



CIENCIA MÁS TECNOLOGÍA

7 de abril de 2021 - Año 6, n.º 64



## ***Conozca mi tesis: 2020-2021***

El pensamiento y el conocimiento científico se renuevan con el regreso de 47 docentes e investigadores becados por la UCR para doctorarse en reconocidas universidades del mundo.



Uno de los aportes de las nuevas tesis de doctorado de la UCR es un estudio sobre la fisiología del ejercicio.  
Foto: Laura Rodríguez.

## La apuesta a la innovación del pensamiento costarricense

**Una vez más, el conocimiento académico costarricense cruzó las fronteras para innovarse y permearse de diversas culturas y saberes.**

*Bianca Villalobos Solís*  
[bianca.villalobos@ucr.ac.cr](mailto:bianca.villalobos@ucr.ac.cr)

Un total de 47 investigadores e investigadoras que recibieron becas por parte de la Universidad de Costa Rica (UCR), para cursar sus estudios de maestría y doctorado en el extranjero, regresaron al país entre el 2020 y 2021 con sus proyectos de tesis finalizados.

Las personas becadas forman parte de distintas áreas académicas de la Institución. Entre ellas, unidades pertenecientes al Área de Ciencias Básicas (Química, Física, Geología y Matemática), las escuelas del

Área de Salud (Medicina y Microbiología), la Escuela de Estudios Generales, las escuelas de la Facultad de Letras (Filología, Lenguas Modernas y Filosofía), de Ciencias Sociales, Educación e Ingeniería (Ingeniería Química, Ingeniería Topográfica e Ingeniería en Biosistemas), entre muchas otras.

Por medio de la iniciativa *Conozca mi tesis*, de la Oficina de Asuntos Internacionales y Cooperación Externa (Oaice), de la UCR, se busca visibilizar el trabajo realizado por los exbecarios que regresan al país. Igualmente, se propone dar a conocer cómo la Universidad invierte los recursos y cuáles son los profesionales que vienen a reintegrarse a cada unidad académica.

De acuerdo con la directora de la Oaice, Diana Senior Angulo, entre el 2015 y el 2020, la UCR invirtió ₡14 000 millones en el programa de movilidad académica. Esto incluye a 267 docentes, investigadores y

personas administrativas que partieron y regresaron con nuevos bagajes, conocimientos y posibilidades de aportar al país desde la investigación, la docencia y la acción social.

“Todo eso contribuye no solo al fortalecimiento de las nuevas generaciones de profesionales, sino que también es una devolución a la sociedad de lo que esta invirtió en una universidad pública. Las personas becarias son representantes de una gran diversidad de áreas del conocimiento”, recalcó Senior.

La vinculación de la UCR con instituciones académicas extranjeras se asienta principalmente en América, Europa y Asia. Además, con el continente africano persisten algunos enlaces y actividades de índole investigativa. Recientemente, han prevalecido programas interdisciplinarios para las maestrías y doctorados, como parte de una apuesta a la formación integral.

“La Oaice es una oficina coadyuvante que tiene apertura a las propuestas de las unidades académicas. Estamos en un proceso de definición para el desarrollo de becas específicas con el fin de atender ciertas áreas del saber que necesiten un cambio generacional y que sean de interés académico y para el país”, comentó Senior.

### Costa Rica en el mapa

Huberth Vargas Picado, de 39 años, docente e investigador de la Escuela de Geografía (EG), es uno de los becarios del programa de movilidad académica que realizó sus estudios de maestría y doctorado en la Universidad de París VII Denis Diderot, en Francia. Previamente, se desempeñaba en el Centro de Investigaciones Históricas de América Central (Cihac) y en la EG.



El investigador Huberth Vargas Picado, docente de la Escuela de Geografía, se especializó en América Central y en geografía económica y rural. Foto: Laura Rodríguez.

Vargas participó en el proceso de selección para la beca llevado a cabo en la Escuela de Geografía, el cual tenía como objetivo renovar, según las áreas temáticas, al cuerpo docente. Parte del interés se enfocaba, mencionó, en especializar a una persona en un área cultural y en geografía económica, rural y urbana.

Tras varias entrevistas, fue seleccionado para especializarse en América Central y en geografía económica y rural. Expresó que, afortunadamente, unos años atrás había visitado Europa, lo cual le facilitó el acoplamiento y su llegada a Francia. Él era el único centroamericano en su campo de estudio.

“Yo llegué un miércoles y las clases habían comenzado una semana antes, tenía que ponerme al día. Por dicha, conocí colegas latinos y los franceses que estudiaban conmigo tenían una afinidad hacia América Latina. Entonces pude encajar bien al ser la voz de experiencia centroamericana para jóvenes de todo el mundo que tenían la necesidad de aprender”, comentó Vargas Picado.

Para este geógrafo, la experiencia académica en Francia comparada con la de Costa Rica es bastante positiva. “El volumen de trabajos e investigadores que están allá es más activo, cuentan con más recursos y actividades. Se abre un mundo de posibilidades cuando se sale de la lengua materna. Fue enriquecedor conocer cómo se hacían otros procesos y adentrarme en la literatura francesa”, aseguó.

De acuerdo con Vargas Picado, esta experiencia permite posicionar a la Escuela de Geografía y a la UCR a nivel internacional, así como seguir en contacto con otras personas y desarrollar luego trabajos en conjunto que involucren a estudiantes.

Entre sus expectativas al regresar, destaca la renovación en su manera de impartir cursos y los temas. Sobre todo, lograr un balance teórico y práctico, así como posicionar a la EG en temáticas del desarrollo rural y a futuro desarrollar un pequeño polo de desarrollo en cuestiones agroalimentarias y territoriales.

“Es importante que no seamos localistas. Necesitamos nuevos retos, expandir el conocimiento, y una buena oportunidad es internacionalizar estas experiencias para docentes y estudiantes, así como romper el conformismo en estos”, señaló.

Sobre esta línea, la directora de la Oaice resaltó que hay una retribución doble de los profesionales que regresan al país, pues, por un lado, constituyen un recurso humano formado en el exterior y, por el otro, su esfuerzo tiene un efecto dominó en las nuevas generaciones, al transmitirles nuevo conocimiento e innovación.

## Una oportunidad de oro

María Gabriela Morales Scholz, de 36 años, es otra exbecaria que se desempeña como docente e investigadora en la Escuela de Educación Física y Deportes de la UCR.

Ella efectuó un doctorado en Fisiología del Ejercicio en la Universidad Deakin, en Australia.

Su tesis se basó en determinar cómo la autofagia (proceso de regeneración de todas las células del cuerpo) influye en el músculo cuando el cuerpo humano se ve expuesto a injurias, como la obesidad, la resistencia a la insulina o los programas de entrenamiento aeróbico.

Según relató Morales, la experiencia fue muy enriquecedora en lo académico y en lo personal. Su unidad académica tenía mucho contacto con la Escuela de Medicina de la universidad donde cursaba sus estudios en el exterior. Esto le permitió tener acceso a laboratorios que le facilitaron el proceso de investigación.

“El laboratorio estaba apenas creciendo, lo vi formándose poco a poco, no solo en cuanto a equipos, sino también en colaboraciones. Yo era la única estudiante extranjera cuando llegué a la Escuela de Educación Física de allá. Si lo comparo con Costa Rica, en equipamiento no tenemos nada que envidiarle, pero la sede en Australia se equipó muy rápido”, aseguó la docente e investigadora.

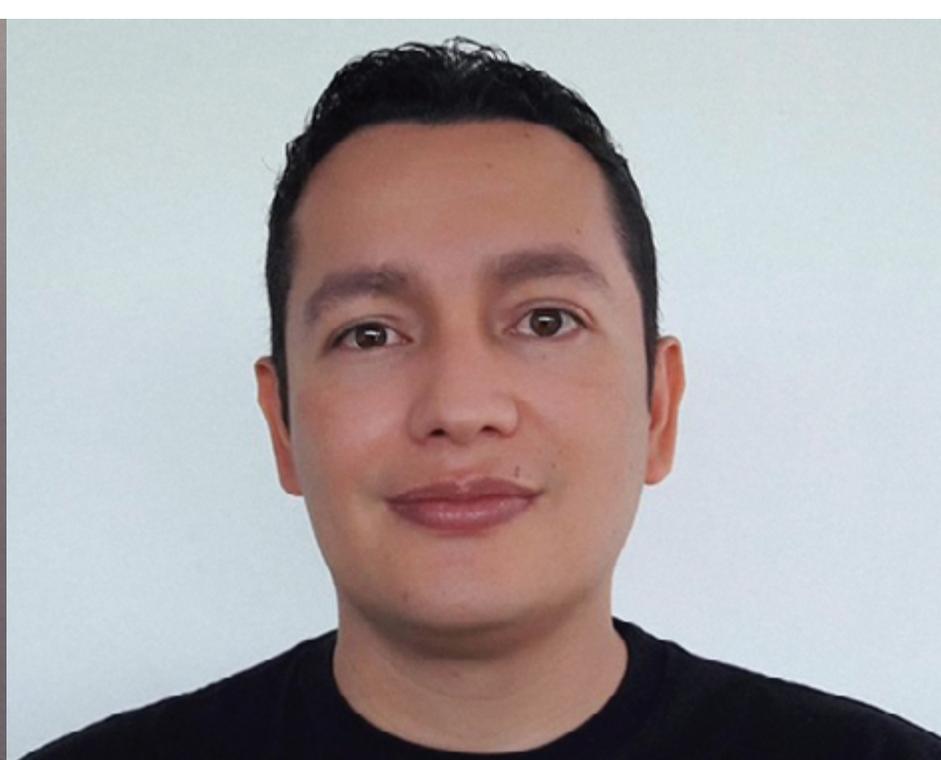
No obstante, Morales Scholz mencionó que lo único que haría falta para realizar una comparación académica equitativa sería darle más énfasis a la investigación, no solo en términos económicos, sino también en tiempo. “Yo entré de nuevo a la UCR con medio tiempo de investigación y medio tiempo en docencia, pero sé que varios de

mis colegas no tuvieron ese privilegio al regresar”, explicó.

La UCR ha hecho un esfuerzo por brindar mayores oportunidades de tiempos para la investigación a los recién llegados, pero la crisis actual dificulta la posibilidad de que esa investigación se haga con carga académica. “Hay investigadores dentro de las unidades académicas que hacen investigación sin carga académica y eso no digo que esté bien, es un proceso que debe mejorarse y revisarse dentro de cada unidad”, añadió Senior.

Morales agregó que no fue fácil empacar su vida en dos maletas e irse. “Con el tiempo, uno se da cuenta de que dejó atrás temporalmente la red de soporte emocional, la cultura y hasta el idioma. Estando allá fallecieron amistades, familiares y yo sin posibilidad de respuesta inmediata, pero es posible conformar nuevas redes de apoyo”, manifestó.

La directora de la Oaice recalcó el desafío de que al término de sus estudios, las personas profesionales regresen y aporten a nuestra sociedad con la generación de nuevo conocimiento, investigaciones, calidad y vínculos. “Toda esa posibilidad es fundamental sobre todo para la proyección de la UCR, aunque también para la formación y el desarrollo de futuros profesionales”, concluyó. ■



## Nueva metodología para conocer las deformaciones terrestres

**María Cristina Araya Rodríguez**

*Escuela Centroamericana de Geología y Red Sismológica Nacional (RSN)  
Doctorado en Geología  
Universidad de Bristol, Inglaterra*

La superficie terrestre está en transformación y para identificar sus deformaciones es necesario comprender cuáles son los procesos activos en la corteza terrestre.

Las deformaciones se definen como cambios en la morfología del suelo, debido a levantamientos o hundimientos de la corteza terrestre causados por sismos, deslizamientos, coladas de lava, compactación de suelos o actividades realizadas por los seres humanos. Por ejemplo, hundimientos por minas, extracción de agua en acuíferos, extracción de fluidos como gas y líquidos en plantas geotérmicas.

En mi trabajo de doctorado, estudié la tectónica y las actividades volcánica y sísmica de Costa Rica, de origen antropogénico, con el fin de distinguir las fuentes de deformación conocidas.

Para esto, utilicé imágenes satelitales de la región procedentes de dos agencias espaciales: la Agencia Espacial Europea (ESA, por sus siglas en inglés), con el satélite Sentinel 1, y la Agencia Japonesa de Exploración Aeroespacial (JAXA), con el satélite ALOS-2. El objetivo era comparar resultados y verificar las capacidades y ventajas que ofrecen los satélites.

Al combinar los datos sismológicos con los satelitales, pude analizar la deformación producida por sismos de subducción (como el levantamiento de la costa que se observa en Jacó y en Corredores), el fallamiento superficial de la corteza, el ascenso del magma y los deslizamientos en zonas con actividad geotérmica conocida.

Los resultados ayudaron a identificar la deformación (señalada por varios investigadores de la Universidad de Costa Rica en el 2017) en el borde de un bloque tectónico que se encontraba en la parte trasarco del arco volcánico de Guanacaste, en el sistema de fallas Hacienda-Chiripa. En el estudio, pude probar que el límite está activo y analizar el tipo de movimiento que ocurre entre las fallas Caño Negro y Upala.

La deformación geotérmica fue identificada en el área conocida como el graben de la Fortuna, en San Carlos, donde actualmente se extrae energía geotérmica del reservorio Dr. Alfredo Mainieri Protti. La deformación se observó gracias a la estrecha correspondencia que tiene con el descenso de la extracción de fluidos termales entre los años 2015 y 2017.

Por último, estudié los sismos de magnitud momento ( $M_w$ ) mayor a 5.5. A raíz de este análisis sistemático de sismos, determiné algunas características que influyen la capacidad para detectar las deformaciones de la región del satélite Sentinel.

Esta metodología es muy importante para evaluar cuáles áreas están tectónicamente activas, así como para saber en cuáles lugares tenemos que concentrarnos en caso de que haya una deformación activa.

Por ejemplo, si ocurre un sismo superficial (menos de 20 km) de magnitud superior a  $M_w$  5.5, las imágenes satelitales muestran el área exacta que se deformó, con valores para cada punto observado. Además, nos indican la dirección del movimiento, la posición de la falla y permite caracterizar el tipo de falla que generó un levantamiento o hundimiento. Esto es nuevo porque los datos de la sismología solo aportan el punto donde inició el sismo y la cantidad de energía liberada, y con el GPS solo sabemos cuánto se deformó el punto donde está colocado este instrumento.

Mediante esta investigación, quedó claro que los resultados geodésicos son complementarios a los datos sismológicos utilizados en el país. Lo anterior aporta conocimiento sobre los patrones de deformación en la superficie, lo cual permite mejorar nuestro entendimiento acerca de los procesos geológicos que están ocurriendo en Costa Rica. ■

## La ciencia para mejorar nuestras carreteras

**Gustavo Adolfo Badilla Vargas**

*Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (Lanamme-UCR)  
Maestría y doctorado en Ingeniería Civil  
Universidad Federal de Río de Janeiro, Brasil*

Los altos costos de la construcción y mantenimiento de carreteras se justifican por la cantidad significativa de transportes de pasajeros y cargas en el país. Además, en las últimas décadas, el aumento del volumen del tránsito ha superado mucho el crecimiento de nuevas infraestructuras de carreteras.

Para agravar aún más el panorama actual, las políticas de conservación y mantenimiento de las vías han sido insuficientes para mantener el confort, la seguridad, la calidad y los niveles de servicio que la sociedad requiere.

Conscientes de los gigantescos gastos que son necesarios para la recuperación y el mantenimiento de las carreteras, los investigadores han intentado desarrollar mejores estructuras de pavimentos, para que estos sean al mismo tiempo más económicos y más resistentes al peso de los vehículos.

Con esta finalidad, muchas de las investigaciones han buscado optimizar la selección de las materias primas utilizadas en las mezclas asfálticas (arena, piedra, aditivos y asfalto), así como también pronosticar las respuestas mecánicas de dichas mezclas ante las cargas de los vehículos y las condiciones ambientales.

Para lograr lo anterior, se han utilizado diferentes metodologías basadas en formulaciones empíricas (basadas en la experiencia y observación), o bien, en formulaciones asentadas en modelos computacionales.

Sin embargo, las metodologías empíricas han demostrado limitaciones, debido a que la calidad de los resultados depende directamente de la cantidad y condiciones analizadas.

Como una alternativa, en las últimas décadas se han utilizado modelos computacionales basados en métodos numéricos. Entre los desafíos que limitan la capacidad predictiva de los modelos computacionales, se puede mencionar la comprensión del fenómeno de agrietamiento que sufren los materiales. Esto se debe a varios factores:

la heterogeneidad de los materiales, la presencia de espacios vacíos dentro de la mezcla asfáltica y, especialmente, la dependencia del comportamiento del material asfáltico a la temperatura y a la velocidad de la fuerza aplicada.

Existen diferentes ensayos de laboratorio que han sido empleados para intentar determinar las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas y predecir su resistencia. A pesar de esto, persisten muchas preguntas sobre la validez de los resultados obtenidos de estas pruebas.

Este trabajo es parte fundamental de un modelo computacional que está siendo desarrollado para predecir el comportamiento mecánico de las mezclas asfálticas, a partir de las particularidades de sus materias primas. La adecuada caracterización de las propiedades que favorecen el agrietamiento de las mezclas asfálticas es un paso fundamental para comprender su comportamiento y para implementar modelos de predicción computacionales que permitan ahorrar tiempo y dinero.

En mi investigación, evalué la resistencia al agrietamiento de cuatro mezclas asfálticas, con diferentes tipos de asfalto y arena fina. Para esto, utilicé tres de los principales ensayos de la literatura: dos ensayos de flexión (flexión de semicírculos y flexión de prismas rectangulares) y un ensayo de tracción de discos ranurados.

Las pruebas se realizaron a tres velocidades diferentes de agrietamiento (0,5 mm/min, 1,0 mm/min y 2,0 mm/min) y tres temperaturas (-10 °C, 10 °C y 25 °C).

Con los resultados obtenidos en el laboratorio, se hicieron simulaciones siguiendo un procedimiento numérico y experimental integrado.

En el estudio se demostró que los procedimientos puramente experimentales propuestos en la literatura no representan adecuadamente el proceso de agrietamiento del material, ya que durante tal fenómeno se presentan otras fuentes de disipación de energía que se incluyen erróneamente en los cálculos.

Por su parte, el procedimiento numérico-experimental adoptado resultó ser una técnica atractiva y eficiente, que permitió predecir mejor el fenómeno de agrietamiento a partir de las simulaciones del mismo ensayo de laboratorio. ■



## Hacia chips de cómputo más potentes y eficientes

**Esteban Bermúdez Ureña**

*Escuela de Física  
Doctorado en Física con  
especialización en fotónica  
Instituto de Ciencias Fotónicas, España*

Muchas tecnologías que utilizamos hoy son posibles gracias a los avances en investigación científica y desarrollo de aplicaciones en el campo de la electrónica. Por ejemplo, algunas han permitido controlar de forma precisa el flujo de electrones en circuitos electrónicos que componen los chips de las computadoras.

Por otro lado, el uso de internet y de las comunicaciones digitales se debe gracias a la capacidad de transferir información, en forma de fotones (partículas de luz), por medio de fibras ópticas (cables de materiales cerámicos, como vidrio, tan delgados como un cabello humano), con pérdidas de energía insignificantes en comparación con la transmisión por cables eléctricos.

Sin embargo, si queremos continuar atendiendo la amplia demanda de las tecnologías de la información —como los centros de datos que permiten el acceso a los servicios de “la nube” y el uso de dispositivos “inteligentes” que generan grandes cantidades de datos—, no podemos depender de las fibras ópticas tradicionales para transmitir y procesar la información dentro de un chip, ya que su tamaño es incompatible con los requisitos de miniaturización.

En su lugar, se ha propuesto que los chips de cómputo integren circuitos fotónicos miniaturizados, donde la información se transmite y procesa a través de la luz, para alcanzar así capacidades mayores de procesamiento y transferencia de datos.

Para llegar a este punto, es necesario investigar y desarrollar nuevas tecnologías que permitan generar, manipular, transmitir y detectar las partículas de luz, todo dentro de un mismo chip.

Una solución consiste en implementar nanoestructuras metálicas capaces de capturar los fotones emitidos por nanoemisores de luz, por medio del acoplamiento con los electrones de conducción. A estas estructuras metálicas se les conoce como

estructuras plasmónicas, en referencia al acoplamiento fotón-electrón, también conocido como un plasmón de superficie. Tienen la característica de posibilitar confinamientos de la luz en escalas mucho más pequeñas que la de una fibra óptica.

Durante mi tesis doctoral, exploré el desarrollo de dispositivos fotónicos híbridos compuestos de nanoemisores de luz acoplados a este tipo de estructuras metálicas. Estos sistemas híbridos nos permiten influir en las dinámicas de emisión, por ejemplo, para controlar cuán rápido se generan los fotones desde el nanoemisor, así como transferir la energía emitida mediante guías de onda metálicas.

Para esto, implementé técnicas de nanofabricación y nanoposicionamiento con el fin de construir dispositivos híbridos que operan con un único emisor nanoscópico. También utilicé microscopía de fluorescencia para su caracterización óptica.

Posteriormente, demostré tres tipos de sistemas híbridos y cada estudio se convirtió en una publicación científica. Primero, investigué el posicionamiento de nanopartículas semiconductoras, conocidas como puntos cuánticos en la cercanía de unas nanopartículas de oro, las cuales se utilizaron para manipular las dinámicas de emisión de los puntos cuánticos. Segundo, con un microscopio de fuerza atómica, utilicé la punta de medición como una herramienta de “nanogolf” para posicionar nanodiamantes emisores de luz dentro de unos canales de oro capaces de capturar y transferir la energía a lo largo del canal.

Por último, integré nanohilos semiconductores en los canales de oro, para demostrar, por primera vez en el campo, un dispositivo novedoso de nanoláser integrado en la línea de transmisión del canal de oro.

Los resultados de esta tesis contribuyen a generar conocimiento sobre los posibles sistemas híbridos fotónico-plásmónicos que se pueden llegar a utilizar en futuras tecnologías de chips fotónicos integrados, los cuales se instalarán en nuestros sistemas de cómputo y centros de datos. ■



## Descifrando la identidad de las células de cáncer

**Karol Granados Blanco**

*Escuela de Medicina  
Doctorado en Ciencias Naturales  
Universidad de Heidelberg, Alemania*

Las células de cáncer se adaptan y sufren cambios que les permiten sobrevivir y volverse resistentes a ciertos tratamientos. Una característica que les da tal ventaja es la desdiferenciación celular o reversión de fenotipo. Esto les posibilita esconder su identidad y asemejarse más a una célula madre, por ejemplo.

Ese cambio es beneficioso para dichas unidades, ya que pueden renovarse y mantener la población de células malignas, incluso después de aplicar los tratamientos. De esta forma, se desarrollan células de cáncer resistentes, que son las responsables de las recaídas o de la reaparición de la enfermedad.

Mi trabajo de doctorado consistió en el estudio de tales células y su respuesta a tratamientos con inhibidores de proteínas de la familia MAPK.

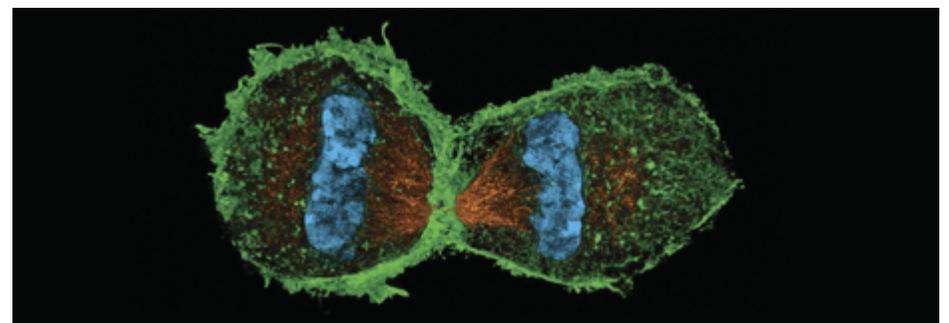
En específico, manipulé genéticamente las células de un tipo de cáncer llamado melanoma para cambiar su identidad y hacerlas más primitivas o menos diferenciadas. Esto se conoce como reversión del fenotipo. Luego, las células se trataron con inhibidores de proteínas MAPK para evaluar su resistencia a los tratamientos y poder así estudiar mecanismos nuevos que permitieran superar la resistencia y eliminar las células de cáncer.

Nuestro hallazgo más valioso consistió en que las células resistentes a inhibidores de proteínas MAPK tuvieron un incremento en la expresión de un tipo específico de canales de calcio, conocidos como Cav. Estos canales permiten el crecimiento celular y frenan la muerte celular. Basándome en este descubrimiento, evalué la inhibición de tales canales de calcio con el fin de resensibilizar las células resistentes a inhibidores de proteínas MAPK y así eliminar las células de cáncer. Nuestros resultados fueron demostrados a nivel *in vitro* e *in vivo* y se publicaron en una revista científica internacional.

La novedad de este estudio radica en que los canales de calcio (Cav) no se habían descrito antes en células de melanoma que eran resistentes a inhibidores de proteínas MAPK. Esto fue importante, ya que al inhibir los canales de calcio se logró debilitar a las células de cáncer que eran resistentes y así poder eliminarlas por completo.

Yo desarrollé todos los experimentos que nos llevaron a estos hallazgos, bajo la supervisión y guía del profesor tutor, el Dr. Jochen Utikal. Asimismo, tuve a su cargo la escritura y elaboración del manuscrito para su publicación.

Este aporte científico es de gran relevancia para nuestro país, ya que investigar las características que se presentan durante la desdiferenciación celular es muy útil para prevenir el desarrollo de la resistencia a los fármacos y la reaparición del cáncer en años posteriores, así como para mejorar e incrementar la supervivencia de los pacientes. ■



La mitosis o división celular es un proceso fundamental de la vida sin el cual el cáncer no existiría. Foto de L. Schermelleh / Universidad de Oxford, tomada de *Science News*.



## Las nanopartículas que ayudan a la calidad del suelo

**Juan Carlos Méndez Fernández**

*Escuela de Agronomía  
Doctorado en Ciencias Ambientales con  
especialización en química de suelos  
Universidad de Wageningen, Países Bajos*

Mi investigación de doctorado se enfocó en analizar las propiedades de un tipo de nanopartícula llamada ferrihidrita. Esta es un mineral que se forma naturalmente en los suelos y otros ambientes naturales.

Gracias al tamaño extremadamente pequeño de tales nanopartículas, por lo general de dos a cinco nanómetros (un nanómetro es una millonésima parte de un milímetro), la ferrihidrita tiene una gran superficie reactiva donde otros compuestos pueden ser retenidos (adsorbidos) por medio de interacciones químicas.

Esta retención de compuestos es muy importante, ya que contribuye a regular la disponibilidad de nutrientes para las raíces de las plantas y para los microorganismos que habitan en el suelo.

Además, la ferrihidrita tiene una afinidad alta para retener elementos en sus superficies que, como el fósforo, es un nutrimento esencial para el crecimiento de las plantas y la producción de alimentos.

Igualmente, las nanopartículas de ferrihidrita interactúan con la materia orgánica del suelo, por ejemplo, con residuos de plantas, animales y microorganismos. De esta manera, contribuyen con la capacidad del suelo para almacenar carbono orgánico.

Este último aspecto es de gran importancia para que los suelos puedan cumplir su función de forma adecuada como reservorio de carbono, lo cual ayuda a mitigar los efectos de las emisiones de carbono debido al cambio climático.

Por estos motivos, resulta claro que estudiar las propiedades de este tipo de nanopartículas naturales es relevante desde el punto de vista científico, ambiental y económico.

La primera parte de mi trabajo consistió en sintetizar en el laboratorio nanopartículas de ferrihidrita con el fin de estudiar su reactividad e interacción con elementos de importancia agrícola y ambiental, con especial énfasis en la interacción con el fósforo.

Con este estudio también contribuí a desarrollar un modelo de adsorción de iones, que permite describir y predecir la interacción de ferrihidrita con el fósforo y otros elementos, bajo un amplio rango de condiciones químicas.

Posteriormente, el modelo generado a partir de la información de nanopartículas sintéticas se implementó para describir la forma en la que el fósforo y la materia orgánica interactúan con nanopartículas de ferrihidrita en muestras naturales de suelos. Para ello, se utilizaron dos series de suelos agrícolas de dos regiones climáticas contrastantes: suelos de zonas templadas y suelos de zonas tropicales.

En este trabajo generé nuevo conocimiento para implementar técnicas novedosas de modelamiento y comprender mejor el comportamiento e impacto de este tipo de nanomateriales en sistemas naturales.

En general, en el desarrollo de mi investigación integré una serie de conceptos y enfoques que son afines a un amplio rango de aspectos científicos, los cuales abarcan desde fundamentos de química de superficies hasta aplicaciones en química de suelos.

Por lo tanto, los resultados de esta tesis son de interés para investigadores de diversas disciplinas científicas, entre ellas las ciencias ambientales, la geoquímica, la ciencia de los materiales y superficies, la química de suelos y el agua y la agronomía.

Desde una perspectiva social y económica, el estudio es relevante para comprender mejor la dinámica del elemento fósforo en los suelos. Tal aspecto es vital y optimizará las prácticas para mejorar la eficiencia del uso de fósforo en sistemas agrícolas y para reducir algunos efectos secundarios negativos de este elemento en el medio ambiente.

Asimismo, puede ser significativo en el contexto de aplicaciones tecnológicas, con el objetivo de mejorar la recuperación de fósforo en aguas residuales.

Finalmente, los resultados de mi análisis servirán también como insumo para futuros proyectos que se enfoquen en evaluar la contribución de nanopartículas de ferrihidrita en el potencial de los suelos para almacenar carbono orgánico. ■

## La lógica y los problemas de razonamiento

**Jorge Morales Delgado**

*Sede del Caribe  
Doctorado en Filosofía  
Universidad de Victoria, Nueva Zelanda*

La lógica clásica sigue una dinámica aditiva de información, según la cual añadir premisas y conclusiones incrementa su acervo. Es decir, en el marco de la lógica clásica, cuando agregamos premisas a una teoría o conjunto de creencias, este se incrementa y se extiende en virtud del nuevo contenido y sus correlativas inferencias.

Esa dinámica refleja adecuadamente ciertos dominios de conocimiento, tales como el matemático. No obstante, este modelo no es adecuado para dar cuenta de los procesos de inferencia que usan las personas en contextos más amplios.

La lógica no-monotónica estudia los procesos de inferencia de razonamiento comunes. Esto significa que, a diferencia de la lógica clásica, la lógica no-monotónica trata de señalar las inferencias de sentido común, en las cuales la información puede ser corregida o revisada de acuerdo con el contenido adicional. De tal modo, el acervo de información no sigue la dinámica aditiva de la lógica clásica.

En línea con lo anterior, existen situaciones en el contexto de las lógicas no-monotónicas en las que múltiples líneas

de razonamiento convergen en una y la misma conclusión, pero únicamente a través de argumentos diferentes y potencialmente inconsistentes entre sí. Dichos casos se conocen como conclusiones flotantes y no existe consenso sobre la aceptabilidad de la información que se sigue a partir de ese patrón de razonamiento.

Mi investigación doctoral propone una teoría para comprender mejor las conclusiones flotantes y determinar las condiciones bajo las cuales tales conclusiones son admisibles.

La teoría desarrollada se enfoca en dos propiedades pragmáticas de las conclusiones flotantes: el conflicto entre las múltiples líneas de razonamiento y el costo potencial del proceso de toma de decisiones asociado al contexto. De esta manera, se propone una aproximación heurística para comprender el problema lógico en su contexto epistémico.

Es decir, se plantea una teoría que se centra en los atributos pragmáticos del problema, en contraposición a las propiedades lógicas de este. El objetivo es establecer principios generales o reglas sencillas mediante las cuales podamos determinar la admisibilidad de la información obtenida siguiendo este patrón de razonamiento. ■



La Escuela de Atenas, pintura de Rafael Sanzio, usada con fines ilustrativos.



## Las metáforas en los discursos sobre el VIH/sida y las personas enfermas

**José Pablo Rojas González**

*Escuela de Estudios Generales  
Doctorado en Lenguas Románicas  
Universidad Wolfgang Goethe, Alemania*

Mi investigación, titulada *La colonialidad de las metáforas: las representaciones del VIH/sida y de los sujetos vinculados con la 'enfermedad', en los discursos periodístico y médico costarricenses (1983-1990) y en la narrativa nacional (1989-1999)*, estudia los primeros discursos producidos en el país en torno al VIH/sida. En específico, se centra en el manejo del lenguaje sobre el síndrome y en el peso que tuvo en la construcción sociocultural de la epidemia y de los sujetos ligados con ella en Costa Rica.

A partir de una reflexión teórica sobre la importancia de los recursos de significación como productores de saber y como delimitadores del pensamiento (de ahí que, en el título, se hable de la "colonialidad" de las metáforas), analicé diferentes textos en los que encontré que, en el campo periodístico y biomédico, las metáforas más utilizadas fueron relacionadas, por una parte, con las ideas antiguas, pero persistentes, de la mancha, el pecado y la culpabilidad; y por otra, con imágenes militares que planteaban a los enfermos como enemigos, como elementos que había que "atacar", al ser considerados los culpables de "esparcir el mal".

Dentro de las metáforas militares, se incluyeron las que hacían referencia a amenazas biológicas y a problemas de seguridad comunitaria, así como las metáforas nacionalistas, que apuntaban a la "excepcionalidad" costarricense como una forma de "defensa inmunitaria". Al lado de ellas, se reactivaron metáforas racistas, que señalaban la supuesta inferioridad de unos sujetos y la superioridad de otros.

Así, se comprobó que la racionalidad promovida en ese momento respondió no tanto a la demanda del enfermo por cuidado, sino a la necesidad de imponer la autoridad sobre la población y de resguardar el sistema de la normalidad patriarcal, sexual, identitaria, higiénica, etc.

En relación con los textos literarios estudiados, concluí que el libro de Miryam

Francis, *Tiempos del SIDA: relatos de la vida real*, así como los cuentos de Alfonso Chase, "Carpe Diem" y "Antes y ahora", movilizaron la misma narrativa nociva (re) producida en el campo periodístico y biomédico, ya que responsabilizaron a los sujetos "infames", "monstruosos", vinculados con la "enfermedad", y no al virus que la producía.

En estos textos, se plantearon argumentos moralizantes con el fin de señalar conductas consideradas inaceptables, las cuales, según su lógica, solo podían llevar a la "enfermedad", concebida entonces como un castigo.

Solamente la novela de José Ricardo Chaves, *Paisaje con tumbas pintadas en rosa*, planteó una contrarrespuesta a los discursos hegemónicos que atacaban, fundamentalmente, a los homosexuales.

Esta novela es realmente excepcional, incluso en relación con la metáfora que movilizó para explicar el desarrollo de la epidemia en el país: la de la tempestad y el naufragio. La escena central del texto es clara en apuntar la tragedia que iba a "devorar" a los homosexuales, quienes son representados como "víctimas" de un "fenómeno natural" (el virus), pero también de sus hermanos heterosexuales, quienes no hacen nada por socorrerlos.

Uno de los elementos novedosos de mi trabajo fue conjuntar el estudio de tres diferentes campos discursivos, los cuales se asumieron como centrales en la producción de los significados sociales sobre el VIH/sida, una "enfermedad" que no se puede comprender únicamente como un fenómeno biológico.

Esto permitió reconocer de forma más completa la dinámica de "saber-poder" y, consecuentemente, la de "control-dominación", activada con esta pandemia.

Finalmente, puedo asegurar que esta investigación es un aporte para entender cómo se organizó lo decible, lo narrable, lo opinable en Costa Rica, en relación con el virus y el síndrome, así como también para rescatar una memoria olvidada, la de los grupos humanos que fueron más atacados por la biopolítica estatal y por los discursos fundamentalistas que la apoyaron. ■



## Tecnologías para la desalinización del agua

**Adrián Serrano Mora**

*Escuela de Ingeniería Química  
Doctorado en Ingeniería Química  
Universidad de Columbia Británica, Canadá*

La demanda de agua para el abastecimiento de las actividades humanas ha causado un gran estrés sobre las fuentes de agua dulce. Además, en los próximos años, la necesidad de recurso hídrico se incrementará por los efectos del cambio climático.

Por tanto, es preciso desarrollar tecnologías que permitan tratar fuentes de agua no tradicionales, como los cuerpos de agua salados. En ciertas partes del mundo, esto ya es una realidad y se emplean procesos que requieren un alto gasto de energía para separar el agua de los demás componentes que le confieren su salinidad.

Uno de esos procedimientos utiliza membranas, las cuales podemos imaginar como barreras con perforaciones cuidadosamente hechas para solo permitir el paso de las moléculas de agua. De esta manera se excluyen otras moléculas y sustancias no deseadas en el producto final.

Otro proceso se basa en aplicar temperatura para separar el agua de los demás componentes por medio de la evaporación.

El elevado consumo energético que conlleva el uso de alguna de estas dos tecnologías dificulta su implementación en lugares donde los recursos energéticos y financieros son limitados. Por tal motivo, a lo largo de los años, se han desarrollado métodos alternativos para realizar el proceso de desalinización.

Una de esas tecnologías se conoce como desalinización por capacitancia, esta se basa en la interacción electrostática que ocurre entre sustancias que tienen cargas opuestas. El agua salada contiene especies cargadas conocidas como iones, que pueden ser atraídas si se tiene un elemento con la carga opuesta. Para llevar esto a cabo, se utilizan materiales porosos y eléctricamente conductivos (como el carbono), los cuales al ser conectados a una fuente de energía externa pueden cargarse positiva y negativamente al aplicar una corriente o diferencia de voltaje.

Bajo este principio, los iones negativos (aniones) migran hacia la superficie

positiva, mientras que los iones positivos (cationes) migran hacia la superficie negativa. Sin embargo, al aplicar la corriente o la diferencia de potencial, el carbono progresivamente pierde su capacidad de atraer y mantener cerca de su superficie los iones que se desean separar.

Mi proyecto de tesis consistió en investigar los cambios que ocurren en distintas propiedades del carbono durante su vida útil, al utilizarlo como el componente encargado de la separación (material activo).

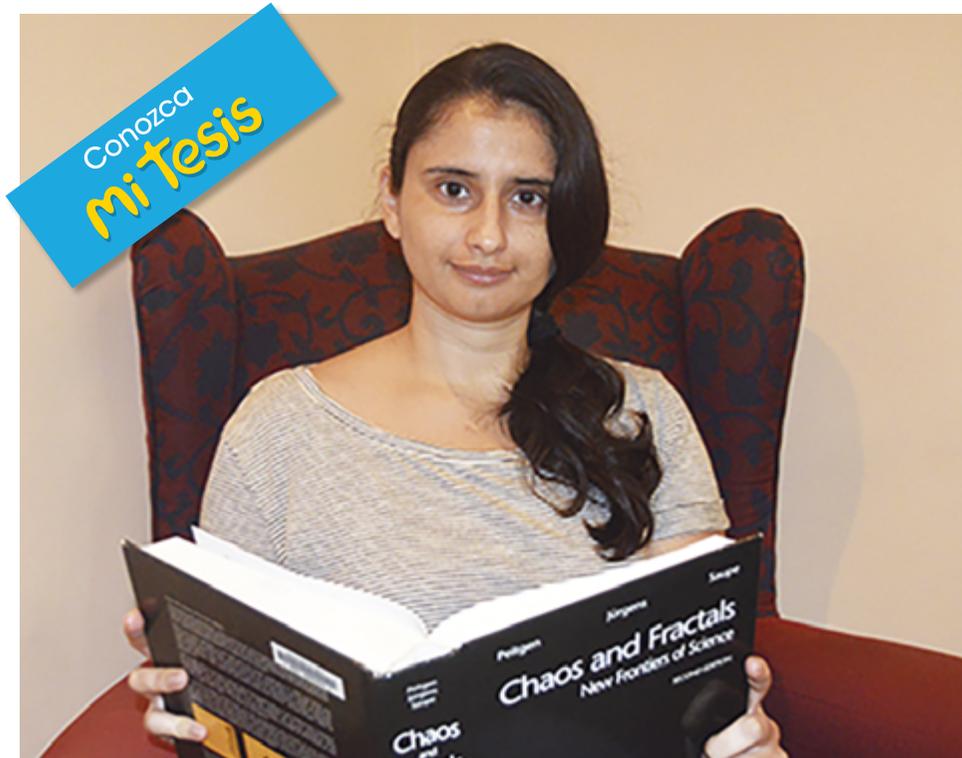
Fue de especial interés estudiar otros componentes comunes del agua salobre, como el hierro y el material orgánico disuelto. Además, exploré la aplicación de protocolos regenerativos para recuperar la funcionalidad del material.

Asimismo, encontré que el material activo perdía en pocas horas de uso su capacidad de desalinizar el agua. Su vida útil se vio aún más reducida cuando se tenía presencia de hierro en el agua. Este fenómeno se atribuyó a la formación de depósitos de hierro en la superficie del carbono, lo cual resultó en el bloqueo de la superficie para atraer y retener a los iones.

Por otra parte, los métodos de recuperación empleados fueron poco eficientes para regenerar la funcionalidad del material y extender su vida útil.

Los resultados de mi trabajo indican que todavía hay mucho camino por recorrer antes de pensar en la implementación de esta tecnología. En particular, sugiero la necesidad de desarrollar materiales activos, a base de carbono u otros con una mayor vida útil.

Además, mi estudio señala que —antes de considerar dicha tecnología como una posible alternativa a los métodos tradicionales de desalinización— los parámetros operacionales del sistema deben optimizarse de tal manera que se genere un balance entre costo, rendimiento del sistema y su vida útil para ayudar a suplir la demanda de agua dulce en un futuro cercano. ■



## Contribuciones en el campo de los sistemas dinámicos

### Adriana Sánchez Chavarría

Escuela de Matemática  
Maestría y doctorado en Matemática  
Instituto de Matemática Pura y Aplicada,  
Brasil

Un sistema dinámico es aquel cuyo estado evoluciona con el tiempo y que varía de acuerdo con las leyes establecidas.

Muchos fenómenos de la naturaleza son modelados por sistemas dinámicos. Por ejemplo, se pueden modelar poblaciones, enfermedades, epidemias, el movimiento de los planetas, procesos financieros o fenómenos físicos, como los sistemas hamiltonianos (gobernados por ecuaciones de Hamilton).

Estos fenómenos nacen para formalizar la descripción de problemas de la mecánica clásica.

Los exponentes de Lyapunov son cantidades que miden la tasa de separación de trayectorias muy cercanas. Es decir, dan información sobre la tasa de crecimiento correspondiente a un pequeño error en el estado inicial del sistema.

La mayor de estas cantidades determina la predecibilidad del sistema dinámico. Por ejemplo, un exponente positivo es indicativo de que el sistema es caótico. Eso quiere

decir que la evolución de este es muy sensible ante pequeñas perturbaciones.

El mayor exponente de Lyapunov puede ser utilizado para determinar cuándo un individuo se encuentra infectado por un microorganismo o distinguir diferentes etapas de una enfermedad (como en la epilepsia).

El objetivo de mi tesis de doctorado fue estudiar el problema de continuidad de los exponentes de Lyapunov. Esto consiste en analizar si, ante un pequeño cambio en las variables que lo definen, los exponentes se comportan de forma similar.

Para lo anterior, analicé dos contextos diferentes. El primero trata sobre los ciclos lineales con base dinámica parcialmente hiperólica y el segundo estudia exponentes de Lyapunov de ciclos localmente constantes asociados a distribuciones de probabilidad con soporte no compacto.

Ambos contextos son investigados activamente en el área de sistemas dinámicos y la teoría ergódica. El problema de la continuidad de los exponentes de Lyapunov, en ambos casos, es un asunto abierto.

Los avances logrados con mi investigación responden parcialmente esta pregunta, presentan nuevas técnicas y abren el camino a nuevos avances en esta dirección. ■

## La química y la inteligencia artificial aplicadas al diseño de fármacos

### William Zamora Ramírez

Escuela de Química  
Doctorado en Biotecnología Molecular  
Universidad de Barcelona, España

Desde muy pequeño, siempre tuve la curiosidad de entender cuál es la razón por la cual el agua y el aceite no se mezclan. Ese interés me llevó a analizar hechos cotidianos relacionados con este fenómeno. Por ejemplo, en el fútbol, las personas de diferentes equipos se agrupan en bandos, pues sienten mayor afinidad por un grupo y por los colores que los representan.

Continuando con esta analogía, el tema de mi tesis doctoral se basó en investigar qué hace a una persona elegir entre uno u otro equipo, solo que, en lugar de personas, estudié pequeñas biomoléculas y, en lugar de dos equipos de fútbol, estudié disolventes, entre ellos el agua y el octanol.

Esta área de estudio se conoce como lipofilicidad, es decir, la afinidad de una biomolécula por ambientes grasos, como la grasa o aceites.

De esta manera, trabajé cinco años, al cabo de los cuales me gradué con máximos honores (*suma cum laude*)

como doctor en Biotecnología Molecular. Luego realicé un año de posdoctorado en Barcelona.

Durante el posdoctorado estudié y predije, por una combinación de técnicas computacionales y experimentales, cómo las biomoléculas tienden a repartirse entre diferentes ambientes. Este reparto molecular entre fases se expresa por medio de descriptores lipofílicos.

Al ser un tema de ciencia básica, su importancia subyace en el entendimiento del fenómeno fisicoquímico que dicta la preferencia de las moléculas por mantenerse en los fluidos biológicos o pasar a través de una membrana biológica, o bien, unirse a lugares específicos de otras biomoléculas conocidas como proteínas. En todo esto utilicé la lipofilicidad, tanto de los ambientes como de las biomoléculas.

Lo anterior puede comprenderse a través de modelos matemáticos de lipofilicidad, los cuales simulan la realidad que se observa a nivel experimental. Como resultado de mis investigaciones, logramos validar diversos modelos teóricos para obtener descriptores lipofílicos y proponer enfoques novedosos para una descripción más adecuada del comportamiento de reparto de las biomoléculas entre interfaces.

Con la validación y la propuesta de nuevos formalismos fisicoquímicos, se logró aplicarlos a temas relacionados con el desarrollo de nuevos fármacos, apoyo a estudios ambientales y aportes para el entendimiento, a nivel molecular, de enfermedades que amenazan la salud mundial.

El impacto de mi investigación en la sociedad se basa primeramente en el fortalecimiento y valoración de problemas científicos que pueden solo resolverse mediante la ciencia básica. Con este conocimiento sólido, se establecen los cimientos para aplicaciones de interés general.

Es por ello que nuestro trabajo se encuentra en uno de los programas más populares en química computacional: el Gaussian (<https://gaussian.com/>). Y los resultados han sido publicados en prestigiosas revistas internacionales, como las pertenecientes a la American Chemical Society, en Estados Unidos, y las del grupo Springer Nature, en Europa. Asimismo, el estudio forma parte de capítulos de libros especializados.

Con los conocimientos de mi tesis doctoral, hemos logrado metodologías *in silico* (mediante simulación computacional)

para determinar las propiedades de fármacos y sustancias contaminantes antes de ser diseñadas, y con esto ahorrar recursos en pruebas de laboratorio.

La fiabilidad de nuestros protocolos computacionales ha sido reconocida por el Drug Design Data Resource, con base en la Universidad de San Diego en California, como uno de los mejores modelos que usa algoritmos de química cuántica.

Recientemente, con el establecimiento de mi grupo de investigación llamado CBIO3 en la Universidad de Costa Rica (UCR), el cual se dedica a las áreas de biología, biofísica computacional y bioinformática, hemos logrado —mediante modelos de inteligencia artificial— ganar un reto mundial en diseño de fármacos, pues tenemos el método más confiable para determinar la lipofilicidad de pequeñas moléculas (<https://vinv.ucr.ac.cr/es/noticias/grupo-de-investigacion-de-la-ucr-gana-reto-mundial-en-diseno-de-medicamentos>).

Por otro lado, he expandido los estudios teóricos y experimentales de mi tesis doctoral a problemas de salud globales. Por ejemplo, en colaboración con el profesor Kasper Kepp, de la Universidad Técnica de Dinamarca, he utilizado la lipofilicidad de aminoácidos (pequeños bloques de construcción de las proteínas), que son biomoléculas que desempeñan un papel fundamental en el organismo, para estudiar la toxicidad en mutantes de péptidos A $\beta$ 42 implicados en la enfermedad de Alzheimer (<https://www.youtube.com/watch?v=uj-SuMMijcBA>).

También he implementado la lipofilicidad de aminoácidos para estudiar péptidos antimicrobianos (AMPs), en colaboración con la Dra. Frances Separovic, de la Universidad de Melbourne, en Australia, con el objetivo de mejorar la búsqueda estancada de nuevos agentes antimicrobianos. Esta propuesta innovadora me hizo ser galardonado en el 2020 con un premio por la Sociedad Biofísica, de Estados Unidos (<https://www.biophysics.org/blog/tag/travel-awards>). Dicho proyecto es financiado por el Programa Fondo Semilla 2021-2023 de la Vicerrectoría de Investigación de la UCR.

Igualmente, fui invitado a presentar el estudio en el Instituto Pasteur, en París, Francia, en la séptima AMP *meeting*. Debido a la pandemia, tal actividad fue pospuesta para el 2022. ■

