

Edición
N° 3
Jul.
2014

IMPACTOS

PUBLICACIÓN DEL SISTEMA INFORMATIVO INGENIEMOS
A DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADOS - EDICIÓN 3 - JULIO 2014

Los egresados de maestría y doctorado generan nuevo conocimiento

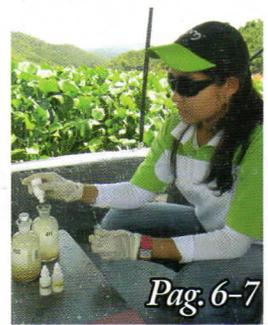


Foto: Carlos Betancur



Pag. 4-5

Monitorización ambulatória de signos vitales



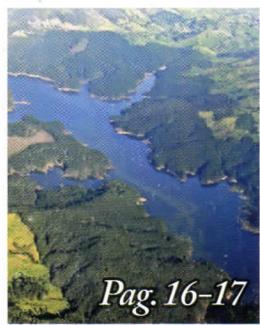
Pag. 6-7

Mejoramiento de la calidad del agua en embalses



Pag. 10-11

Materiales para reparación en tejidos óseos



Pag. 16-17

Comportamiento del nitrógeno en Riogrande II

Grupos de investigación - Facultad de Ingeniería

1. Catálisis Ambiental	219 6609
2. Centro de Investigación, Innovación y Desarrollo de Materiales – CIDEMAT	219 6617
3. Ciencia y Tecnología del Gas y Uso Racional de la Energía – GASURE	219 5529
4. Diagnóstico y Control de la Contaminación – GDCON	219 6571
5. Grupo de investigación en Gestión y Modelación Ambiental – GAIA	219 5570
6. Grupo de investigación en Manejo Eficiente de la Energía Eléctrica – GIMEL	219 8557
7. Procesos Físicoquímicos Aplicados – PFA	219 5538
8. Grupo de Ingeniería y Gestión Ambiental – GIGA	219 5596
9. Bioprocesos	219 5536
10. Grupo GeoLimna	219 8579
11. Grupo de Electrónica de Potencia, Automatización y Robótica – GEPAR	219 8567
12. Grupo de investigaciones Pirometalúrgicas y de Materiales – GIPIMME	219 5540
13. Grupo de Simulación de Comportamientos de Sistemas – SICOSIS	219 5530
14. Grupo de Sistemas Embebidos e Inteligencia Computacional – SISTEMIC	219 5560
15. Gestión de la Calidad	219 5575
16. Grupo de investigación en Bioinstrumentación e Ingeniería Clínica – GIBIC	219 8588
17. Grupo de investigación en Biomateriales – BIOMAT	219 8591
18. Ingeniería y Software	219 5508
19. Grupo Ciencia y Tecnología Biomédica – CTB	219 5576
20. Grupo de Energía Alternativa – GEA	219 5547
21. Grupo de Investigación en Telecomunicaciones Aplicadas – GITA	219 5563
22. Grupo de Simulación, Diseño, Control y Optimización de Procesos – SIDCOP	219 8568
23. Grupo Diseño Mecánico	219 5550
24. Ingeniería Civil y Oceanográfica	219 5570
25. Innovación y Gestión de Cadenas de Abastecimiento – INCAS	219 5576
26. Grupo de Emprendimiento, Finanzas y Gestión Organizacional (GESTA)	219 5552
27. Grupo de Investigación en Cementos, Cerámicos & Compuestos	
28. Grupo de investigación en Materiales y Recubrimientos Cerámicos – GIMACYR	219 8540
29. Grupo de Investigación en Materiales y Sistemas Eléctricos – TESLA	219 8559
30. Grupo de investigación y desarrollo de procesos agroindustriales y refinerías CERES	219 8564
31. Grupo de Materiales Poliméricos	219 8544
32. Grupo Ludens	219 8576
33. Ingeniería y Sociedad	219 5579
34. Ingeniería y Tecnologías de las Organizaciones y de la Sociedad – ITOS	219 5530
35. Materiales Preciosos – MAPRE	219 5544
36. Observatorio de Participación – OPAR	219 8576



Suplemento de la
Dirección de Investigación y Posgrados

Rector
Alberto Uribe Correa

Decano
Carlos Alberto Palacio Tobón

Vicedecano
Julio César Saldarriaga Molina

Directora de Investigación y Posgrados
Natalia Gaviria Gómez

Fotografía
Jaime Augusto Osorio Rivera
Archivos personales de los autores

Apoyo editorial
Leidy Johana Quintero Martínez
Carlos Arturo Betancur Villegas

Dirección Periodística
Mauricio Galeano Quiroz

Diseño y Diagramación
Is Neurona
[isneurona@hotmail.com]

Impresión
Is Neurona

Circulación
1.000 ejemplares

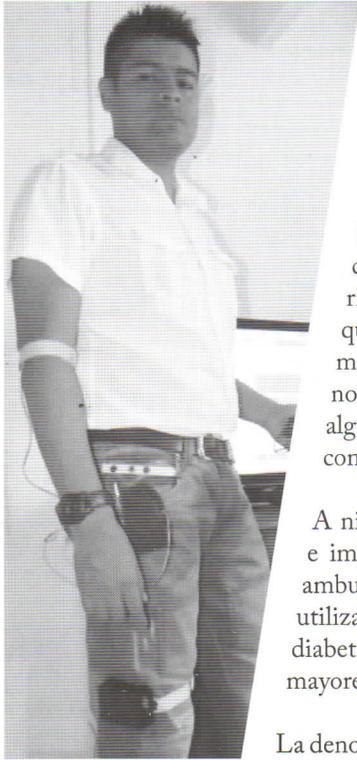
Facultad de Ingeniería - Ciudad Universitaria
Bloque 21 oficina 113 Teléfono: 219 55 17
<http://ingenieria.udea.edu.co>

Las opiniones expresadas por los autores
no comprometen a la Universidad de Antioquia ni
a la Facultad de Ingeniería.

EnViBo:

Una herramienta para la monitorización ambulatoria de signos vitales

Por: Gustavo Adolfo Meneses Benavides
Maestría en Ingeniería



EnViBo es una propuesta desarrollada al interior del Grupo de Investigación en Bioinstrumentación e Ingeniería Clínica -GIBIC- con el ánimo de proveer una herramienta para el desarrollo de aplicaciones de monitorización ambulatoria de signos vitales y señales biomédicas en adultos.

Aprovechando las posibilidades que brindan las comunicaciones inalámbricas, EnViBo utiliza una serie de nodos sensores (que captan variables como temperatura corporal, nivel de actividad física, ritmo cardíaco y frecuencia respiratoria) para recopilar información que puede ser utilizada con fines médicos o investigativos. La monitorización ambulatoria tiene la ventaja de que la persona no tiene que estar sujeta a aparatos mediante cables y que, en algunos casos, incluso puede portar los sensores mientras está en la comodidad de su casa o realizando sus actividades cotidianas.

A nivel mundial existe una tendencia muy fuerte en el desarrollo e implementación de este tipo de sistemas para monitorización ambulatoria; es así como se encuentran soluciones que son utilizadas por personas con condiciones médicas especiales (como diabetes, epilepsia, parkinson, enfermedades cardíacas, etc.), adultos mayores, deportistas, entre muchos otros grupos poblacionales.

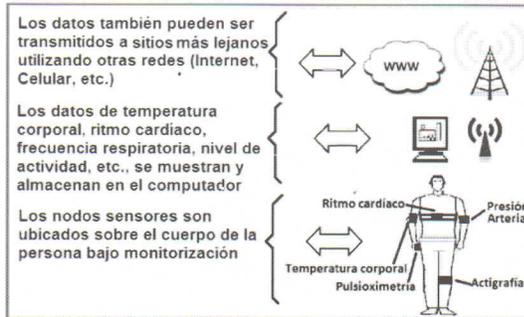
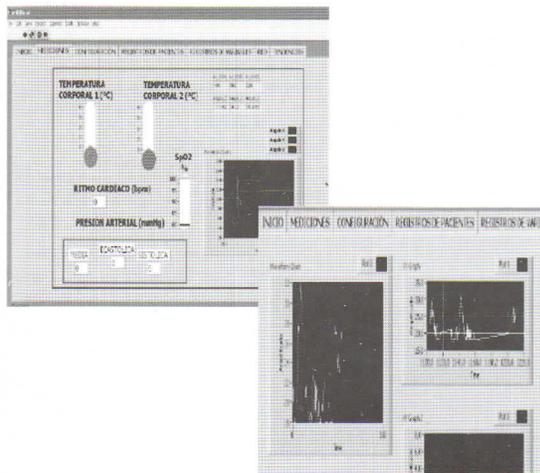
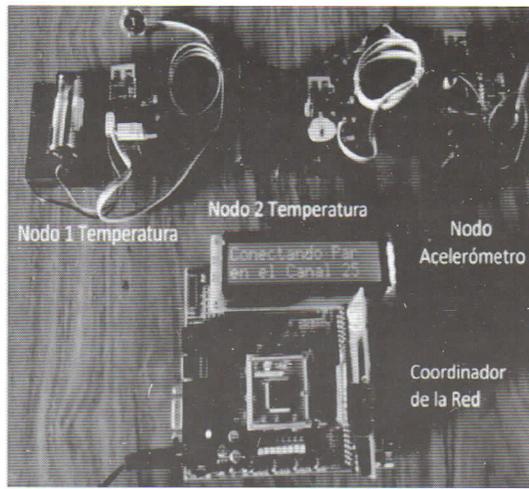
La denominación EnViBo corresponde a un acrónimo que significa *Embedded Network for Vital Sign and Biomedical Signal Monitoring* (Red Embebida para la Monitorización de Signos Vitales y Señales Biomédicas). Esta plataforma provee un soporte metodológico y técnico para el despliegue de la red inalámbrica de nodos sensores y su posterior puesta en operación.

La plataforma EnViBo cubre una propuesta para el manejo de los datos y de las comunicaciones, un marco técnico para el desarrollo de los diferentes nodos sensores (según las necesidades del estudio o aplicación de monitorización ambulatoria que se desee realizar) y una interfaz de usuario que permite la visualización, análisis, procesamiento, registro y transmisión hacia otras redes de los datos adquiridos por los diferentes nodos sensores.

Actualmente, se trabaja en una interfaz de usuario para dispositivos como teléfonos inteligentes (smartphones) y tabletas. Los nodos sensores se han desarrollado buscando un costo moderado y utilizando componentes electrónicos que cuenten con buen soporte técnico y disponibilidad. Para la programación de estos se utiliza un software gratuito, llamado MPLAB.

Uno de los objetivos principales de la Plataforma EnViBo es entregar a los investigadores del grupo GIBIC, y a las demás personas interesadas, una herramienta que les permita desarrollar sus aplicaciones de monitorización ambulatoria de signos vitales y señales biomédicas de una manera ágil, sin tener que dedicar tiempo excesivo a implementar el protocolo de comunicaciones en los nodos sensores inalámbricos. Para facilitar el acceso a la documentación de soporte para el desarrollo de aplicaciones con la plataforma EnViBo, se ha dispuesto un sitio web en el cual se ponen a disposición de todas las personas estos recursos.

Las comunicaciones en esta primera versión de la plataforma EnViBo se desarrollan utilizando el protocolo MiWi P2P que permite transmitir y recibir datos en un rango aproximado de 1 a 100 metros. Por cuestiones de seguridad e integridad de los datos, los paquetes se encriptan cuando son transmitidos y se ha previsto la implementación de mecanismos de autenticación para el acceso a las interfaces de usuario.



Plantas acuáticas

que mejoran calidad del agua en embalses



Por: Tatihana Castro Cardona
Maestría en Ingeniería

La central hidroeléctrica Porce II de Empresas Públicas de Medellín -EPM-, cuyo uso es la generación de energía, se localiza al nordeste del departamento de Antioquia (Colombia), entre los municipios de Yolombó, Amalfi y Gómez Plata, a una distancia de 120 kilómetros

de Medellín. Tiene una capacidad total de almacenamiento de 231 Mm³, un área total de 890 hectáreas, su cota máxima es de 924,5 metros sobre el nivel del mar y tiene un caudal promedio a la entrada del embalse de 118m³/s. Dicho embalse recibe la descarga de aguas residuales, con o sin tratamiento, de los diez municipios que conforman el Valle de Aburrá. Su principal tributario es el Río Porce, que aguas arriba se conoce como Río Medellín, lo que lo convierte en un cuerpo de agua con alta carga contaminante.

En julio del año 2012 EPM instaló el Biofiltro, un sistema que por medio de plantas acuáticas podría mejorar la calidad del agua a nivel superficial en el embalse Porce II. En la figura 1 se observa una panorámica del embalse y del sistema.

Figura 1. Biofiltro instalado en embalse Porce II





Figura 2. Buchón de agua en el Biofiltro

Dicha depuración es posible debido al buchón de agua (*Eichhornia crassipes*), planta acuática originaria de América del Sur en la alta cuenca del Amazonas, altamente invasiva, siendo la número uno en Colombia. Además tiene la capacidad de absorber, asimilar y metabolizar en su estructura contaminantes, nutrientes (fósforo y nitrógeno), sólidos, agroquímicos y metales, por ende elimina y/o disminuye estos contaminantes en el cuerpo de agua.

Adicionalmente, el Biofiltro es una alternativa ambientalmente amigable para el control de la problemática de estas invasoras. Así mismo, se disminuyen los costos de operación y contribuye al adecuado manejo de las mismas. En la figura 2 se muestra el buchón de agua en un acercamiento al sistema fitodepurador.

En este estudio la Universidad de Antioquia, por medio de un estudiante de Maestría adscrito al Grupo de Investigación y Gestión Ambiental GIGA, con el aval técnico y financiero de EPM, analizaron parámetros que permitieron evaluar la calidad del agua y la remoción de nutrientes a través de la medición de parámetros tales como oxígeno disuelto, pH, temperatura y conductividad, nitrógeno, fósforo, sólidos y turbiedad. De igual forma se hizo seguimiento a la densidad del buchón de agua. Se realizaron campañas de muestreo durante dos periodos, uno con tendencia de lluvias y otro seco, desde julio de 2012 hasta febrero de 2013.

Como resultados en algunas campañas se obtuvieron, con respecto a la remoción del

nitrógeno y del fósforo total, eficiencias del 40% aproximadamente; las concentraciones de nitrógeno total (NT) oscilaron entre 2,6 mg NT/l y 6 mg NT/l y para fósforo total (PT) el rango estuvo entre 0,1 mg PT/l y 0,37 mg/l. Se infiere que estos bajos porcentajes de remoción se dan en parte por la eficiencia en dicho proceso los contaminantes en el sistema es en función del área ocupada, la frecuencia en la cosecha y el sitio de ubicación de las plantas.

Es de resaltar que los embalses por sí solos ejercen un efecto depurador de las aguas a lo largo de su recorrido a pesar de la contaminación que llega por arrastre de los ríos y quebradas que desembocan en ellos. Por lo tanto, existe la creencia de que con el filtro biológico se contribuye a ese mejoramiento de la calidad del agua. Sin embargo, en este estudio no se pudo establecer de forma directa dicha asociación, por ser el embalse un sistema abierto donde no es posible controlar variables del ambiente tales como caudal, viento, temperatura, lluvia, concentración de contaminantes, entre otras.

A pesar de esto, al término del estudio se realizaron unas recomendaciones tales como ampliar el área del sistema, refinar la toma de muestra y usarlo sólo como medio para controlar una problemática ambiental existente en la zona; por ello se espera mejorar el control, seguimiento y remoción de contaminantes y replicar esta experiencia a otros embalses con características similares para favorecer el mejoramiento de la calidad en los cuerpos de agua.

Aleaciones de Magnesio, ideales para la reducción de peso en dispositivos móviles

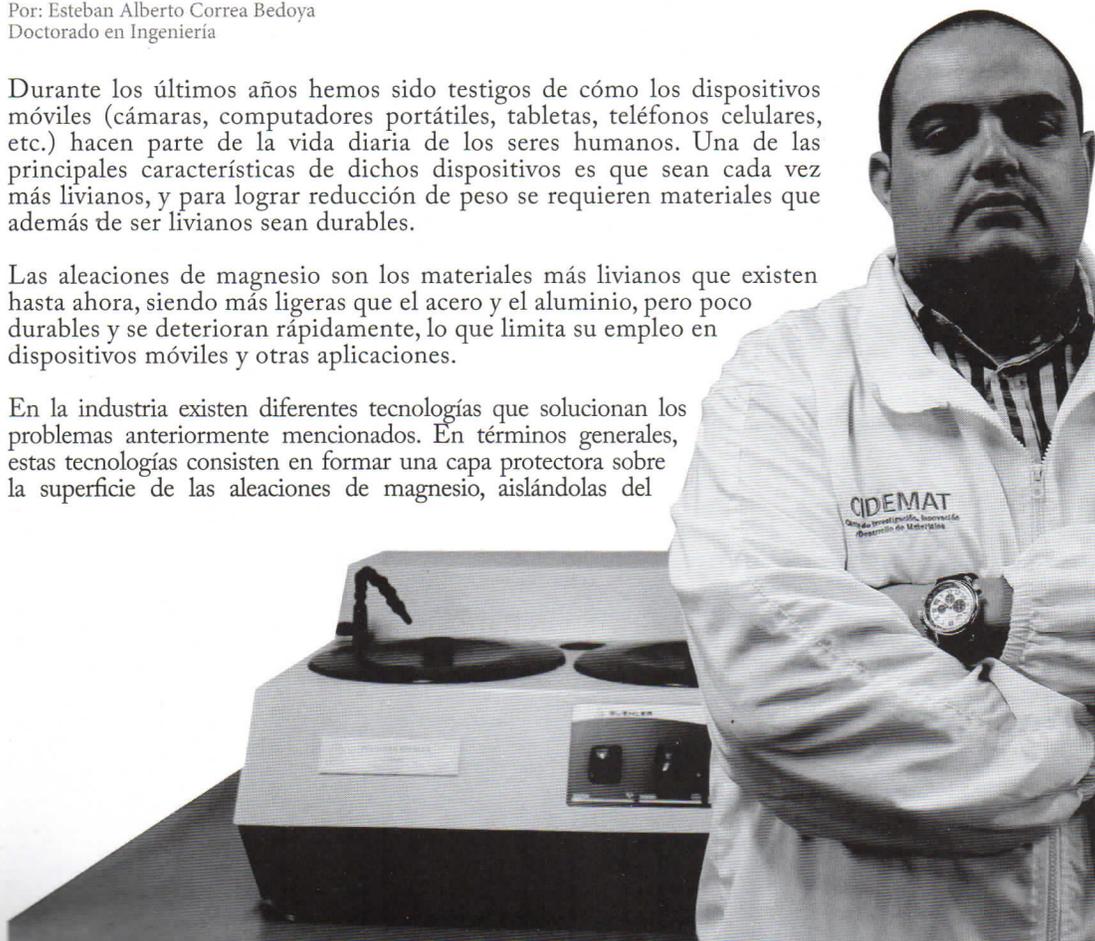
Uno de los proyectos realizados en el grupo Cidemat de la U. de A. es aumentar la durabilidad y la vida útil de las aleaciones de magnesio.

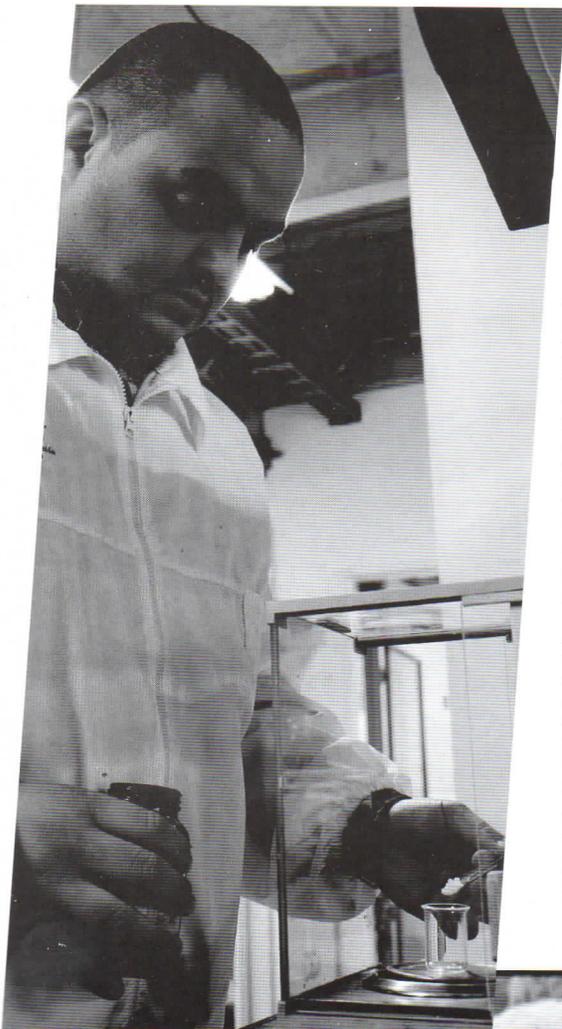
Por: Esteban Alberto Correa Bedoya
Doctorado en Ingeniería

Durante los últimos años hemos sido testigos de cómo los dispositivos móviles (cámaras, computadores portátiles, tabletas, teléfonos celulares, etc.) hacen parte de la vida diaria de los seres humanos. Una de las principales características de dichos dispositivos es que sean cada vez más livianos, y para lograr reducción de peso se requieren materiales que además de ser livianos sean durables.

Las aleaciones de magnesio son los materiales más livianos que existen hasta ahora, siendo más ligeras que el acero y el aluminio, pero poco durables y se deterioran rápidamente, lo que limita su empleo en dispositivos móviles y otras aplicaciones.

En la industria existen diferentes tecnologías que solucionan los problemas anteriormente mencionados. En términos generales, estas tecnologías consisten en formar una capa protectora sobre la superficie de las aleaciones de magnesio, aislándolas del





medio ambiente y aumentando de esta forma su desempeño y su vida útil. La tecnología *electroless* (sin electricidad), es uno de los procesos que más ha llamado la atención últimamente, ya que como su nombre lo indica, no necesita de la aplicación de energía eléctrica para su implementación. De esta forma, en los últimos años se han desarrollado procedimientos tecnológicos para la aplicación de capas protectoras obtenidas mediante la técnica *electroless*, que permiten aumentar la durabilidad y la vida útil de las aleaciones de magnesio. Sin embargo, tales procedimientos son bastante complejos o incluyen el uso de sustancias cancerígenas o nocivas para el medio ambiente.

Por lo anterior, el Centro de Investigación, Innovación y Desarrollo de Materiales – CIDEMAT – de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia se propuso crear un procedimiento ambientalmente amigable que aumente la durabilidad y la vida útil de las aleaciones de magnesio, usando la tecnología *electroless*.

Los resultados de dicho trabajo demuestran que el procedimiento desarrollado mejora algunas propiedades (dureza, resistencia al desgaste y a la corrosión, etc.) de las aleaciones de magnesio. Sin embargo, el resultado más importante de esta investigación es que no es necesario utilizar sustancias nocivas o cancerígenas para obtener tales capas protectoras sobre superficies de magnesio y que el procedimiento es apto para usar industrialmente.

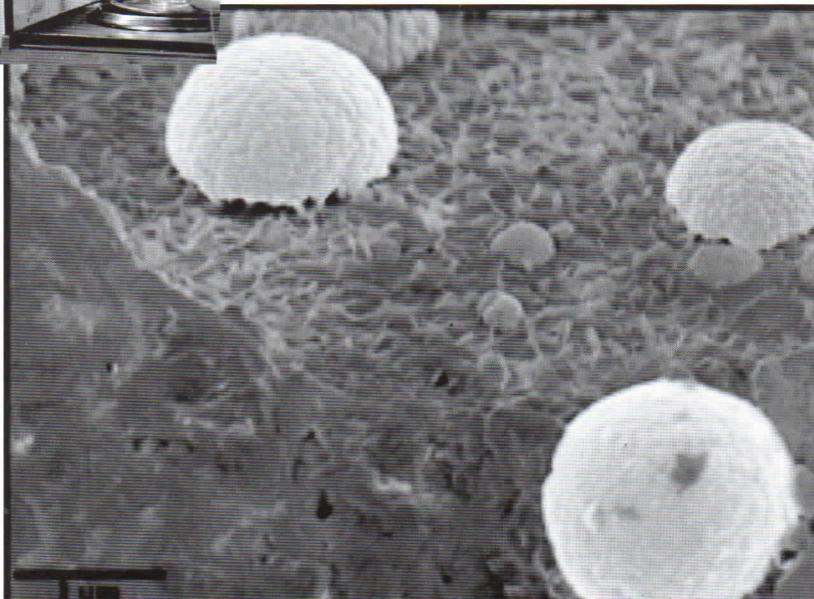


Figura 1. Crecimiento de una capa de níquel (nódulos amarillos) sobre una aleación de magnesio (superficie verde-azul). Micrografía tomada mediante microscopia electrónica de barrido.

Fabricación de materiales implantables para reparación en tejidos óseos

Por: Jazmín Icelly González Ocampo
Maestría en Ingeniería

El estudio de los biomateriales despierta mucho interés en los investigadores del mundo. Este tipo de materiales son los que por sus propiedades son capaces de reemplazar partes del cuerpo que se han perdido o han sido dañadas en accidentes o por causa de alguna enfermedad, de tal forma que no causan en el organismo ninguna reacción adversa. Los biomateriales son muy usados con fines estéticos como es el caso de los implantes mamarios, rellenos para las líneas de expresión, lentes de contacto, entre otros usos.

Actualmente existe la tendencia de generar tejidos a partir de las células propias del paciente, disciplina conocida como ingeniería de tejidos en la que se utilizan unas plataformas tridimensionales que sirven como soportes para que las células crezcan y se reproduzcan, y así sean capaces de regenerar el tejido.



Las principales propiedades de estas plataformas son: una adecuada resistencia mecánica para que no se fracturen una vez implantados y deben tener poros más grandes que el tamaño de las células para que estas puedan llegar al interior del material. También deben estar conectados entre sí para que el flujo de nutrientes se dé al interior de todo el implante; su composición química debe ser tal que no genere reacciones adversas en el organismo; siendo de materiales no tóxicos ni nocivos para los seres vivos, además debe ayudar a que se genere una unión íntima entre el material y el tejido que lo rodea una vez implantado.

En el grupo de investigación en Biomateriales del Programa de Bioingeniería se están realizando diferentes estudios para desarrollar materiales que sirvan como soportes para las células, lo que permite la regeneración del tejido óseo que ha sido dañado principalmente por diferentes tipos de lesiones óseas.

En este trabajo de maestría, realizado por la investigadora Jazmín Icelly González Ocampo, se evaluaron las propiedades de estos soportes para garantizar el crecimiento y la proliferación celular una vez se implanten en los pacientes.

Para la fabricación de dichos materiales se utilizaron dos técnicas diferentes: una llamada gel-casting, que asegura propiedades como buena resistencia mecánica, adecuada composición química, buen tamaño y conexión de los poros; y la otra *gel-casting* combinada con infiltración de espumas poliméricas, que da como resultado plataformas con mayor porosidad, tamaños de poros más homogéneos y mejor interconexión.

El material del que se hicieron los soportes se llama hidroxiapatita y fue obtenido de manera artificial en el laboratorio de biomateriales, perteneciente al Programa de Bioingeniería, debido a que de la hidroxiapatita están hechos los huesos y la dentina. Fabricar las plataformas con dicho material es una manera de aumentar la posibilidad de que el implante sea aceptado por el hueso.

Los materiales que se fabricaron con ambas técnicas tuvieron propiedades satisfactorias para ser usados en ingeniería de tejidos, de tal manera que se pudieron lograr soportes porosos de hidroxiapatita con adecuadas propiedades mecánicas, elevada porosidad, tamaños de poro mayores a los de las células del hueso, alta interconexión entre los poros y composición química similar a la de la hidroxiapatita presente en los huesos.

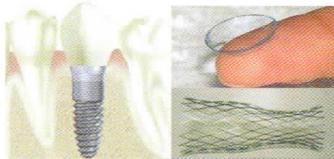
El trabajo que se debe realizar a estos materiales radica en estudios con células donde se evalúe la viabilidad para la proliferación de éstas dentro del implante y, por último, se deben hacer ensayos en seres vivos (animales) para asegurar el buen desempeño del material y que sí cumpla con la función para la cual se fabricó.



Lesión ósea



Diferentes Biomateriales



Soporte poroso de hidroxiapatita



Pruebas en animales

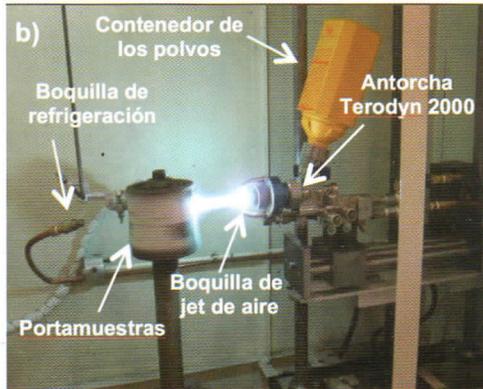
Elaboración de recubrimientos cerámicos mediante proyección térmica a partir de residuos de catalizadores

Por: Edward Ferney Restrepo Hoyos
Maestría en Ingeniería

En la actualidad la demanda de combustibles fósiles se encuentra en progresivo aumento, lo cual conlleva al incremento en la cantidad de los catalizadores utilizados para su producción, y en consecuencia el aumento de la problemática en cuanto al manejo y disposición final de catalizadores gastados una vez han cumplido su vida útil. Esto, sumado a los lineamientos a nivel mundial sobre la emisión de contaminantes, exige la necesidad de utilizar catalizadores que al desactivarse puedan ser dispuestos, tratados o reciclados de manera segura.

Debido a la creciente preocupación de la humanidad por la protección del medio ambiente, uno de los temas de mayor actualidad por su gran influencia sobre dicho medio es la problemática de contaminación por residuos, su disposición y/o tratamiento y potencial recuperación de recursos a partir de dichos residuos.

Este trabajo de investigación fue realizado por el estudiante de Maestría en Ingeniería Edward Ferney Restrepo Hoyos, asociado al Grupo de



Cámara de proyección térmica de la Universidad de Antioquia. a) Vista exterior, b) Vista Interior.

Investigaciones Pirometalúrgicas y de Materiales (GIPIMME), y al Grupo de Investigación de Materiales y Recubrimientos Cerámicos (GIMACYR) de la Universidad de Antioquia, con la co-financiación del Instituto Colombiano del Petróleo (Ecopetrol-ICP), y la asesoría de la Ph. D. María Esperanza López Gómez, y la Co-asesoría del Ph.D. Fabio Vargas Galvis.

Esta propuesta muestra una alternativa que contribuye a resolver un problema ambiental mediante el aprovechamiento de los residuos sólidos para un desarrollo sustentable, sin tener que consumir algún recurso natural ni energía necesaria para la extracción del material de la mina y su posterior procesamiento metalúrgico, al reutilizar los catalizadores gastados como materia prima para la elaboración de recubrimientos cerámicos mediante la técnica de proyección térmica por llama oxiacetilénica.

Además, se pretende disminuir el costo en la elaboración de los recubrimientos, lo cual podría promover la ampliación del mercado colombiano de la proyección térmica, y darle un valor agregado a estos residuos industriales ofreciendo una solución al problema ambiental que generan los residuos de refinación.

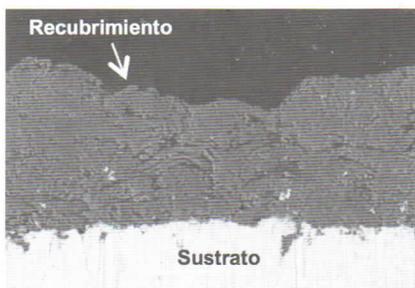
Con el objetivo de establecer las condiciones adecuadas para la elaboración de los recubrimientos, se realizaron simulaciones del proceso utilizando el software Jets et Poudres desarrollado por la Universidad de Limoges, de Francia, el cual permite simular procesos de proyección térmica.

Los recubrimientos obtenidos fueron evaluados mediante pruebas físico-mecánicas convencionales (micro-dureza Vickers y adherencia), y mediante una técnica innovadora, desarrollada por el grupo GIPIMME de la Universidad de Antioquia en colaboración con otras universidades como EAFIT, y las universidades de Francia: Limoges y Lille1, que consiste en medir las propiedades mecánicas y de desgaste a través de todo el volumen del material, mediante la resistencia a la perforación mecánica del recubrimiento, utilizando una broca de acero y un taladro de banco. La resistencia al desgaste por el método de perforación mecánica de los recubrimientos se determinó a partir de la profundidad del taladrado, el deterioro del recubrimiento y el desgaste de la punta de la broca.

Además, en el presente estudio también se realizaron recubrimientos mediante la técnica de proyección térmica por plasma (superando de esta forma los objetivos del presente trabajo de investigación), los cuales se depositaron en el laboratorio SPCTS (*Sciences des Procédés Céramiques et Traitements de Surface*) de la Universidad de Limoges -Francia, que permitió obtener recubrimientos con diferentes propiedades fisicoquímicas, que dejan ampliar el

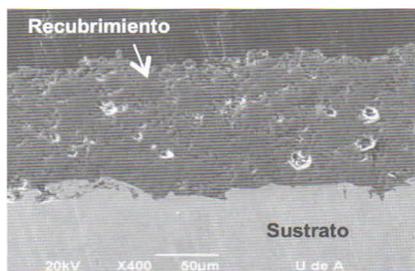
campo de aplicación de los mismos, para un mayor consumo de los catalizadores gastados, reduciendo aún más la contaminación ambiental que generan. Estos recubrimientos fueron evaluados mediante la prueba de perforación mecánica anteriormente mencionada.

Los resultados obtenidos en las pruebas convencionales a las que fueron sometidos los recubrimientos elaborados mediante proyección térmica por llama oxiacetilénica, mostraron que varios de los mismos poseen valores de micro-dureza Vickers similares, e incluso superiores a los obtenidos a partir de polvos comerciales de composición química semejante, con excelente adherencia al sustrato.



Recubrimiento depositado mediante proyección térmica por llama oxiacetilénica a partir de residuos de catalizadores.

Los resultados de la prueba de perforación mecánica de los recubrimientos elaborados mediante proyección térmica por llama oxiacetilénica y plasma, mostraron que todos presentaron mayor resistencia, en comparación con el sustrato sin recubrimiento bajo las condiciones a las cuales fueron evaluados.



Recubrimiento depositado mediante proyección térmica por plasma

Por lo tanto, de acuerdo con los resultados de la caracterización de los recubrimientos, éstos podrían ser empleados para evitar daños en tuberías y otros sistemas de transporte de combustible y gases; así como medio de protección frente a las altas temperaturas, choques térmicos, resistencia a la corrosión, entre otros.

Descontaminación de medios líquidos y gaseosos usando luz solar



Por: Laila Galeano Botero
Doctorado en Ingeniería

Una gran cantidad de literatura, campañas, investigaciones científicas y tecnológicas actualmente se ocupan del tema de la contaminación ambiental, fundamentando sus esfuerzos en el claro deterioro de los diferentes ecosistemas de nuestro planeta, generados en gran parte por actividades antropogénicas y sustentadas en el “crecimiento económico y social”. Lo anterior es un tema de continuo debate mundial, dados los intereses y necesidades de diferente índole de fuerzas productivas, gubernamentales y sociales.

Actualmente podemos decir que el desarrollo de materiales es uno de los mayores potenciales en el que los investigadores invierten sus esfuerzos desde diferentes aspectos para un continuo avance científico y tecnológico. Uno de estos aspectos es la descontaminación de efluentes líquidos y gaseosos para propender por una mejor calidad de vida.

El dióxido de titanio es un óxido semiconductor que ha sido ampliamente utilizado en procesos de fotocatalisis heterogénea para eliminar contaminantes resistentes, tanto en fase líquida

como gaseosa, haciendo uso de luz (natural o artificial).

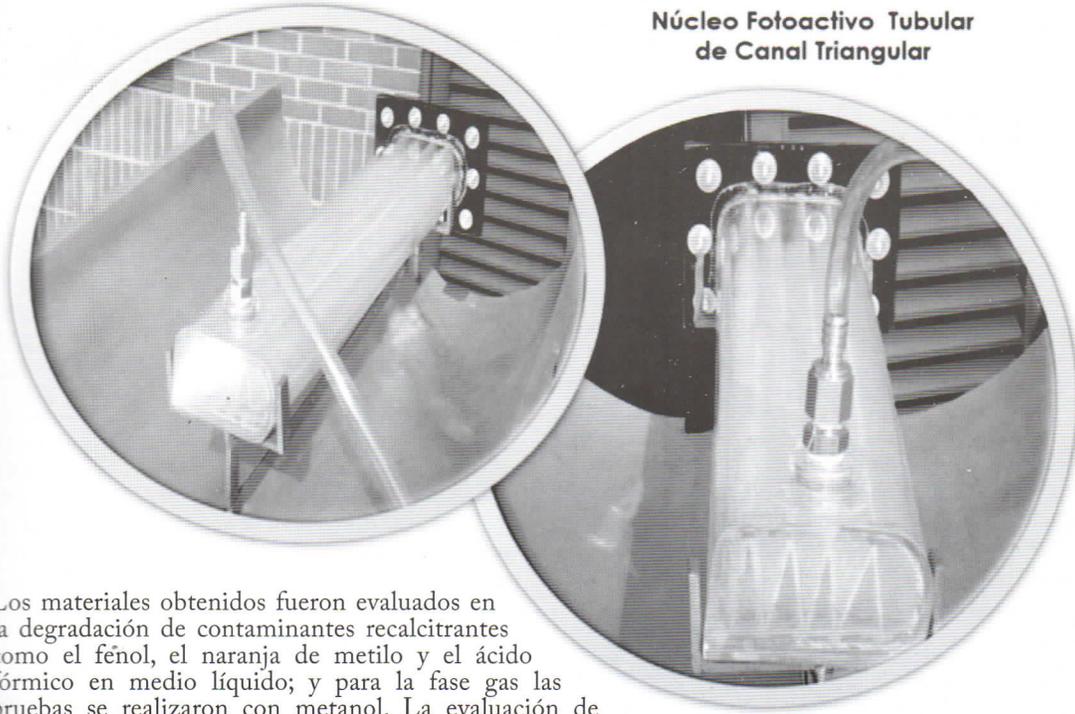
No obstante, la activación de estos materiales es limitada por el tipo de luz que requieren para que sea efectivo su trabajo de eliminar contaminantes persistentes. En este sentido, la modificación de dichos materiales se ha convertido en un amplio tema

de investigación propendiendo por el desarrollo de semiconductores que puedan ser efectivos bajo luz visible, lo que posibilita el aprovechamiento de la energía inagotable del sol.

Los materiales obtenidos en la tesis doctoral realizada por la Ingeniera Laila Galeano, con la dirección del profesor Juan Miguel Marín, responden a la necesidad de desarrollar semiconductores que puedan ser activados bajo luz solar y aplicados en la destrucción de diferentes contaminantes en fase líquida y gaseosa, probando su efectividad por medio de ensayos a escala de laboratorio y a escala piloto en los laboratorios del Grupo Procesos Físicoquímicos Aplicados (PFA) de la Universidad de Antioquia y el Instituto de Ciencia de Materiales (CSIC) de la Universidad de Sevilla (España).

Durante el desarrollo del trabajo doctoral se obtuvo una serie de óxidos basados en dióxido de titanio modificado con diferentes especies químicas como nitrógeno, silicio, selenio, oro y platino. El proceso de modificación del óxido intrínseco se basó en la síntesis de una gran cantidad de materiales, de acuerdo con diferentes diseños experimentales que obedecieron a la variación de factores como temperaturas, cantidades de reactantes y sus relaciones, tiempos de proceso, entre otros.

Núcleo Fotoactivo Tubular de Canal Triangular



Los materiales obtenidos fueron evaluados en la degradación de contaminantes recalcitrantes como el fénol, el naranja de metilo y el ácido fórmico en medio líquido; y para la fase gas las pruebas se realizaron con metanol. La evaluación de diferentes contaminantes y estados de agregación permitió discernir ampliamente sobre la funcionalidad de los diferentes materiales y su intervención en el proceso de descontaminación de los medios.

Finalmente, trascendiendo un poco la escala de laboratorio, se acoplaron dos dispositivos (en las fotografías se muestra uno de ellos) que permitieron hacer las pruebas, a una mayor escala que la del laboratorio. Allí se evaluó la eficacia de uno de los materiales que tuvo mejor comportamiento bajo radiación UV y visible.

Es así como puede constituirse dicha aplicación en una puerta de desarrollo a fotorreactores eficientes y mudables, construidos con materiales de bajo costo y buena calidad.

Este proceso nos permitió observar la efectividad del material ensayado para la degradación en ambas fases. Los resultados obtenidos muestran mejoras hasta del 50 % en la eliminación de fenol en fase líquida bajo luz UV y de un 60 % para la fase gas en la supresión de metanol bajo luz solar; todo esto comparado con el óxido sin modificar y con el óxido comercial más usado en este tipo de procesos (P-25 Degussa).

El aporte significativo del desarrollo del proyecto se concibe directamente en el desarrollo de nuevos materiales en resonancia con el medio ambiente y sistemas de descontaminación versátiles y acordes con las necesidades de nuestra sociedad. Este trabajo doctoral se realizó gracias al apoyo del Grupo PFA de la Universidad de Antioquia, al CSIC y a Colciencias.

Nitrógeno en el agua natural del embalse Riogrande II

Por: María Cristina González Muñoz
Maestría en Ingeniería

El crecimiento de la población mundial y su ubicación en centros urbanos poblados demanda bienes y servicios para su normal desarrollo. Para el suministro constante de energía y agua potable a la creciente población del Valle de Aburrá, Empresas Públicas de Medellín (EPM) construyó en 1991 el embalse Riogrande II, ubicado entre los municipios de San Pedro de los Milagros, Entreríos y Don Matías (Antioquia).

El embalse Riogrande II, con un volumen de 240 Mm³ recibe las aguas de los ríos Grande, Chico y la quebrada Las Ánimas y surte el agua natural para la planta de potabilización Manantiales. Las actividades desarrolladas en los alrededores del embalse como agricultura, ganadería y construcción de viviendas, han provocado un aumento en la producción de desechos como aguas residuales y fertilizantes ricos en nitrógeno, cuya inadecuada disposición provoca incremento de las concentraciones de este elemento en el embalse. (Figura 1)



Figura 1. Embalse Riogrande II y actividades de la cuenca

El enriquecimiento de los ecosistemas acuáticos con sustancias nutritivas para las plantas, especialmente nitrógeno y fósforo, es un fenómeno conocido como eutrofización, que se manifiesta por una disminución de la transparencia, olores desagradables, muy poco oxígeno en el fondo del embalse, disminución en la diversidad de especies, entre otros. Esta situación favorece el crecimiento de algas microscópicas y plantas acuáticas.

En la naturaleza el nitrógeno puede encontrarse en varias formas: haciendo parte de los organismos (nitrógeno orgánico), unido al oxígeno (nitrito o nitrato) o unido al hidrógeno (amonio y amoníaco); estas formas dependen de las características físicas, químicas y población microbiana del cuerpo de agua.

Entre María Cristina González y el Grupo

de Investigación y Modelación Ambiental – GAIA–, coordinado por Jaime Alberto Palacio Baena, y con el apoyo del Área Potabilización de EPM (donde fueron realizados los análisis) se realizó este estudio cuyo objetivo fue evaluar el comportamiento del nitrógeno en el agua de este embalse, a través de la toma de muestras en el agua cruda que ingresa a la planta de potabilización que se surte de él. La información permite realizar una mejor toma de decisiones con respecto a la gestión integral del recurso hídrico en las zonas aledañas al embalse y a las quebradas que lo abastecen.

En la Figura 2 se presenta la variación de los caudales de los ríos que abastecen el embalse a lo largo del periodo de estudio y los cambios en su nivel.

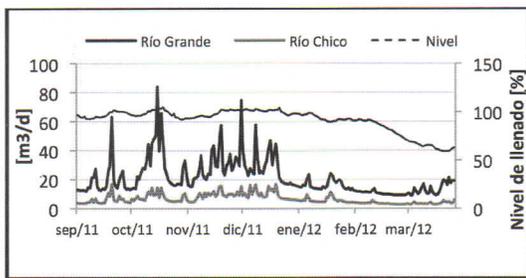


Figura 2. Variación nivel del embalse Riogrande II septiembre 2011 – abril 2012

Para determinar el grado de contaminación deben cuantificarse los contaminantes mencionados. La cuantificación de los mismos durante un periodo de tiempo permite calcular en promedio la cantidad de contaminantes que ingresan a la planta. Esta cuantificación se expresa de manera que se relacione la masa del contaminante (miligramos), con el volumen de agua (litros). El seguimiento a los elementos evaluados en la investigación indica que en promedio la concentración de éstos, expresada en miligramos por litro, fue 0.634 para el nitrógeno total disuelto, 0.003 para nitritos, 0.262 para nitratos, 0.022 para amonio y 0.356 para el nitrógeno orgánico. Considerando que todos los contaminantes mencionados aportan nitrógeno, es posible hacer una identificación de cómo se comporta cada una de las formas del mismo y así determinar en porcentajes cuál es la que más aporta al nitrógeno total. En la Figura 3 se presenta una distribución porcentual de las formas de nitrógeno evidenciando que el nitrógeno orgánico es la fracción más significativa.

Los resultados indican que durante las épocas de lluvia, cuando a su vez se incrementa el caudal de los tributarios al embalse y consecuentemente el nivel del embalse sube, la concentración del nitrógeno en el agua que ingresa a la planta Manantiales se hace mayor. Esto se atribuye a que la lluvia arrastra los contaminantes depositados en el suelo y los transporta hasta las quebradas y a través de ellas al embalse mismo.

Puede concluirse que el nitrógeno presente en el embalse Riogrande II, que se refleja en el agua cruda que ingresa a la planta Manantiales, está constituido principalmente por nitrógeno orgánico (54%) y nitratos (42%).

La normatividad colombiana en el Decreto 1594 de 1984 reglamenta la concentración máxima de algunas formas de nitrógeno del agua cruda que será destinada a potabilización. Particularmente regula los nitritos y nitratos, pues éstos pueden afectar la salud de los seres humanos.

Los resultados de este estudio demuestran que la concentración de estos elementos en el agua no superó lo establecido en la norma mencionada. Sin embargo, al realizar una comparación de la concentración actual y la detectada en un monitoreo ejecutado en 2007, se evidencia un incremento significativo de estos parámetros. Este aumento de concentración puede atribuirse a la intensificación de los usos agropecuarios del suelo, el creciente urbanismo y, consecuentemente, el incremento de los residuos de origen agroindustrial y doméstico. Este deterioro ambiental alerta sobre la necesidad de tomar acciones de carácter gubernamental que favorezcan una disminución de la contaminación de los cuerpos de agua. Parte fundamental de estas acciones es la educación a la comunidad que habita en las zonas aledañas a los cuerpos de agua para que contribuyan a su protección.

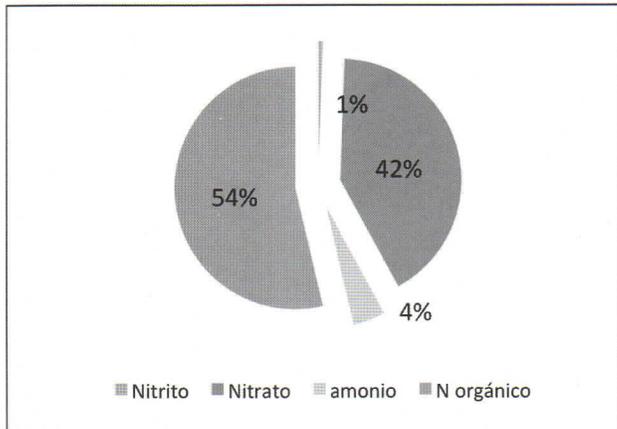
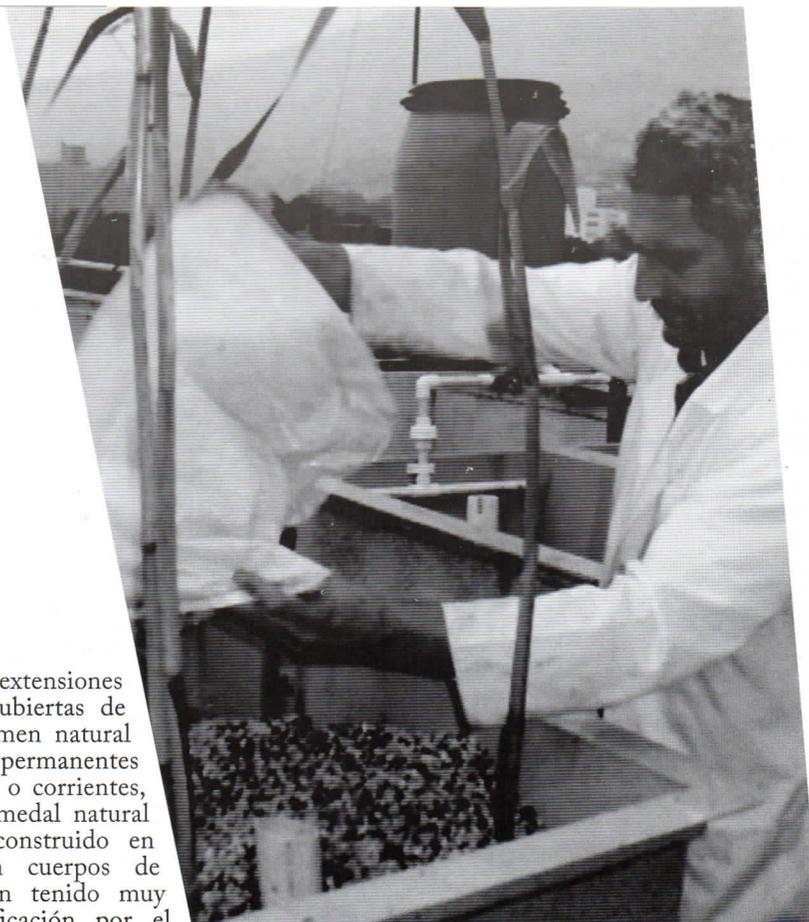


Figura 3. Distribución porcentual formas de nitrógeno en el embalse Riogrande II

Métodos naturales para el tratamiento de aguas residuales



Por: Juan Carlos Casas Zapata
Doctorado en Ingeniería

Los humedales son extensiones de agua o superficies cubiertas de agua, sean éstas de régimen natural o artificial (construidos), permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces o saladas. Un humedal natural se diferencia de uno construido en que: los primeros son cuerpos de agua existentes que han tenido muy poca o ninguna modificación por el ser humano en procesos como llenado, drenaje, o alteración de los parámetros de flujo o propiedades físicas del humedal; mientras que un humedal construido de flujo subsuperficial está diseñado específicamente para el tratamiento de diferentes tipos de agua residual, o su fase final de tratamiento, y está construido típicamente en forma de un lecho o canal que contiene un medio apropiado.

En el presente estudio se evaluó la depuración del agua contaminada con el pesticida Clorotalonilo, para lo cual se emplearon cuatro tanques (humedales) en fibra de vidrio de dimensiones de 1 metro de largo x 60 centímetros de ancho x 60 centímetros de alto, que contenían material de grava y plantas llamadas *Phragmites australis* (Figura 1).

Se trabajó con dos tipos de grava: grava gruesa y grava fina, dos alturas de lámina de agua (20 cm y 40 cm) y con dos temperaturas ($24.0 \pm 4^\circ\text{C}$ y $29,6 \pm 4^\circ\text{C}$), la evaluación de pruebas de laboratorio como el Carbono orgánico disuelto (COD), los iones amonio (NH_4^+) y fosfato (PO_4^{3-}), pH, temperatura del agua, potencial redox, conductividad eléctrica y microorganismos como Heterótrofos totales, *Pseudomonas* spp y Anaerobios se hizo a la entrada y salida de los tanques. También se usó un tanque sin plantas como testigo.

La evaluación permitió determinar que la depuración fue mejor cuando los humedales contenían grava fina y altura de lámina de agua de 20 cm a la temperatura de $24.0 \pm 4^\circ\text{C}$.

Este estudio fue desarrollado por el Ingeniero Juan Carlos Casas Zapata, bajo la dirección del Dr. Gustavo A. Peñuela Mesa, Director del Grupo Diagnóstico y Control de la Contaminación. La tesis doctoral fue llevada a cabo entre los años 2007-2011 en la Sede de Investigación Universitaria (SIU), de la Universidad de Antioquia.

Esta forma de depurar el agua es simple y de bajo costo, no necesita de personal capacitado, es de mucha utilidad hacerlo en las zonas rurales o urbanas que necesiten depurar las aguas contaminadas, lo cual beneficiará a la comunidad, así como las experiencias que reportan la utilidad de estos sistemas de tratamiento en la depuración de efluentes agrícolas.

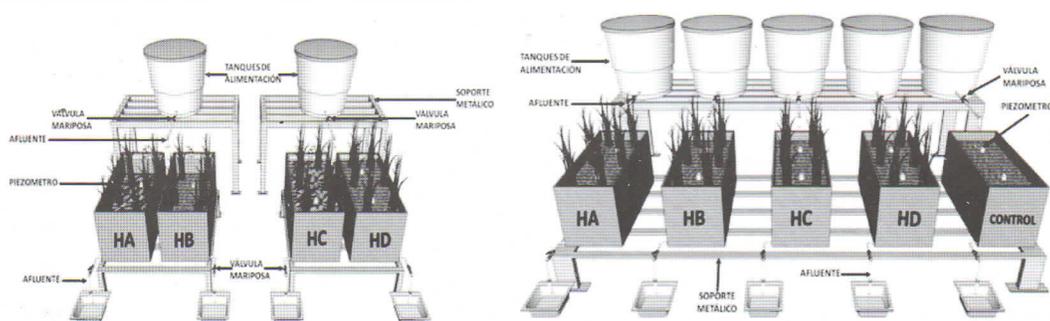


Figura 1. Sistemas de tanques (Humedales)



Figura 2a:2b:2c. Evolución de la macrofita *Phragmites australis* en los sistemas de humedales. 2 a: planta primer día; 2 b: planta en estado de maduración; 2 c: planta al final de la experimentación.

Protección anticorrosiva de aleaciones de magnesio mediante recubrimientos de níquel

Desarrollar un procedimiento para recubrir el magnesio teniendo en cuenta la protección del medio ambiente es otra de las propuestas de este profesional que trabaja con el grupo Cidemat.



Por: Alejandro Alberto Zuleta Gil
Doctorado en Ingeniería

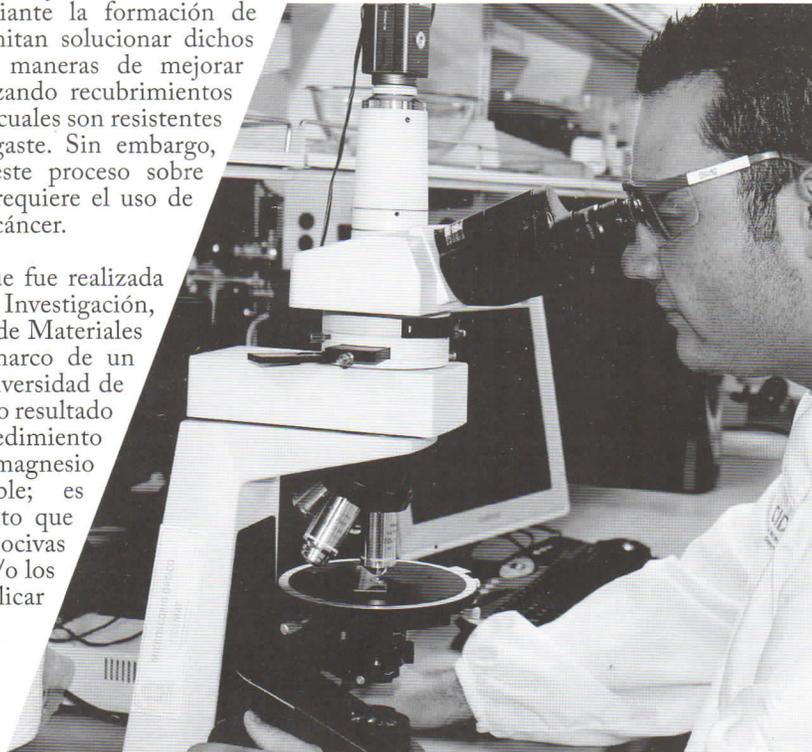
La necesidad de obtener elementos de bajo peso ha incrementado el interés de investigar la naturaleza y comportamiento de los metales livianos. Dentro de este tipo de metales se ha encontrado que las aleaciones de magnesio poseen bajo peso y pueden ser transformadas en elementos útiles de una manera relativamente sencilla, lo que hace de este tipo de metal un material atractivo para elaborar piezas de aviones, automóviles, y componentes electrónicos que hacen parte de teléfonos móviles, tabletas, cámaras digitales, televisores, entre otros.

Sin embargo, a pesar de estas atractivas propiedades, las aleaciones de magnesio se corroen y desgastan fácilmente. Es por ello que esta investigación se encuentra encaminada al mejoramiento de este tipo de materiales mediante la formación de recubrimientos que permitan solucionar dichos problemas. Una de las maneras de mejorar estos materiales es realizando recubrimientos metálicos sobre éstos, los cuales son resistentes a la corrosión y al desgaste. Sin embargo, la implementación de este proceso sobre materiales de magnesio requiere el uso de sustancias que producen cáncer.

En esta investigación, que fue realizada en el Centro de Investigación, Innovación y Desarrollo de Materiales (CIDEMAT) y en el marco de un proyecto Colciencias-Universidad de Antioquia, se obtuvo como resultado el desarrollo de un procedimiento adecuado para recubrir magnesio ambientalmente amigable; es decir, es un procedimiento que no involucra sustancias nocivas para el medio ambiente y/o los seres vivos. Luego de aplicar

los recubrimientos a las aleaciones de magnesio, se encontró que dichos materiales mejoraron en un 92 % su resistencia a la corrosión y en un 36 % su resistencia al desgaste.

Se espera que con la implementación de este nuevo procedimiento para obtener recubrimientos metálicos de manera directa sobre la superficie de un material tan reactivo como el magnesio, aumente cada vez más su utilización en la manufactura de nuevos productos y podamos disfrutar de dispositivos tales como computadores, carcasas de teléfonos, herramientas portables, tabletas y otros, cada vez más livianos y duraderos.



Medición de desempeño organizacional

Por: Ingrid Natalia Gómez Miranda
Maestría en Ingeniería

Según la Real Academia Española una organización se define como una Asociación de personas regulada por un conjunto de normas en función de determinados fines. Estas organizaciones desarrollan herramientas y aplican metodologías que les permiten apoyar la toma de decisiones y mejorar los resultados financieros. Entre estas metodologías se encuentra la medición de desempeño, que responde a la necesidad que tienen de velar por el uso adecuado de los recursos, en el marco de la planeación estratégica y la toma de decisiones basada en el análisis de la información.

El objetivo de la medición de desempeño es el análisis de la relación capacidad-resultado que pretende medir el uso adecuado de los recursos; es decir, cómo están usando las organizaciones sus recursos con el fin de obtener mejores resultados. Así es como al final de la medición se puede obtener un ranking que dé cuenta de cuáles organizaciones son más eficientes en el aprovechamiento de dichos recursos.

La medición de desempeño puede realizarse tanto para un período de tiempo específico como para varios períodos, en este último caso interesa analizar la evolución de las organizaciones. Para hacerlo se usan herramientas estadísticas como los modelos de datos de panel que permiten medir el desempeño de organizaciones del mismo sector económico (empresas, universidades, supermercados, empresas de servicios públicos, granjas de cultivo, entre otras), midiendo en ellas variables (indicadores de capacidad y de resultados) durante varios períodos de tiempo, diferenciando lo que es único de cada una de ellas y su interacción con las demás organizaciones que componen el sistema.

En la figura 1 se ilustra la manera como se presentan los diferentes paneles con que se cuenta para la medición de desempeño.



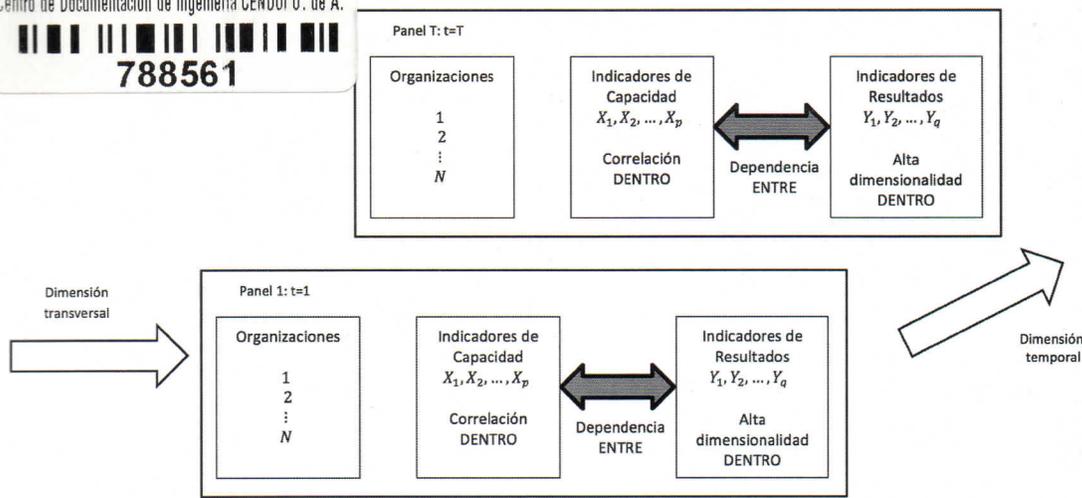


Figura 1. Medición de desempeño: Análisis de la evolución en el tiempo

Como se ilustra en la figura 1, los indicadores, llamados también variables, pueden ser muchos, es decir, estar frente a una situación de alta dimensionalidad en los datos; esto, y el hecho de que con frecuencia todas estas variables (o algunas de ellas) pueden estar muy relacionadas. Es decir, que cuando una de ellas aumenta, otra u otras también lo hacen o disminuyen; entonces se hace necesario crear nuevas variables llamadas no observables, como por ejemplo el prestigio de una organización o el know how, que recogen un concepto dado por diversas variables que son medibles o pueden ser observadas, tales como las ganancias, el valor de las acciones, la utilidad, entre otras.

La creación de estas nuevas variables se realiza aplicando los métodos de Componentes Principales y de Análisis Factorial, que se conocen como Métodos de Reducción de Dimensión que, en las variables explicadas solucionan la alta dimensionalidad y en las variables explicatorias la multicolinealidad (relación alta entre variables), haciendo más fácil y manejable la medición del desempeño de la organización.

El trabajo de investigación desarrollado en el Grupo de Investigación de Medición de Desempeño (hoy perteneciente al Grupo de Investigación en Cadenas de Abastecimiento INCAS) del Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de Antioquia, se orientó, bajo la tutoría del profesor Juan Delgado Lastra, hacia el desarrollo de una metodología cuyo propósito es observar el comportamiento de las organizaciones año tras año y su evolución, sea esta creciente, decreciente o constante. En este caso los años forman los paneles o arreglos de información para cada año.

Como resultados relevantes se encontró que es necesario, fijar la matriz de varianzas y covarianzas para usar métodos de reducción de dimensión que resuelvan tanto problemas de alta dimensionalidad

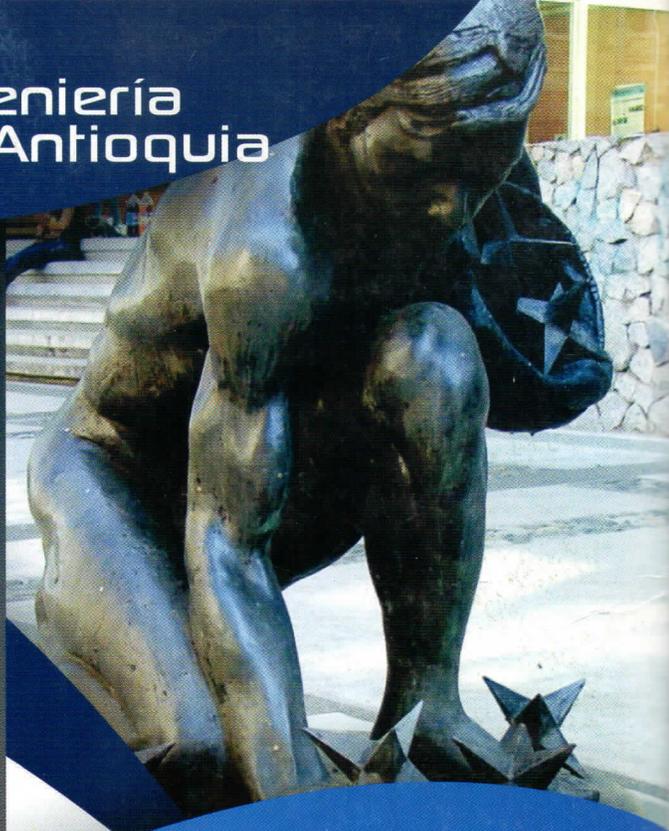
como problemas de multicolinealidad; ya que los métodos de reducción de dimensión los regula o los determina la matriz de varianzas y covarianzas. No sobra decir que las varianzas de las variables son una medida de dispersión dentro de las variables, mientras la covarianza mide la relación entre parejas de variables.

Al tratarse de varios periodos (años en este caso), en lugar de hacer la reducción de dimensión para cada año, se recomienda utilizar la misma matriz de varianzas covarianzas para todos los periodos. Por tanto, se estudiaron varias opciones de matrices y se encontró que, las que mejor permiten estudiar el comportamiento del sistema son las matrices Pooled (ponderada por los tamaños de muestra) y la matriz Base (un año base determinado por el investigador según el conocimiento del sistema).

Estos resultados fueron aplicados a los datos de la medición de desempeño del Sistema Universitario Estatal, donde se analizan las 32 universidades públicas del país con una batería de indicadores de capacidad (área, docentes, recursos financieros y personal no docente) y de resultados en los tres (3) ejes misionales (docencia, investigación y extensión). El resultado se muestra en la tabla 1, donde se presenta la medición de desempeño para un periodo de siete (7) años (entre 2003 y 2009) de las cinco (5) universidades públicas más grandes del país, usando las matrices Pooled y Base (en el primer año de observación).

Los hallazgos del trabajo de investigación son de gran utilidad para aquellas organizaciones que deseen hacer de la medición de desempeño parte fundamental de la planeación y del control y, además, cuenten con los sistemas de información para la construcción de bases de datos, de tal manera que el análisis de estos datos y el uso adecuado de la información resultante derive en la toma de decisiones confiables.

Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia



Oferta de posgrados Especializaciones

- Gestión Ambiental
- Medio Ambiente y Geoinformática
- Preparación y evaluación de proyectos privados
- Logística Integral
- Gerencia de mantenimiento
- Majeo y Gestión del agua
- Análisis y Diseño Estructural

Maestrías

- Maestría en Ingeniería, con líneas en:
 - Electrónica
 - Materiales
 - Industrial
 - Energética
 - Informática
- Maestría en Logística Integral
- Maestría en Gestión Ambiental
- Maestría en Telecomunicaciones
- Maestría en Ingeniería Ambiental
- Maestría en Ingeniería Química
- Maestría en Ingeniería de Materiales
- Maestría en Ingeniería de Materiales
- Maestría en Gerencia de Proyectos

Doctorados

- Doctorado en Ingeniería Química
- Doctorado en Ingeniería Electrónica
- Doctorado en Ingeniería de Materiales
- Doctorado en Ingeniería Ambiental

Servicios y productos

- Servicios de videoconferencia nacional e internacional
- Desarrollo de sistemas de información
- Producción de objetos de aprendizaje

Educación virtual:

Pregrados:

- Ingeniería de Sistemas
- Ingeniería de Telecomunicaciones
- Ingeniería Ambiental
- Ingeniería Industrial

Posgrados

- Especialización en Gestión Ambiental
- Maestría en Gestión Ambiental



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
1803
FACULTAD DE INGENIERÍA

Ciudad Universitaria Calle 63 N° 53 – 108
Bloque 21 Oficina 113
Teléfonos: 219 55 17
posing@udea.edu.co
asisposing@udea.edu.co

Por una Facultad de Ingeniería protagonista del desarrollo
nacional mediante la tecnología y la innovación