytics* de la North Carolina State University, en entrevistas y



Foto Mauricio Delgado

▲ Las clases de la Maestría en Inteligencia Analítica para la Toma de Decisiones se impartirán entre semana desde las 5 p.m. y los sábados.

grupos focales con líderes del sector privado —entre ellos IBM y SAS— y en congresos mundiales.

“Es el primer programa de este tipo en el país. Dará respuesta a un tema demandado tras el *boom* que ha tenido el *Data Analytics* en los últimos cinco años”, comentó la profesora Akhavan-Tabatabaei, quien coordina el nuevo programa.

La maestría dura tres semestres y un periodo intersemestral; se dirige a ingenieros, administradores, economistas, matemáticos y profesionales de carreras afines con experiencia laboral mínima de dos años que estén familiarizados con ambientes *Data-rich*.

Como preámbulo a la nueva maestría y para mostrar el impacto de la inteligencia analítica en el desarrollo de ventajas competitivas en empresas públicas y privadas, el 16 de marzo pasado, el Departamento de Ingeniería Industrial organizó el *Analytics Forum 2015*, que contó con cerca de 250 asistentes y la participación de conferencistas nacionales e internacionales. ■

.....
Más información:

<https://industrial.uniandes.edu.co/programas-academicos/maestría/maestría-en-inteligencia-analitica-para-la-toma-de-decisiones>

Maestría en profundización de Diseño de Procesos y Productos

El Departamento de Ingeniería Química abrió este año una maestría con el fin de ofrecer a profesionales herramientas de vanguardia para la optimización en el diseño de procesos y productos innovadores. Con ella pretende incrementar la competitividad de empresas de alimentos, cosméticos, aseo, cuidado personal, petroquímica, química, petróleo, oleoquímica y bioprocesos, al integrar alternativas de origen biológico (desde bioprocesos hasta el desarrollo de bioproductos), minimizar el uso de recursos no renovables y suplir necesidades en los problemas de riesgos industriales.

El programa se dirige a trabajadores de la industria y se busca que traigan sus necesidades, explicó el director del Departamento de Ingeniería Química, Óscar Álvarez. Para ello tendrán acceso a cinco laboratorios: Procesos Químicos, Diseño de Productos, Biotecnología, Bioquímica Docente y Escalado de Procesos. Y desde el comienzo los estudiantes decidirán si profundizan los estudios en el diseño de procesos o de productos.

El programa académico dura tres semestres, se inicia en enero y agosto de cada año y fue estructurado pensando en las necesidades de personas que trabajan: solo tienen una jornada presencial al mes, jueves por la noche y viernes y sábado todo el día. ■

Más información:

<https://ingquimica.uniandes.edu.co/video-mdpp>



Foto Andrea Díaz, Ingeniería Química

▲ El currículo de la maestría comprende un ciclo obligatorio y otros dos ciclos de profundización, cuyas prácticas se llevan a cabo en laboratorios como este.



▲ Estand promocional de la Maestría en Ingeniería de Petróleos, en el evento Colombia Oil & Gas Conference & Exhibition que se llevó a cabo en Cartagena.

Maestría en Ingeniería de Petróleos

Un programa interdisciplinario, con duración de cuatro semestres más un periodo intersemestral, dirigido especialmente a profesionales del sector petrolero que quieran mejorar sus competencias en la industria desde una perspectiva integral, se iniciará en el segundo semestre del 2015.

Se trata de la Maestría en Ingeniería de Petróleos, liderada por el Departamento de Ingeniería Mecánica con el apoyo de los departamentos de Ingeniería Química, Ingeniería Industrial y Geociencias. Colaboran también el Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, la Facultad de Derecho y el Centro Interdisciplinario de Estudios sobre Desarrollo (CIDER).

El posgrado busca formar profesionales capaces de enfrentar de manera crítica e innovadora los nuevos retos técnicos y gerenciales relacionados con los futuros proyectos del sector petrolero en el país y la subregión. Las áreas de énfasis son: ingeniería offshore, hidrocarburos no convencionales, recobro mejorado, aspectos socio-ambientales y trabajo con comunidades y gerencia de proyectos petroleros. Los aspirantes deben ser egresados, preferiblemente con experiencia, de carreras afines como Ingeniería Mecánica, Ingeniería Química, Ingeniería de Petróleos, Ingeniería Civil y Ambiental, Ingeniería Industrial, Geociencias, Geología, Física y Química.

La maestría tendrá una dedicación de tiempo parcial, con horarios compatibles con las jornadas laborales de los estudiantes. ■

Más información:

Rodrigo Marín: 57-1-3394949, ext. 5660
r.marin58@uniandes.edu.co
masterpetroleos@uniandes.edu.co
<http://masterpetroleos.uniandes.edu.co>



Ingeniería al servicio del país

50

Dos estudiantes de doctorado investigan en el grupo Imagine en procesamiento de imágenes médicas para desarrollar herramientas de apoyo diagnóstico. Al mismo tiempo, el grupo GIAP, en asociación con la Universidad de Nariño, estudia modelos de gestión energética para mejorar la cobertura del servicio en ese departamento.

Segmentación y cuantificación del tejido adiposo abdominal en imágenes médicas



Duván Gómez

Directores y grupos de investigación

Marcela Hernández Hoyos, Imagine (Unianandes); Luis Felipe Uriza, Imágenes Diagnósticas (Hospital Universitario San Ignacio - HUSI), y Philippe Douek, Département d'Imagerie Diagnostique et Thérapeutique (Hôpital Louis Pradel, Bron, Francia).

Descripción

Los individuos con altos niveles de acumulación de tejido adiposo visceral (TAV) presentan alteraciones conocidas como síndrome metabólico y corren el riesgo de padecer diabetes mellitus tipo 2, dislipidemia y enfermedades coronarias. La estimación objetiva del TAV a partir de imágenes médicas ha mostrado ser un criterio confiable para determinar la incidencia potencial del síndrome metabólico, pero la segmentación manual del tejido adiposo es dispendiosa y está sujeta a la variabilidad inter e intraobservador. El proyecto propone un método de segmentación y cuantificación automática del TAV en imágenes de tomografía axial computarizada con mínima intervención del usuario. Su desarrollo empezó como tesis de maestría del estudiante Ricardo Mendoza y hoy es parte del trabajo doctoral de Duván Gómez, beneficiario de una beca de Colciencias. La metodología propuesta es objeto de una solicitud de patente en curso, a nivel nacional e internacional.

Cuantificación de la aireación pulmonar en pacientes con síndrome de deficiencia respiratoria aguda (SDRA), a partir de imágenes de scanner



Alfredo Morales

Directores y grupos de investigación

Marcela Hernández Hoyos, Imagine (Unianandes); Maciej Orkisz Laboratorio Creatis (Université Claude Bernard Lyon 1, Lyon, Francia), y Jean-Christophe Richard, Unidad de Reanimación (Hôpital Croix-Rousse, Lyon, Francia).

Descripción

El Síndrome de Deficiencia Respiratoria Aguda (SDRA) es una patología pulmonar grave, caracterizada por una pérdida masiva del volumen de aire del parénquima pulmonar y una mortalidad de entre 30 y 50 por ciento. Su tratamiento reside en la ventilación artificial, cuyo ajuste de nivel es problemático y no se dispone de una herramienta para seleccionar su valor óptimo. El objetivo es desarrollar un método fiable de segmentación pulmonar en tiempo real que permita una cuantificación precisa de la aireación de los pulmones. El propósito es facilitar a los médicos la definición del nivel de ventilación óptimo para cada individuo y reducir así la tasa de mortalidad. Es la tesis de doctorado de Alfredo Morales, beneficiario de una beca doctoral de Colciencias y tiene el respaldo del programa ECOS-Nord C15M04.



◀ Marcela Hernández, profesora asociada del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación, dirige los tres proyectos relacionados con medicina.

Búsqueda en imágenes de cerebro para la identificación temprana de enfermedades neurodegenerativas con énfasis en la demencia frontotemporal y el trastorno afectivo bipolar



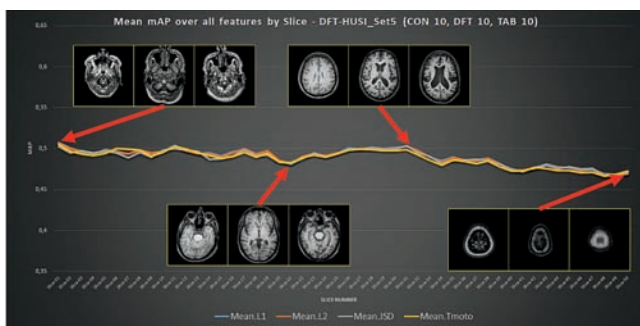
Ricardo Mendoza

Directores y grupos de investigación

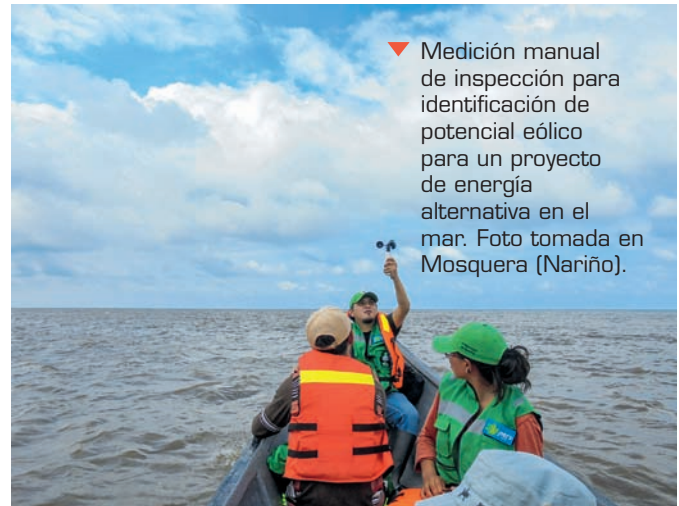
Marcela Hernández Hoyos, Imagine (Uniandes); John Puentes, Departamento de Imágenes y Tratamiento de la Información (Télécom Bretagne); Fabio González, MindLab (Universidad Nacional), y Luis Felipe Uriza, Imágenes Diagnósticas (Hospital Universitario San Ignacio-HUSI).

Descripción

El proyecto se enfoca en la indexación y recuperación de imágenes médicas almacenadas en grandes repositorios, con aplicación particular en el apoyo al diagnóstico de enfermedades neurodegenerativas. Se propone desarrollar un sistema de *big data* para buscar imágenes de cerebro en bases de datos de hospitales que permita encontrar casos similares a los del paciente en evaluación y que alerte al médico sobre una posible demencia y su tipo. Es la tesis de doctorado de Ricardo Mendoza, beneficiario de la beca Rodolfo Llinás de la Alcaldía de Bogotá y la Fundación Ceiba. Es respaldado por una beca de investigación de Amazon Web Services que ofrece acceso gratuito a la infraestructura de computación en la nube de Amazon Inc.



▲ Resultado comparativo del desempeño de diferentes descriptores para recuperar imágenes cerebrales.



▼ Medición manual de inspección para identificación de potencial eólico para un proyecto de energía alternativa en el mar. Foto tomada en Mosquera (Nariño).

Análisis de oportunidades energéticas con fuentes alternativas en el departamento de Nariño (ALTERNAR)



Nicanor Quijano

Directores y grupos de investigación

Andrés Pantoja, GIIEE (Universidad de Nariño) y Nicanor Quijano, GIAP (Uniandes)

Descripción

Se adelanta la primera fase de un programa a largo plazo cuyo fin es contribuir a la definición de nuevos modelos de gestión energética para mejorar la cobertura en zonas apartadas o no interconectadas de Nariño. Se propondrá un esquema de aprovechamiento integral y sostenible de los recursos locales para generar energía alternativa, mediante la investigación en tecnologías de redes inteligentes aplicadas a zonas rurales. Para ello se abordarán los retos del cambio climático, el uso racional de la energía y la solución de las necesidades socioeconómicas propias de cada región.

Inicialmente se hará el estudio técnico detallado de las fuentes alternativas disponibles en las zonas rurales con menor cobertura eléctrica. Luego, con datos reales y proyecciones estadísticas de las fuentes estudiadas, se escogerá el sector donde se adelantará el diseño técnico completo (a nivel de prefactibilidad) de una solución que incluya generación alternativa, redes de distribución, medición inteligente, sistema de comunicaciones para el soporte del manejo de los recursos y el control de los generadores. En la Universidad de Nariño se desarrollará una microrred de prueba con el fin de ilustrar los conceptos teóricos del estudio. ■

Más información:

<http://190.254.4.127:90/alternar/>

Jump Camp, un salto en el aprendizaje de videojuegos

Entre agosto y diciembre del 2014, el Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación (DISC) capacitó de manera gratuita a 543 personas de diversas partes del país en niveles básico, intermedio o avanzado de desarrollo de piezas digitales.

52

Foto cortesía ViveLab Bucaramanga



▲ En el Jump Camp se inscribieron 5000 personas, de las cuales se escogieron 1800, pues aunque el compromiso era impartir instrucción a 800, se tuvieron en cuenta los elevados índices de deserción en la educación virtual gratuita (se calcula que solo el 10 por ciento los concluye). Se otorgaron alrededor de 1100 certificados de cursos cortos y 543 del nivel básico. En la imagen, clase en el ViveLab de Bucaramanga.

El diseño de un programa gratuito de formación para personas de todo el país, con 120 horas de dedicación y sin requisitos de título profesional se materializó en lo que el DISC llamó Jump Camp.

Este surgió de una convocatoria del Ministerio de las TIC y Colciencias para complementar las actividades de los ViveLabs, laboratorios que funcionan en 16 ciudades, cuyo fin es impulsar el desarrollo de los contenidos digitales. El DISC ganó en la categoría de videojuegos, pero también se podía participar en animación y en publicidad digital.

En el proyecto intervinieron el profesor Pablo Figueroa, integrante del grupo de investigación IMAGINE, con apoyo ad-

ministrativo del profesor Eliécer Gutiérrez, José Luis Dorado (en ese entonces estudiante de maestría) y el experto en diseño de videojuegos Óscar Ramírez.

Para establecer el currículo se basaron en el material de primer semestre de EGAMES (la especialización en videojuegos de Uniandes) y le añadieron charlas internacionales y cursos básicos de introducción en programación y en arte gráfico 2D. El esquema era presencial y llegó a 9 de los 11 ViveLabs activos en ese momento, mediante teleconferencias sincrónicas con las clases que se impartían en Los Andes.

Los estudiantes podían obtener un certificado básico si cursaban el 80 por ciento de las horas propuestas, uno intermedio si desarrollaban un videojuego y uno avanzado si les dedicaban 380 horas a actividades extra y al desarrollo de tres juegos en grupo. Se ofreció también un programa suplementario a las 10 mejores ideas, cuyos autores fueron llevados durante una semana a la Game Developers Conference en San Francisco, Estados Unidos.

Como parte del compromiso con MinTIC, el DISC está terminando una versión en línea del curso que podrán usar los ViveLabs. Así, replicarán la experiencia del Jump Camp, un programa cuyo nombre responde a la idea de ser un "campo de salto" para que los participantes den otro paso en el desarrollo de videojuegos. ■



CONTACTO:

Pablo Figueroa, ingeniero de sistemas, PhD en Computer Science, de la Universidad de Alberta (Canadá), profesor asociado del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación y director técnico de Colivri (Colaboratorio en Interacción, Visualización Robótica y Automática). pfigueroa@uniandes.edu.co



Los modelos territoriales para vislumbrar el futuro

El profesor Francisco Escobar, del Departamento de Geología, Geografía y Ciencias Ambientales de la Universidad de Alcalá (España), impartirá el curso “Modelos avanzados de ciudades y territorios, de lo local a la sostenibilidad” en la Escuela de Verano del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental. La temática son los nuevos modelos territoriales de simulación dinámica que permiten conocer la evolución y funcionamiento del suelo para planear su uso en ciudades y territorios aledaños. El invitado respondió a las preguntas de CONTACTO.

¿Qué son los modelos avanzados de ciudades y territorios?

La llegada de los Sistemas de Información Geográfica (GIS), a finales del siglo pasado, supuso la profusión de modelos territoriales. Por fin se disponía de la herramienta capaz de implementar estos modelos hasta entonces teóricos y estáticos, con datos reales. Sin embargo, una de sus mayores limitaciones era su deficiente tratamiento del dinamismo propio de los fenómenos territoriales.

La tecnología GIS incorporó el concepto de “sistema complejo” y, por ejemplo, en el núcleo de los de última generación contempla la variable tiempo o cambio, que aunque es intangible, produce efectos que pueden ser aprehendidos y analizados. Así surgen los modelos de simulación dinámica basados en autómatas celulares o en multiagentes capaces de reproducir, a partir de reglas relativamente sencillas, comportamientos complejos como los propios de la evolución y el funcionamiento urbano.

Mi curso de la Escuela de Verano versa justamente sobre el modelado de cambios de usos del suelo con autómatas celulares. A partir de datos del pasado, se pueden producir mapas del futuro según diversos escenarios de desarrollo.



▲ Francisco Escobar es Ph.D. en Geografía de la Universidad de Alcalá (España); máster en Planeación Urbana y Regional de la University of Bordeaux III, Tertiary Education and Research (Francia), y máster en Cartography, GIS and Remote Sensing de la Universidad de Alcalá.

Por otra parte, la integración de técnicas de geoestadística y GIS permite aplicar modelos de regresión y, a su vez, modelar, examinar y explorar relaciones espaciales para explicar los factores responsables de los patrones observados. Estos pueden encontrarse en los datos actuales o producirse por el modelo basado en autómatas celulares para el futuro.

¿Qué se entiende por sostenibilidad, cuando se habla de ciudades y territorios?

La sostenibilidad, en sus cuatro vertientes —ambiental, social, económica y política—, implica un desarrollo que, atendiendo las necesidades actuales, no comprometa las posibilidades de desarrollo de las generaciones futuras.

La gobernanza es parte integrante de la sostenibilidad política y social y como tal precisa de la participación de entidades ciudadanas e individuos, que requieren, a su vez, acceso a la información. Esta, al ser multiforme, debe presentarse correctamente a la audiencia para la que fue diseñada.

Los modelos territoriales permiten vislumbrar lo que el futuro puede deparar-

nos en cuanto a políticas públicas e iniciativas privadas, antes de aplicarlas. Sus resultados son claves a la hora de proporcionar los medios adecuados para canalizar la participación y la toma de decisiones.

El nombre del curso habla “de lo local a la sostenibilidad”. ¿Quiere decir que para ser sostenibles, las poblaciones tienen que agruparse?

No necesariamente, aunque en muchas instancias la agrupación puede redundar en beneficios. Con este título queríamos llamar la atención sobre la necesidad de mirar más allá de nuestros horizontes locales, porque vivimos en un mundo interconectado, donde lo que ocurre en un sitio impacta en lugares lejanos. Internet y otras formas de conexión ofrecen oportunidades para el desarrollo local que debemos aprovechar.

Tampoco olvidemos que una parte del desarrollo sostenible se basa en el principio de subsidiaridad, por lo que lo local debe

tener un papel primordial en los procesos de toma de decisiones que afectan al entorno inmediato.

¿Cómo conciliar los intereses individuales de cada ciudad con los de un territorio más grande?

Aunque pueda parecer una tarea muy difícil, no debemos olvidar que vivimos en un sistema en donde tanto el medio natural, como el agrario y el urbano, deben coexistir en equilibrio y beneficiarse mutuamente de aquello que ofrecen.

La relación entre el mundo agrario y el urbano se entiende mejor que la que ambos desarrollan con el medio natural. Sin embargo, frente a las visiones conservacionistas o productivistas, el concepto de “servicios de ecosistemas” surgió con fuerza para demostrar que el medio natural no consiste únicamente en una fuente de recursos, sino que proporciona una importantísima cantidad de servicios, tangibles e intangibles, que difícilmente podrían sustituirse en caso de desaparecer. ■

LOS EVENTOS QUE PASARON

► Grupo de asistentes de Los Andes al CIMM 2015.



Ingeniería Mecánica en el CIMM 2015

Las principales universidades del país celebraron, entre el 28 y el 30 de abril en Cartagena, el VII Congreso Internacional de Ingeniería Mecánica, el V Congreso de Ingeniería Mecatrónica y el V Congreso Internacional de Materiales, Energía y Medio Ambiente. El Departamento de Ingeniería Mecánica participó en la organización y estudiantes y profesores expusieron 3 ponencias, 14 plenarios y 4 posters científicos de sus trabajos de investigación.

Lanzamiento de la Maestría de Petróleos en Oil & Gas 2015

Ante destacadas empresas del sector de hidrocarburos y miembros del Gobierno, en abril se llevó a cabo la quinta versión del Colombia Oil & Gas Conference & Exhibition, en Cartagena. El evento fue respaldado por la Agencia Nacional de Hidrocarburos, el Ministerio de Minas y Energía, la División

Marítima y Ecopetrol. Rodrigo Marín, director del Departamento de Geociencias y profesor invitado de Ingeniería Mecánica, presentó el programa de la Maestría en Ingeniería de Petróleos (ver pág. 49), durante su ponencia “Alianzas educativas: potencial de la capacidad humana dentro de la formación en el sector del petróleo y gas”. La charla fue introducida por el decano Eduardo Behrentz.





Reunidas por la ciencia

Menos de la mitad de los estudiantes de Ingeniería son mujeres. Para abogar por la ampliación de espacios que les den mayor participación y visibilización en la ciencia, cerca de una decena de universidades del país se unieron para organizar, el pasado 18 de marzo, una nueva versión del evento Ciencia, Mujer y Tecnología. En este, jóvenes y profesores de diversos colegios conocieron la labor de investigadoras y exploraron temas científico-tecnológicos. Aproximadamente, 150 participantes y el equipo de Pequeños Científicos asistieron a las conferencias, talleres y visitas a los laboratorios de las Facultades de Ingeniería, Ciencias y Medicina.

MONUA 2015 SE LLEVÓ A CABO EN UNIANDES

Un grupo de 60 uniandinos quiere convertirse en el Modelo de Naciones Unidas más grande de Latinoamérica. En marzo, más de 500 asistentes nacionales e internacionales llegaron a la Universidad para participar en MONUA 2015 y para desarrollar durante tres días sus habilidades argumentativas y diplomáticas, en 17 comités diversos. "Por primera vez se recreó un escenario donde debaten gabinetes adjuntos de crisis", explicó su directora, Juliana Saldarriaga. Además, se elaboraron periódicos como *The Empire* y *Al Saif*, voceros de la cultura occidental y del Medio Oriente, escritos por estudiantes. Eduardo Galvis, futuro ingeniero industrial y secretario general de MONUA 2016, dijo que los estudiantes de Ingeniería aportan elementos técnicos de alta calidad al debate.



VII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica

Con la participación de reconocidos especialistas internacionales en geotecnia, ingeniería estructural y riesgo sísmico, se llevó a cabo el 27, 28 y 29 de mayo el VII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica organizado por Uniandes y la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. Estudiantes y profesores compartieron experiencias, ampliaron sus conocimientos y fortalecieron sus redes de colaboración en amenaza sísmica; respuesta dinámica de suelos e interacción suelo-estructura-fluido; análisis, diseño y comportamiento sísmico de estructuras y vulnerabilidad, y reforzamiento y riesgo sísmico de estructuras.

www.7congresosismica.com



Egresados se reunieron con docentes

Para promover el acercamiento entre los egresados y sus profesores, la Facultad inició un nuevo ciclo de Reencuentro con los Docentes, un espacio dedicado a la actualización en temas de Ingeniería relacionados con coyunturas nacionales y locales. En mayo, Julio Ernesto Villarreal Navarro, profesor con cerca de 30 años de experiencia en el Departamento de Ingeniería Industrial y experto en finanzas, infraestructura y servicios públicos, dictó la charla "Las implicaciones económicas de los fenómenos del Niño y la Niña en Colombia".

Alianza con el Instituto Fraunhofer de Alemania

Bautizada en honor del físico alemán que descubrió la difracción de rayos solares e inventó nuevos padrones para la producción de lentes, la Sociedad Fraunhofer está compuesta por 66 institutos de investigación especializados en diversas áreas de las ciencias aplicadas.

La Universidad de los Andes se convertirá en uno de sus aliados internacionales por un acuerdo de cooperación investigativa con el Instituto Fraunhofer Enas de Nanosistemas Electrónicos. El objetivo es desarrollar proyectos conjuntos en micro, biomicro y nanosistemas con el

fin de plantear soluciones innovadoras a casos reales de las demandas de infraestructura urbana, medio ambiente e industria colombiana y posibilitarán el intercambio de profesores y alumnos con los laboratorios de Chemnitz y Paderborn (Alemania).



FOMENTANDO BUENAS PRÁCTICAS DOCENTES

La decanatura organizó el segundo ciclo del Coloquio Docente, para compartir buenas prácticas académicas entre colegas. Participaron profesores destacados en el trabajo docente, quienes mostraron ejemplos exitosos y dieron consejos prácticos para contribuir al desarrollo y transformación positiva de la Facultad. Juan Pablo Bocarejo —ingeniero civil y Ph.D. en Transporte— dio la charla “Consecución de recursos externos”; Andrés Medaglia, director del Departamento de Ingeniería Industrial, habló de la “Producción de literatura científica”, y Alejandro Maraón, Ph.D. en Ingeniería Mecánica, conversó sobre “Buenas prácticas docentes”.



Falta información ambiental, dice encuesta nacional

El 71 % de los colombianos no sabe quién es la autoridad ambiental de su ciudad, solo el 59 % ha oído hablar del Ideam (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia) y apenas el 33 % sabe que existe un Ministerio dedicado al área en el país. Estas son algunas de las conclusiones de la segunda Encuesta Nacional Ambiental realizada por la firma Cifras & Conceptos, liderada por la revista *Catorce6* en alianza con la Facultad de Ingeniería, cuyos resultados se conocieron el pasado 19 de febrero en el Auditorio Mario Laserna. Su objetivo era “identificar percepciones, actitudes y conocimientos en 12 ciudades frente al tema ambiental. El estudio mostró, además, que 9 de cada 10 colombianos piensan que el cuidado del medio ambiente no va bien, pero solo 3 de 10 reaccionan cuando presencian una acción dañina.

LOS EVENTOS QUE VIENEN

Primer Foro en Gestión de Servicios de TI

El 16 de julio tendrá lugar este evento dirigido a los directivos de negocio (CEO) y de TI (CIO y CTO) de empresas colombianas interesados en implementar el enfoque de Gestión de Servicios de Tecnologías de la Información (TI), una clara tendencia hacia los servicios en la nube y la externalización. Las buenas prácticas y las recomendaciones de los conferencistas invitados ayudarán a identificar el valor y beneficios de este tipo de tecnología en los negocios y sus principales retos de adopción: capacidades requeridas, *frameworks*, herramientas y procesos. En la tarde se organizará un *workshop* para con una guía práctica enfocada en los servicios externos.

Más información: <https://sistemas.uniandes.edu.co/es/gestion-servicios-ti/foro-1>



10.º Congreso Colombiano de Computación

Entre el 21 y el 25 de septiembre de 2015 se organizará este congreso en la Universidad, de la mano de la Sociedad Colombiana de Computación, el capítulo de IEEE Colombia y el capítulo de ACM Uniandino. Investigadores y estudiantes nacionales e internacionales presentarán resultados en el campo de la informática. El 10CCC incluirá también un simposio para estudiantes de maestría y doctorado. Además, el público podrá asistir a charlas de conferencistas internacionales y tutoriales en temas especializados.

Más información: <http://10ccc.sco2.org>



Convenio entre las universidades Externado y Uniandes

▲ Pablo Navas, María del Pilar García, Juan Carlos Henao y Eduardo Behrentz.

En abril, estas instituciones sumaron una nueva alianza a su tradición de colaboración académica. El doctor Juan Carlos Henao, rector del Externado, y Pablo Navas, rector de Uniandes, firmaron un convenio que incluirá el intercambio de información y publicaciones entre bibliotecas, pasantías de personal docente e investigadores y ejecución de planes de estudios conjuntos e investigaciones. Esta también incluye

celebración de encuentros, jornadas y congresos, acceso a equipos y material y edición conjunta de publicaciones, entre otros. Al acto asistieron la directora del Departamento de Derecho del Medio Ambiente del Externado, María del Pilar García, y el decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad, Eduardo Behrentz, quienes buscarán una simbiosis entre derecho, ingeniería y medio ambiente.

Grandes Emprendedores de la Ingeniería Colombiana

El experto en Ingeniería Sísmica Luis Enrique García relató sus historias sobre los hitos de la ingeniería civil colombiana y atendió las preguntas de los estudiantes. Para el "Turro" García, la ingeniería es "un mejor aprovechamiento de la naturaleza en beneficio de la humanidad y de las generaciones futuras", filosofía que seguirá multiplicándose entre los futuros ingenieros uniandinos gracias a estos encuentros.



Manufactured Nanomaterials / Nanotechnology Workshop for the Latin America Region

Esta es una iniciativa de los departamentos de Ingeniería Eléctrica y Electrónica e Ingeniería Química liderada por los profesores Alba Ávila y Felipe Muñoz, en conjunto con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, United Nations Institute for Training and Research y Organization for Economic Co-operation and Development. El *workshop*, financiado por el Gobierno suizo, se realizará en las instalaciones de la Facultad, entre el 22 y el 24 de junio, y reunirá a 20 representantes de Latinoamérica y el Caribe.

Revolución en dos ruedas

Según una encuesta que aplica el Grupo de Sostenibilidad Urbana y Regional (SUR), solo el uno por ciento de la comunidad uniandina se movilizaba en bicicleta en el 2010. En el 2014, más del cinco por ciento migró a esta opción verde. Por esto, en el marco del Foro Mundial de la Bicicleta, en Medellín, SUR organizó un juego de roles para que peatones, ciclistas, usuarios de carro y de moto, comerciantes y autoridades debatan a través de las redes sociales sobre un decreto simbólico de reglamentación de bicicletas. Adicionalmente, durante las dos jornadas del Día sin Carro en Bogotá, el grupo invitó a romper el récord de la Universidad, al superar las 1000 bicicletas en el cicloparqueadero del bloque W.



Simulación para la prevención



58

En abril pasado, el Departamento de Ingeniería Química preparó el primer ejercicio de Simulación de Escenarios Accidentales Costa Afuera (*offshore*) a pedido de la Dirección General Marítima, la Unidad Nacional de Gestión de Riesgos, la Asociación Colombiana del Petróleo y la Universidad de los Andes. Esta actividad permitió establecer los roles y responsabilidades de las autoridades en caso de emergencia. En el taller se evidenció que se está avanzando de manera preventiva en identificar los esquemas interinstitucionales necesarios para vincular el mar al desarrollo del país, con planes para evitar daños a su ecosistema.

Nombramientos y reconocimientos



Maestría en Ingeniería Civil recibe certificación de calidad

El Ministerio de Educación acreditó la Maestría en Ingeniería Civil durante los próximos ocho años, gracias a su calidad académica y amplia tradición. Entre los motivos para la certificación sobresalen los grupos de investigación y el nivel de formación de sus profesores. Este programa es el primero de su tipo en ser avalado por el Consejo Nacional de Acreditación (CNA) en el país.

Juan Francisco Correal, nuevo presidente de la Asociación de Ingeniería Sísmica (AIS)



El director del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental y del Centro de Investigación en Materiales y Obras Civiles (CIMOC) tiene una larga trayectoria en el gremio de la Ingeniería Sísmica, una maestría en Ingeniería Civil de la Universidad de los Andes y un doctorado de la University of Nevada. Desde 1998 pertenece a la Asociación que ahora preside y ha participado en la Sociedad Colombiana de Ingenieros Estructurales, en el grupo de revisión y elaboración de la AIS 180 y del comité AIS 200, responsables de la actualización del Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes. Además, dirigió el estudio que determinó las causas del colapso del edificio Space en Medellín. En su nuevo cargo impulsará el estudio y mejoramiento de las ciencias y técnicas relativas a esta rama de la Ingeniería, con aplicación en los problemas nacionales.



PEPQA 2015: estudiantes organizaron encuentro de industria y academia

Colombia se debe preparar para atender con calidad el servicio de energía eléctrica y así responder al crecimiento de la industria. Por eso, son convenientes los vínculos que se están creando entre el sector productivo y la academia a partir del Congreso de Electrónica de Potencia y Calidad de la Potencia. La segunda versión de este evento se realizó del 2 al 4 junio de 2015 en la Universidad de los Andes, bajo la dirección general del profesor Gustavo Ramos y la organización del capítulo estudiantil “Universidad de los Andes SB IAS Chapter” y el capítulo Profesional IEEE de Aplicaciones Industriales de Colombia.

El profesor Gustavo Ramos explica que la “electrónica de la potencia es un área de la electrónica que ha permitido que los procesos industriales sean más

eficientes, al usar semiconductores de potencia. Casi un 90 por ciento de las cargas que utiliza la sociedad en todos sus ámbitos funcionan a través de uno de esos dispositivos. Los retos en los sistemas eléctricos se están solucionando con dispositivos electrónicos que pueden conducir grandes cantidades de energía de manera muy eficiente. La calidad de la potencia se ocupa de las características del servicio de energía eléctrica, pues la disminución de la calidad de la potencia genera pérdidas económicas importantes”.

El segundo congreso internacional, PEPQA 2015 (Power Electronics & Power Quality Applications), proporcionó un espacio para que profesionales de la industria, estudiantes y académicos, conocieran

las tendencias más recientes en las áreas de electrónica y calidad de la potencia.

En el evento se desarrollaron actividades dirigidas por reconocidos miembros de la comunidad industrial y académica, que se orientaron a: 1) convertidores de electrónica de potencia, 2) variadores de velocidad, 3) electrónica de potencia en sistemas de transmisión y distribución, 4) análisis de calidad de la potencia, 5) diseño para calidad de la energía, y 6) modelado, simulación y educación en estas áreas.

El congreso PEPQA 2015 contó con la participación de Mark McGranaghan y Roger Dugan del Instituto de Investigación de Potencia Eléctrica de Estados Unidos (Electric Power Research Institute, EPRI), entre otros conferencistas.

Antonio García, profesor honorario



Casi 40 años de enseñanza completa quien fue decano de la Facultad a finales de los ochenta, vicedecano y jefe del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Por su labor, recibió el título de profesor honorario otorgado por la Universidad, donde seguirá impartiendo su clase de Tecnología y Sociedad. Antonio García ha sido una pieza clave para la consolidación de la Ingeniería Electrónica del país. Además, es vicepresidente de la Asociación Colombiana de Ingenieros y vicepresidente del capítulo nacional del IEEE de Circuitos y Sistemas.

El regreso de ‘Pepe’ Toro a la Facultad



Luego de 14 años de una destacada labor en la Vice-rectoría de Asuntos Académicos, desde donde ayudó a impulsar la creación de la Facultad de Medicina y abogó por la interdisciplinariedad y el humanismo de los programas uniandinos, el profesor José Rafael Toro regresa a la Facultad de Ingeniería. ‘Pepe’ Toro es ingeniero mecánico y magíster en Ingeniería Mecánica de la Universidad de los Andes y MSc. Mechanical Engineering de la Universidad de Pittsburgh (Estados Unidos).

Mónica María Meléndez, gestora de la Oficina de Comunicaciones Estratégicas



Es periodista de la Universidad Javeriana y magíster en Periodismo Literario de la Universitat Autònoma de Barcelona. Ha escrito para revista *Gente* —de Editorial Televisa—; revista *Pesquisa*, de Editorial Javeriana, y para Publicaciones Semana, donde investigó y escribió artículos para especiales sobre el sector hidrocarburos y transporte. En su último trabajo fue asesora de prensa de la Fundación Ideas para la Paz, donde lideró la estrategia en redes sociales y la producción de piezas audiovisuales sobre temas de conflicto armado, víctimas y reparación. Su labor en la Facultad estará centrada en la redacción y difusión interna y externa de piezas que den a conocer el trabajo de profesores y estudiantes y su impacto en el desarrollo del país.

Grados *Summa Cum Laude*

Hayden Liu Weng

Mecánica, promedio: **4.72**

Asesor: Andrés González Mancera

“Desarrollo de algoritmos computacionales para la simulación de fluidos mediante el método de elementos espectrales”

Con el fin de solucionar las necesidades de las herramientas computacionales existentes, se estudió la utilización del método de elementos espectrales para mejorar su rendimiento. El trabajo de grado exploró nuevas posibilidades para el desarrollo de software de simulación de sistemas y/o solución numérica de ecuaciones diferenciales usados en áreas tan diversas como dinámica de fluidos, integridad estructural o robótica. Para ello, se identificaron sus características principales, con lo cual se desarrolló una implementación básica del software para la ecuación de Stokes. Se presentaron problemas clásicos 1D (Couette) y 2D (Cavidad Rectangular) para comparar el rendimiento del método con resultados reportados en literatura y otras alternativas de solución más tradicionales. Así mismo, se trabajó brevemente sobre aceleración del código para hacer su aplicación más práctica. Con estos materiales se preparó un repositorio para permitir a futuros usuarios implementar el método en sus aplicaciones particulares.



Andrés Felipe García Albarracín

Electrónica, promedio: **4.86**

Asesor: Néstor Peña

“Diseño de una herramienta de simulación en dos dimensiones para la caracterización de etiquetas SAW”

Las etiquetas SAW (Surface Acoustic Wave) son dispositivos de identificación inalámbricos capaces de responder a una excitación electromagnética mediante una serie de impulsos retrasados en el tiempo. Se utiliza el acople entre ondas acústicas y ondas electromagnéticas, característico de los materiales piezoeléctricos, para propagar ondas en el material y generar un patrón de reflexión. En el trabajo de grado se desarrolló una herramienta de simulación que utiliza el método de diferencias finitas en el dominio del tiempo (FDTD), para predecir la propagación de las ondas en una etiqueta SAW bidimensional y para desarrollar su caracterización electromagnética. El futuro desarrollo de estas etiquetas llegaría a ser una alternativa para dispositivos de identificación actuales basados en chips semiconductores (como tarjetas de transporte, carnés de identificación, etc.) con la ventaja de un menor consumo de potencia y mayor robustez.



Daniel Giraldo

Química, promedio: **4.66**

Asesor: Andrés González Barrios

“Modelación determinista de un sistema de represiladores acoplados mediante un sistema de *quorum sensing* con la implementación de una lactonasa como mecanismo de reinicio”

En el trabajo se desarrolló un modelo matemático basado en ecuaciones diferenciales de primer orden. Este simuló el comportamiento de una población de bacterias transformadas con un circuito genético, el cual generaba una proteína fluorescente de manera oscilatoria y la sincronización de esta producción en población de los microorganismos. Con datos experimentales se modeló el comportamiento observado en el rango de tiempo posible experimentalmente y se simuló para tiempos mayores. El desarrollo y estudio de este tipo de sistemas biológicos podría implementarse en biorreactores industriales con el fin de optimizar la fabricación de productos de interés o inclusive en terapias donde una población de microorganismos se encargue de producir el fármaco.



Omar D. Huertas Gómez

Química, promedio: **4.64**

Asesor: Watson Vargas

“Diseño de producto: formulación de una bebida deportiva de bajo costo”

Se desarrolló y formuló una bebida deportiva, líquida y en polvo, para deportistas de alto rendimiento. Esta busca solucionar los problemas digestivos que causan los productos del mercado, como incomodidad estomacal e intestinal, sensación de llenura y hastío, aumento en la viscosidad de la saliva, vómito, flatulencias y reflujo. Una investigación de mercado identificó las necesidades, deseos y expectativas del deportista; también se realizó una evaluación sensorial y estudio físico-químico de esas bebidas y de los insumos utilizados. Con la información, se formuló la bebida y se hicieron pruebas sensoriales con equipos de de Los Andes, para refinar la formulación. También se optimizaron los costos de producción para minimizarlos con información real de la industria y considerando los agentes que participan en la cadena de valor de producción y comercialización. Con estos resultados y una nueva exploración del mercado, fue lanzada en marzo del 2015 bajo la marca Titanium. ■



La Facultad consolida grupos de investigación científica y aplicada

Sostenibilidad urbana, telecomunicaciones, computación visual, energía y producción y logística son algunas de las problemáticas de gran impacto científico y social que estudian 8 de los 23 grupos de investigación de la Facultad de Ingeniería. Algunos son interdisciplinarios.

Los Andes es una universidad de Investigación y la Facultad de Ingeniería es un ejemplo de ello, con grupos a los que están vinculados alumnos y profesores de pregrado, maestría y doctorado. Con sofisticadas herramientas y laboratorios, son un apoyo para el desarrollo de proyectos gubernamentales y del sector privado. Algunos de estos son:

Grupo de Electrónica y Sistemas de Telecomunicaciones (GEST)

Enmarca sus estudios en altas frecuencias (RF y Microondas) y optoelectrónica, teletráfico, compatibilidad electromagnética, gestión de redes y electromagnetismo aplicado a las comunicaciones.

Conversión de Energía (CE)

Trabaja tres áreas: energías renovables (energía hidráulica, energía solar térmica, energía eólica y en utilización de la biomasa); uso racional de energía y el planeamiento energético.

IMAGINE: Computación Visual, I+D+i

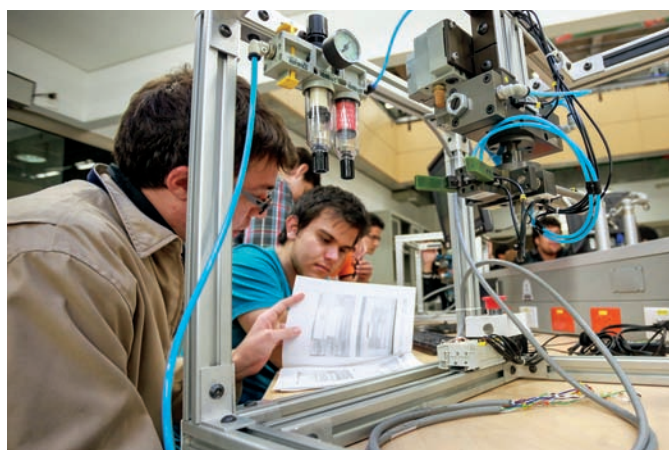
Desarrolla conocimiento y tecnología basados en procesamiento de imágenes, visualización 3D por computador, interacción con dispositivos no convencionales y robótica.

Tecnología y Sociedad (TYS)

Investiga políticas y estrategias tecnológicas en las organizaciones, gestión de la tecnología, responsabilidad social vista desde la gestión y el diseño tecnológico, e ingeniería, tecnología y sociedad.

Teoría de Sistemas de las Organizaciones (TESO)

Creado en 1983, fue la primera iniciativa en Colombia para el desarrollo del Pensamiento Sistémico desde la realidad nacional. Se orienta a las comunidades de aprendizaje, desarrollo microempresarial, dinámica de sistemas, dirección y gestión organizacional, entre otros.



▲ Plaza de Aprendizaje Activo

Producción y Logística (PYLO)

Brinda al medio educativo y empresarial una alternativa para solucionar situaciones relacionadas con la planeación y programación de operaciones, logística y gestión de la cadena de abastecimiento e ingeniería y gestión de calidad

Grupo de Investigación en Automatización para la Producción (GIAP)

Investiga la automatización industrial mediante tratamiento de imágenes, simulación, identificación y automatización de procesos, desarrollo de máquinas automáticas, robótica móvil, sistemas biológicos, sistemas híbridos y teleoperación.

Grupo de Estudios en Sostenibilidad Urbana y Regional (SUR)

Investiga los principios de uso eficiente de energía y desarrollo sostenible en los países en desarrollo. Apoya procesos de diseño de política pública en ordenamiento urbano y territorial.



¿Santa Marta se va a morir de sed?



62

La Perla de América, que cuenta con la bahía más imponente del país, considerada uno de los centros turísticos más importantes de Colombia, la misma donde en los últimos años se están edificando numerosos edificios de apartamentos con unos precios accesibles a pocos privilegiados, paulatinamente se está quedando sin agua.

En pleno siglo XXI, una capital de departamento se ha visto abocada a distribuir agua potable en carrotanques, así como a abastecerse de forma temporal por medio de más de treinta pozos profundos. Esta es la respuesta de un plan de contingencia de corto plazo para solucionar parcialmente la escasez de agua en la ciudad.

¿A qué puede obedecer la situación dramática de este importante distrito turístico, cultural e histórico, considerado el tercero en importancia en la región Caribe? Algunos simplemente pueden afirmar que se debe al cambio climático que ha derretido las nieves de donde se alimentan sus fuentes, y que caracterizaban a la Sierra Nevada de Santa Marta. También hay quienes piensan que esto obedece a los efectos del fenómeno de El Niño, que se ha mostrado implacable en todo el territorio colombiano. No creo que ese sea realmente el problema.

Es cierto que la oferta hídrica en el país se ha visto mermada en algunas épocas del año. Concretamente, las tres fuentes hídricas de Santa Marta (ríos Piedras, Manzanares y Gaira) en algunos casos han tenido disminuciones superiores al 80 por ciento en los últimos meses.

¿No será de pronto que el crecimiento desbordado de la ciudad, debido no solo a la población desplazada que busca mejores oportunidades en la capital del Magdalena, sino a la construcción de los lujosos apartamentos, donde, dicho sea de paso, algunos deben contar con soluciones individuales para el servicio público de alcantarillado, ha ocasionado que su infraestructura obsoleta no de abasto para atender toda la demanda?

Considero que ese es el verdadero problema que aqueja a la ciudad. Esto no es reciente, pero solo se evidenció con la factura que el fenómeno de El Niño le cobró. La falta de planeación tiene hoy a los habitantes al borde del desespero e impotentes al saber que esto no se soluciona de la noche a la mañana.

De haber contado con un Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado, concienzudo, estructurado, que reflejase no solo la futura expansión de la ciudad, sino la reposición gradual de su infraestructura, la situación sería otra. A veces no necesariamente se trata de buscar nuevas fuentes de agua. Esta búsqueda hubiera podido esperar un poco más si se hubieran mitigado de forma oportuna las pérdidas. Estas se encuentran cercanas al 50 por ciento, lo cual, expresado en términos menos técnicos, equivale a decir que para hacer llegar un metro cúbico de agua a los hogares se deben producir el doble.

Es preciso tomar medidas definitivas. Ante la ineficacia de la entidad territorial, el Gobierno Nacional se hizo cargo de la situación en la ciudad, pese a que el mandato constitucional y legal señala a los gobiernos locales como los que deben garantizar la prestación eficiente a sus habitantes.

Sin embargo, dado que se tuvo que afrontar esta problemática como un plan de choque, las soluciones definitivas resultan cuantiosas. Volvemos al caso de no haber invertido gradualmente en la infraestructura de la ciudad. De esta forma, se hubiera acudido a las diferentes fuentes de financiación de una manera equitativa. Por un lado los suscriptores, vía tarifa, hubieran aportado una parte de esta gran bolsa de inversiones. De otro lado, los municipios hubieran podido canalizar recursos del sistema general de participaciones para inversiones en infraestructura, o acudir a recursos del Gobierno Nacional. Así, ni la escasez ni el tema presupuestal hubieran sido tan cuantiosos, traumáticos y urgentes como está sucediendo hoy en Santa Marta.

Sin embargo, confío en que la solución que el Gobierno Nacional ha planteado para el abastecimiento de agua en la ciudad sea la definitiva. El ejemplo de Santa Marta es una alerta temprana para otros municipios que pueden estar *ad portas* de afrontar una situación similar. Es tiempo de evitar que esto suceda. ■

Alejandro Gualy Guzmán
 Experto Comisionado
 Comisión de Regulación de Agua Potable
 y Saneamiento Básico
agualy@cra.gov.co



▲ Aspecto general del Laboratorio de Biotecnología, ubicado en el edificio Mario Laserna, ML 414 y 416.

▼ Electroporador: Somete el microorganismo a un choque eléctrico de 110 voltios para que su membrana se vuelva permeable al ADN.

Inversión:

Este laboratorio se construyó al tiempo que el edificio Mario Laserna, en el 2007. La inversión en equipos, a la fecha, es de \$1.100.643.807.

Usuarios:

Estudiantes de pregrado para sus trabajos de grado (de 15 a 20); estudiantes de maestría y doctorado (entre 6 y 7), e investigadores con proyectos para la industria, patrocinados por Colciencias. La labor es interdisciplinaria e intervienen programas como Microbiología, Biología, Física, Ingeniería Ambiental e Ingeniería de Sistemas y Computación.

Proyectos y líneas de investigación:

Microalgas: Búsqueda de estrategias para mejorar la capacidad de las microalgas para capturar el CO₂.

Biorremediación: Se utilizan microorganismos para transformar corrientes contaminantes.

Por ejemplo, un proyecto de grado analiza, en una librería de clones del río Bogotá, cuáles son los que codifican para moléculas que puedan emplearse en separar el petróleo del agua.

En otro se analiza el hongo *Trametes pubes* que se utilizaría para degradar fenoles residuales de la producción de tinta.

ADN del agua de páramo: Búsqueda de enzimas en microorganismos alterados con el ADN del agua de páramo para encontrar moléculas biodegradables llamadas biosurfactantes, que puedan ser usadas en la industria de alimentos, la cosmética y la petrolera.

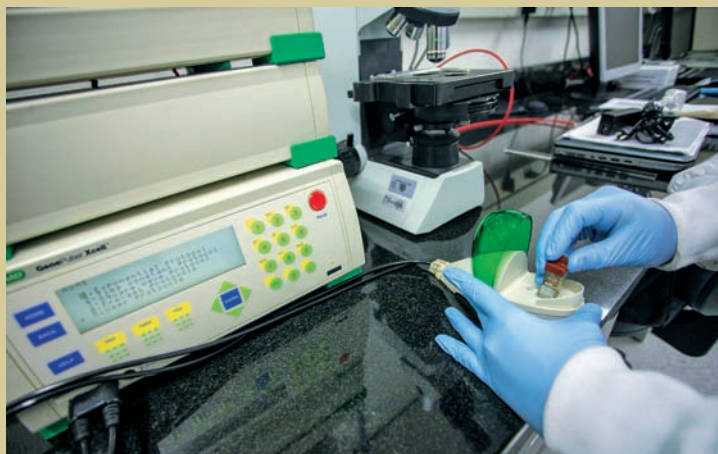
También se investiga una molécula sintetizable para construir las espumas empleadas en la industria de las flores, porque los reactivos utilizados en ello solo se producen en China. Con una tecnología colombiana se lograría independencia de ese mercado.

Logros:

Este laboratorio está tramitando tres patentes de invención: la primera, para dos enzimas capaces de obtener alcohol a partir de celulosa, que pueden trabajar en temperaturas superiores a las que utiliza la industria. La segunda, para el desarrollo de una tecnología que separa el crudo del agua. La tercera es para péptidos que generan emulsiones para la industria cosmética. En transferencia de esta tecnología, se desarrolla un producto para una empresa a partir de estos surfactantes. Además, el grupo de Ingeniería Biológica y Biotecnología, que pertenece al grupo de Procesos y Productos, ha generado cerca de 25 publicaciones en los últimos cuatro años.

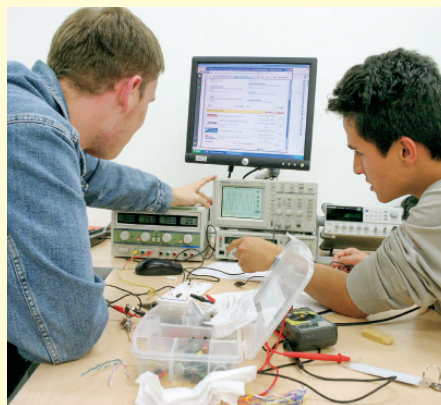
Más información:

<https://ingquimica.uniandes.edu.co/home/laboratorios>



Programas de Posgrado

Facultad de Ingeniería



Doctorado en Ingeniería

Programa acreditado por CNA

Registro SNIES: 16071

Maestrías

**Inteligencia Analítica
para la Toma de Decisiones**

Nuevo programa

Registro SNIES: 104198

Ingeniería de Petróleos

Nuevo programa

Registro SNIES: 104304

Diseño de Procesos y Productos

Nuevo programa

Registro SNIES: 103269

Ingeniería Ambiental

Registro SNIES: 91235

**Maestría en Biología
Computacional**

Registro SNIES: 102711

Ingeniería Biomédica

Registro SNIES: 102021

Ingeniería Civil

Registro SNIES: 1578

Ingeniería Eléctrica

Registro SNIES: 1580

**Ingeniería Electrónica
y de Computadores**

Registro SNIES: 5182

Ingeniería Industrial

Registro SNIES: 1581

Ingeniería Mecánica

Registro SNIES: 1582

Ingeniería Química

Registro SNIES: 91110

**Ingeniería de Sistemas
y Computación**

Registro SNIES: 1579

**Arquitecturas de Tecnologías
de Información (MATI)**

Registro SNIES: 101531

Seguridad de la Información (MESI)

Registro SNIES: 102074

Ingeniería de Software (MISO)

Registro SNIES: 102073

**Tecnologías de Información
para el Negocio (MBIT)**

Registro SNIES: 102269

Mayor Información:

Teléfonos: (571) 3324327, 3324328, 3324329. Correo electrónico: info.ingenieria@uniandes.edu.co

<http://ingenieria.uniandes.edu.co>

