



---

**Estudios abordan posibles efectos  
del cambio climático en Costa Rica**

---





**CRISOL**

---

**Revista de Ciencia y  
Tecnología de la UCR**

---

No. 29 • Año 2015

---

**Contaminación con plaguicidas  
en Humedal Terraba-Sierpe**

---

**EDITORIA:**

Patricia Blanco Picado

**CONSEJO EDITORIAL:**

Wajjha Sasa Marín  
Patricia Blanco Picado

**DIRECTORA OFICINA DE DIVULGACIÓN E INFORMACIÓN:**

Wajjha Sasa Marín

**VICERRECTOR DE ACCIÓN SOCIAL:**

Roberto Salom Echeverría

**COLABORARON EN ESTE NÚMERO:**

**Periodistas:**

Periodistas:

Andrea Marín Castro  
Bárbara Ocampo Hernández  
Eduardo Muñoz Sequeira  
Elizabeth Rojas Arias  
Katz O'neal Coto  
Lidiette Guerrero Portilla  
Luis Fernando Vargas Vega  
Manrique Vindas Segura  
María Eugenia Fonseca Calvo  
Otto Salas Murillo  
Patricia Blanco Picado  
Rocío Marín González

- Dr. Bruno Lomonte Vigliotti, Dr. Esteban Chaves Olarte, Dr. José María Gutiérrez, Dr. Edgardo Moreno Robles.  
*Instituto Clodomiro Picado, Centro de Investigación en Enfermedades Tropicales (CIET), Facultad de Microbiología, UCR; Programa de Investigación en Enfermedades Tropicales (PIET) y Escuela de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional.*

- Dra. Xinia Fernández Rojas  
*Escuela de Nutrición*

- Licda. Tatiana Blanco Álvarez  
Lic. Esteban Montenegro Montenegro  
M.Sc. Andrés Castillo Vargas  
*Instituto de Investigaciones Psicológicas*

- Dr. Álvaro Carvajal Villaplana  
*Posgrado en Filosofía*

**FOTOGRAFÍA:**

Anel Kenjekeeva, Laura Rodríguez,  
Rafael León, Ibux Sánchez.

**DISEÑO GRÁFICO:**

Rafael Espinoza Valverde  
María de los Ángeles Quirós Porras

**IMPRESIÓN:**

MasterLitho, S.A.

Crisol es una publicación de la Oficina de Divulgación e Información (ODI), con el auspicio de las vicerrectorías de Acción Social y de Investigación de la Universidad de Costa Rica.

**DIRECCIÓN:**

Oficina de Divulgación e Información (ODI)  
Universidad de Costa Rica  
100 metros sur de Fundevi.  
Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca.  
San José, Costa Rica, América Central.

**Correo electrónico:**

patricia.blancopicado@ucr.ac.cr

**Sitio Web:** <http://www.odi.ucr.ac.cr>

**Teléfonos:** (506) 2511-1168 y 2511-1213.

**Telefax:** (506) 2511-5152.

**FOTOGRAFÍAS DE LA PORTADA:**

Fotos cortesía del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - PNUD / Costa Rica, 2014.

**DISEÑO DE PORTADA ESPECIAL CAMBIO CLIMÁTICO:**

Jorge Carvajal Aguirre

---

# Contenido

---

## ■ La ciencia en breve

- 6 Centro de investigación estrena edificio
- 7 40 años de microscopía electrónica en el país
- 8 Karen Poe Lang, Catedrática Humboldt 2015
- 9 UCR inaugura Instituto de Investigaciones en Artes
- 10 Otorgan benemeritazgo a reconocido lingüista
- 11 Inisa investiga enfermedades musculares con nuevo laboratorio

## ■ Entrevista

- 40 Sir. David King  
Ciencia y política de la mano para enfrentar el cambio climático

## ■ Perspectiva Académica

- 46 Índices bibliométricos y revistas de 'corriente central': implicaciones para el desarrollo de las ciencias naturales en Costa Rica
- 51 Prevención de la obesidad infantil, una prioridad de la salud pública
- 54 La ciencia que cuenta es la que se cuenta
- 56 Transexuales, naufragos del género

## ■ De la portada

- 12 Estudio sobre agricultura, salud y ambiente  
Plaguicida usado en piña presente en Humedal Térraba-Sierpe

## ■ Crisol en imágenes

- 42 El despertar del volcán Turrialba

## ■ Publicaciones

- 58 Nuevo libro describe la riqueza geológica de la península de Nicoya
- 60 Dra. Libia Herrero "Somos más microorganismos que células"

## ■ Especial cambio climático

- 18 Especial cambio climático
- 20 UCR se adentra en el estudio del cambio climático desde diferentes disciplinas
- 25 Cambio climático, una oportunidad y un reto para el sector agropecuario
- 28 Río Abangares, fuente de información sobre cambio climático
- 33 América Central será más seca y caliente en 2050
- 35 Probus señala debilidades en infraestructura urbana ante el cambio climático
- 37 Trucheros mejoran técnicas de producción con la ayuda de la UCR



PRESENTACIÓN



La valoración económica del impacto de la variabilidad climática inter-anual en el cultivo de granos básicos y hortalizas en Costa Rica es una de las investigaciones desarrolladas por especialistas de la UCR, en esa materia. (fotos archivo ODI).

**L**a Universidad de Costa Rica está consciente de la gran importancia que tiene el compromiso ambiental en la actualidad. Los avances e investigaciones sobre el ambiente benefician al país y, también, al mundo entero. La temática ambiental es tópico global que atañe a todas las personas del presente, así como las futuras generaciones.

Una de las consecuencias más graves de la intervención humana desfavorable en el ambiente es el cambio climático, el cual puede convertirse en una amenaza irreversible tanto para los seres vivos como para sus hábitats.

El propósito principal de la presente edición de *Crisol* es crear consciencia en la población sobre esta problemática. La Universidad ha realizado grandes esfuerzos por acercarse a nuevas lógicas de convivencia con la naturaleza y ha establecido importantes programas, proyectos y campañas inter y transdisciplinarias que apuntan sobre todo a la preservación del medio ambiente. En esto se diferencia de la mayoría de los esfuerzos empresariales externos, los cuales normalmente promueven el reciclaje, es cierto, pero no el cese del consumo de productos con desechos importantes; fomentan el consumo de productos orgánicos, ciertamente, mas no se cuestiona si estos son más sustentables que los productos tradicionales; impulsan el mínimo uso de electricidad, en efecto, pero no se gestionan nuevas formas alternativas de energía. En resumen, se señala la deficiencia pero no se proponen soluciones.

También los profesionales de la UCR son una prueba de la consolidación de la cultura ambiental en el quehacer universitario. Diversas de las investigaciones de los últimos años fortalecen la coherencia entre la teoría y la práctica de la conciencia ambiental. Las normativas legales no son suficientes para regular las prácticas empresariales y las actividades cotidianas de toda la comunidad. Es necesario educar a las personas para el mejor uso de los recursos, incluir políticas de investigación, tecnología, materiales, especificaciones técnicas, equipo y capacitación del personal para atenuar los efectos negativos en el medio ambiente, una responsabilidad de toda la ciudadanía, de todas las personas.

Esta edición de la revista *Crisol* incluye un suplemento especial sobre el cambio climático, que recoge los resultados de algunas de las investigaciones realizadas, desde diversas disciplinas, en la Universidad de Costa Rica. El objetivo es no solamente señalar la problemática que afecta al país y a la región centroamericana, sino también aportar a la búsqueda de soluciones y mitigación de la incidencia humana en el ambiente.

**Wajiha Sasa Marín**

Directora

Oficina de Divulgación e Información



El nuevo edificio está ubicado en la Ciudad de la Investigación, junto al Centro de Investigación en Ciencias Atómicas, Nucleares y Moleculares, Cicanum (foto Rafael León).

## Centro de investigación estrena edificio

*Patricia Blanco Picado*  
[patricia.blancopicado@ucr.ac.cr](mailto:patricia.blancopicado@ucr.ac.cr)

**E**l Centro de Investigaciones en Matemáticas Puras y Aplicadas (Cimpa) de la Universidad de Costa Rica (UCR) estrenó en diciembre pasado el nuevo edificio que comparte con varios programas y actividades académicas de esa área.

En un acto realizado con la presencia de autoridades universitarias, estudiantes, docentes activos y jubilados y personal administrativo, se declaró oficialmente la apertura del inmueble, localizado en la Ciudad de la Investigación.

Además del Cimpa, la edificación alberga oficinas para profesores de la Escuela de Matemática y el Programa de Olimpiadas Costarricenses de Matemática (Olcoma-UCR).

El centro de investigaciones cuenta ahora con oficinas para los investigadores, biblioteca, laboratorio de cómputo, recepción, oficinas administrativas y un miniauditorio.

En su intervención, el director del Cimpa, Dr. Mario Villalobos Arias, recordó que el edificio se gestó “gracias a la lucha durante 43 años de muchos compañeros”.

En especial, reconoció el aporte del Dr. Javier Trejos Zelaya, profesor de la Escuela de Matemática, ex director del Cimpa y actual decano de Ciencias. Asimismo, del Dr. Oldemar Rodríguez Rojas, profesor e investigador de la Escuela de Matemática y ex miembro del Consejo Universitario.

El nuevo edificio posee un área de 1200 metros cuadrados y tuvo un costo superior a los ₡843 000 millones. Los fondos provinieron del presupuesto ordinario de la UCR.

En la actualidad, la Escuela de Matemática cuenta con 25 docentes con grado de doctorado, que mantienen proyectos de investigación adscritos a los dos centros de investigación asociados: el Cimpa y el Centro de Investigaciones Matemáticas y Meta-Matemáticas (CIMM), y hay 30 estudiantes que cursan el doctorado en prestigiosas universidades extranjeras. ■



El Consejo Científico del Ciemic le reconoció al Dr. Enrique Freer Bustamante su aporte en el campo de la microscopía electrónica (foto archivo ODI).

## 40 años de microscopía electrónica en el país

*Lidiette Guerrero Portilla*  
[lidiette.guerrero@ucr.ac.cr](mailto:lidiette.guerrero@ucr.ac.cr)

**E**n 1974 llegó el primer microscopio electrónico al país, donado por el Gobierno de Japón, lo que dio pie a la creación de la Unidad de Microscopía Electrónica (UME) de la Universidad de Costa Rica (UCR).

Este acontecimiento fue celebrado por el Centro de Investigación en Estructuras Microscópicas (Ciemic) de esta Universidad, el cual efectuó un reconocimiento especial al Gobierno de Japón, a la Agencia Japonesa de Cooperación Internacional (JICA) y a la empresa Hitachi, por sus aportes en equipos, capacitación y entrenamiento con expertos de calidad en este campo.

Asimismo, se destacó la contribución del Dr. Enrique Freer Bustamante, como un destacado investigador en el campo de la microscopía electrónica.

El director del Ciemic, Dr. Adrián Pinto Tomás, expresó que “si no fuera por el gobierno de Japón y de JICA no estaríamos aquí, realmente su impacto ha sido muy grande en nuestras vidas y en esta institución”.

Pinto recordó especialmente la labor del Dr. Kozuka, quien durante una década capacitó a 168 investigadores de toda América Latina en el uso de los microscopios electrónicos.

Añadió que el Consejo Científico del Ciemic reconoce el trabajo y aporte del Dr. Freer en la creación y consolidación de este centro de investigación universitario.

Según Pinto, tras la llegada al país del primer microscopio electrónico pasaron más de dos décadas para la creación del Ciemic y “en ese período el aporte del Dr. Freer fue fundamental”.

Agregó que entre los nuevos acuerdos con varias compañías asociadas a la microscopía electrónica, hay uno muy significativo que es la colaboración para elaborar textos que ayuden en la preparación de nuevos recursos en este campo. ■





La Dra. Karen Poe desarrolla un proyecto de investigación transdisciplinaria sobre los enfermos de Sida que utilizan la literatura para enfrentar su muerte (foto Laura Rodríguez).

---

## Karen Poe Lang, Catedrática Humboldt 2015

---

*Manrique Vindas Segura*  
[manrique.vindas@ucr.ac.cr](mailto:manrique.vindas@ucr.ac.cr)

---

**L**a investigadora del Área de Artes y Letras, Dra. Karen Poe Lang, fue designada Catedrática Humboldt 2015 de la Universidad de Costa Rica (UCR). Ella ha realizado diversas investigaciones en los campos de la literatura, el cine y el arte en el contexto de las culturas hispanoamericanas y española.

La académica, quien se desempeña como profesora en la Escuela de Estudios Generales de la UCR, destaca por su participación en foros internacionales y publicaciones científicas, lo cual le ha hecho merecedora de reconocimientos, como el Premio de Ensayo de la Academia Costarricense de la Lengua en el 2012.

Su labor académica e investigativa fue lo que más pesó a la hora de otorgarle el reconocimiento, según manifestó el Dr. David Díaz Arias, coordinador académico del Consejo Consultivo de la Cátedra Humboldt.

“La Dra. Poe tiene una trayectoria académica reconocida nacional e internacionalmente en varias disciplinas, en medio de las cuales investiga y enseña. Como investigadora ha favorecido la colaboración con docentes de universidades nacionales e internacionales”, agregó Díaz.

El Consejo Consultivo también tomó en cuenta el plan de trabajo propuesto por Poe durante el período de la designación. Ello le permite a esta científica ser nombrada a tiempo completo en una categoría equivalente a catedrático de la UCR para dedicarse íntegramente a las actividades de la Cátedra Humboldt.

### Sida y literatura

Durante ese período desarrolla un proyecto de investigación transdisciplinaria sobre los enfermos de Sida que utilizan la literatura para enfrentar su muerte, bajo el título: *Sida. Enfermedad, duelo y estrategias de resistencia en la novela hispanoamericana y del Caribe (1992-2003)*.

La investigadora propone publicar tres artículos académicos, correspondientes a cada uno de los objetivos específicos de la investigación, los cuales podrían servir de base para un futuro libro.

Además, la investigadora realizará un coloquio transdisciplinario e internacional sobre el tema, con el objetivo de propiciar un diálogo entre sectores que normalmente no se encuentran en su trabajo cotidiano, tales como profesionales de la salud, psicología, crítica literaria y cultural, educación, comunicación y activistas.

La Cátedra Humboldt se creó en el 2004 por la Vicerrectoría de Investigación como un homenaje a los hermanos alemanes Alejandro y Guillermo Humboldt, con el fin de incentivar el intercambio científico entre Alemania, Costa Rica y Centroamérica.

La distinción es conferida por la UCR en conjunto con el Servicio Alemán de Intercambio Académico (DAAD), el Centro de Investigación en Identidad y Cultura Latinoamericanas (Ciicla), los Doctorados en Ciencia, Historia y Sociedad y Cultura de la UCR. ■



El Instituto de Investigaciones en Arte lleva a cabo el Proyecto regional en artes, en coordinación con la Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas" de El Salvador (diseño Jorge Carvajal).

## UCR inaugura Instituto de Investigaciones en Artes

Andrea Marín Castro  
andrea.marin@ucr.ac.cr

**L**a Universidad de Costa Rica (UCR) inauguró el Instituto de Investigaciones en Arte (IIArte), como un centro pionero en el país y en el área centroamericana.

Este nuevo ente universitario dedicado a la investigación se creó formalmente el 11 de octubre del 2012, en la sesión N° 5673 del Consejo Universitario.

El IIArte cuenta con 18 proyectos inscritos en la Vicerrectoría de Investigación y este 2015 desarrolla el Proyecto regional en artes, en conjunto con la Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas" de El Salvador.

La Dra. Patricia Fumero Vargas, directora del IIArte, resaltó la necesidad de que en la UCR se

promueva y reconozca la investigación-creación, especialmente en el campo de las artes.

Fumero explicó que a diferencia de la investigación básica, esta modalidad "está sustentada en investigación sistemática que luego va a finalizar con la creación".

"Es una modalidad nueva que va a permitir recabar el conocimiento no solo que se desarrolla a nivel de las artes en general, sino cómo es que es puesto en práctica", detalló.

El IIArte también pondrá en práctica el proyecto denominado *El artista en residencia*, que consiste en la estancia en el país de un artista centroamericano durante un mes, período en el que realizará talleres, seminarios y convivios con los estudiantes de la UCR. La pasantía cerrará con una exposición de su obra en el Museo de Arte y Diseño Contemporáneo, del Ministerio de Cultura y Juventud.

Por su parte, el rector de la UCR, Dr. Henning Jensen Pennington, expresó que "a través de la investigación-creación, el Instituto de Investigaciones en Arte potenciará los resultados de las investigaciones en artes plásticas, musicales y dramáticas, que ya tenían eco en la Universidad, con el valor agregado de incorporar a más investigadores e investigadoras en el ámbito de la creación del conocimiento en los temas artísticos". ■



Al Mag. Enrique Margery Peña se le recuerda por su dedicación al crecimiento personal e intelectual de sus estudiantes, y un gran amigo que siempre tuvo una sonrisa para todos (foto archivo ODI).



La última obra del Mag. Enrique Margery Peña, el cuarto tomo de *Estudios de mitología comparada indoamericana*, recoge varios estudios, entre ellos “El origen del lenguaje y de la diversidad de lenguas” y “El mito de la mujer estrella en Sudamérica”.

## Otorgan benemeritazgo a reconocido lingüista

*Eduardo Muñoz Sequeira*  
[eduardo.munoz@ucr.ac.cr](mailto:eduardo.munoz@ucr.ac.cr)

**L**a Universidad de Costa Rica (UCR) destacó públicamente a uno de sus más importantes investigadores de su historia reciente: el lingüista Mag. Enrique Margery Peña, fallecido en 2011 y quien dedicó 37 años de su vida a la investigación y enseñanza.

Tras un proceso deliberativo, este centro de educación superior declaró a Margery Peña como Profesor Benemérito in memoriam.

Como corolario de este acto, se presentó su último libro titulado *Estudios de mitología comparada indoamericana. Tomo IV*.

Para dicha declaración, la Asamblea de Escuela nombró una comisión ad hoc, que recomendó a la Rectoría de la UCR declararlo Profesor Benemérito “por sus innumerables méritos académicos; por el valor sobresaliente de sus servicios a la Universidad de Costa Rica y de su

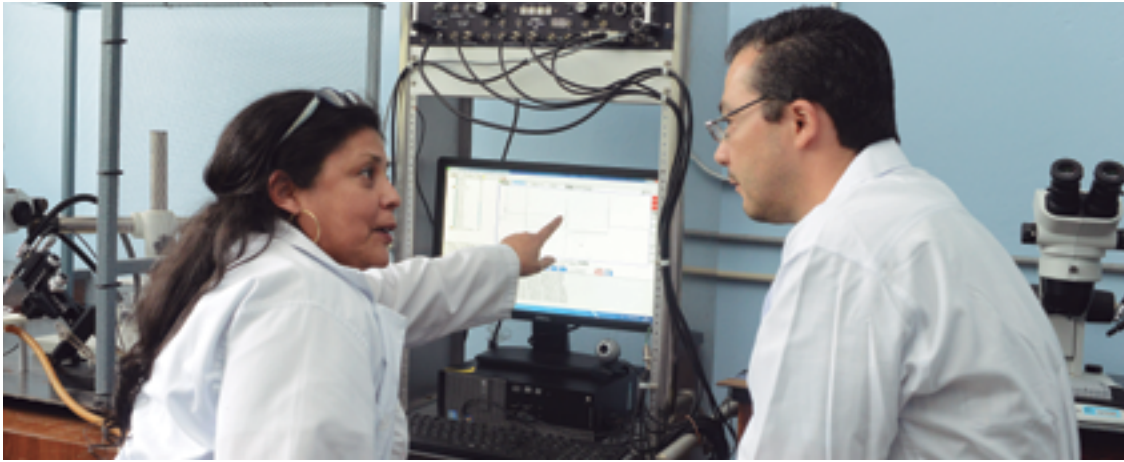
obra académica para el país; por haber dedicado su vida al estudio de las lenguas, artes verbales y mitologías de los pueblos indocostarricenses; por su aporte fundamental al conocimiento y documentación del patrimonio lingüístico y cultural de Costa Rica y, más en general, del continente americano”.

La motivación fue escrita previamente por el Dr. Adolfo Constenla Umaña, profesor e investigador fallecido en noviembre del 2013. Ambos mantuvieron una estrecha amistad durante años, y esa cercanía se plasmó en un documento que se leyó durante un acto oficial realizado en la Facultad de Letras.

Constenla destacó las contribuciones de Margery Peña, él escribió: “Su producción de por lo menos 55 artículos y nueve libros enriqueció enormemente nuestro conocimiento de la fonología, la gramática y el léxico de tres lenguas indígenas, del arte verbal de dos de ellas y de las variaciones y distribución geográfica de varios de los temas más importantes de la literatura oral de los indígenas de América”.

El benemeritazgo fue entregado a los familiares de Margery Peña. El académico llegó a Costa Rica en 1974 procedente de Chile, de donde huyó por razones políticas.

Ejerció la docencia universitaria hasta el año 2003. Fue director del Departamento de Lingüística, del postrado en esa especialidad, Decano de Letras y editor de la *Revista de Filología y Lingüística*. ■



El Dr. Fernando Morales Montero, coordinador de la Sección de Genética del Inisa, y la Dra. Vanesa Ramírez intercambian puntos de vista en el laboratorio de electrofisiología (foto Rafael León).

## Inisa investiga enfermedades musculares con nuevo laboratorio

*Luis Fernando Vargas Vega*

**L** El Instituto de Investigaciones en Salud (Inisa) de la Universidad de Costa Rica (UCR) puso en funcionamiento en el 2014 el laboratorio de electrofisiología, producto de años de esfuerzo y colaboración nacional e internacional.

Con el nuevo laboratorio, el equipo de investigadores de la Sección de Genética del Instituto, junto con otros investigadores colaboradores de la UCR, profundizará en el estudio de las enfermedades musculares hereditarias, específicamente las canalopatías (trastornos de la excitabilidad de la membrana muscular).

“Desde hace muchos años investigamos un grupo de enfermedades musculares, en una de las cuales su base genética se encuentra en un gen que codifica para una proteína que transporta iones de cloruro. La identificación de mutaciones en este gen nos ayuda a una clasificación clínica correcta de muchos de estos pacientes y a explicar algunos de sus síntomas”, afirmó el Dr. Fernando Morales Montero, coordinador de la Sección.

“A nivel internacional, el reporte de las mutaciones ya no es suficiente: es necesario presentar el análisis funcional; es decir, brindar datos más contundentes de cómo la mutación modifica la función de la proteína para explicar los síntomas de los pacientes. Tal es la razón que nos motivó a esforzarnos por conseguir el equipo para realizar este procedimiento”, detalló Morales.

Para el establecimiento de este laboratorio se contó con el apoyo de la Vicerrectoría de Investigación de la UCR, que aportó el dinero para la compra de los equipos necesarios.

También, indispensable para el proyecto fue el apoyo del Dr. Michael Pusch, investigador del Instituto de Biofísica de Génova, Italia, quien ha trabajado el campo de la electrofisiología desde hace 20 años: “Tenemos contacto con él desde el 2009. Nos ha ayudado en la definición de las características técnicas del equipo que tuvimos que adquirir. A su vez, Pusch nos visitó a finales de octubre pasado (2014). Impartió una conferencia y nos ayudó a revisar los equipos y las conexiones, para cerciorarse de que todo estuviese en orden”, explicó el investigador del Inisa.

Asimismo, el Dr. Walter Stühmer, del Instituto Max Planck (Alemania), colaboró con materiales y otro equipo que trajo a Costa Rica durante su visita en el 2013.

“La electrofisiología es útil en el estudio de la actividad eléctrica de las neuronas, células musculares, en fin, todo lo que tenga que ver con corrientes eléctricas. Queremos que el laboratorio siga creciendo y que esté disponible a la comunidad científica nacional”, comentó Morales. ■



DE LA  
PORTADA



Casi una tercera parte de las 14 000 hectáreas sembradas de arroz en la zona sur del país se encuentran en los alrededores del Humedal Térraba-Sierpe, lo que contribuye a su contaminación con residuos de plaguicidas (foto Ibox Sánchez).



La laguna de Sierpe atrae a turistas nacionales y extranjeros, quienes realizan recorridos para apreciar los bosques de manglar y diferentes especies de animales (foto Ibux Sánchez).

## Plaguicida usado en piña presente en Humedal Térraba-Sierpe

**Mientras unos se comen la piña, a otros les duele la “panza”. Este refrán describe el impacto que en el Humedal Térraba-Sierpe están provocando los plaguicidas utilizados en la agricultura extensiva de la zona sur del país, según un estudio de la Universidad de Costa Rica (UCR). Este mostró la presencia de residuos de bromacil y ametrina, que se usan en la producción de piña y caña de azúcar, respectivamente.**

Patricia Blanco Picado  
[patricia.blancopicado@ucr.ac.cr](mailto:patricia.blancopicado@ucr.ac.cr)

**E**n los alrededores del Humedal no se siembra piña ni caña de azúcar, ni tampoco los productores han reportado el uso de estos plaguicidas en la siembra de arroz, palma africana, plátano o banano, pues estas sustancias no están indicadas para ninguno de estos cultivos.

Entonces, ¿de dónde proceden? Los investigadores aseguran que las trazas de ambos herbicidas son transportadas por los sedimentos y el agua hasta el Humedal. El bromacil probablemente salió de los cultivos de piña de la cuenca alta del río Grande de Térraba, en los cantones de Buenos Aires y Pérez Zeledón.

Este es uno de los hallazgos principales de la investigación *Estudios en economía agrícola, salud y ambiente*, que tiene como objetivo contribuir al conocimiento de las relaciones entre la agricultura, la salud humana y la salud de los ecosistemas en el Humedal Térraba-Sierpe, ubicado en el cantón de Osa, provincia de Puntarenas.

La identificación de este tipo de sustancias en puntos asociados con el Grande de Térraba es un indicador no solo del alto grado de contaminación de este río, sino que también sirve para alertar a las autoridades y a la población sobre la eventual



Los resultados de la investigación han sido expuestos por los investigadores universitarios en las comunidades cercanas al Humedal, en instituciones estatales y a productores (foto Ibus Sánchez).

presencia de los ingredientes activos de esos productos en los organismos vivos, como los peces u otras especies de consumo humano.

“El río Grande de Térraba tiene una carga muy alta de sedimentos probablemente debido en parte a la erosión del suelo en los cultivos de piña, que es una de las consecuencias reportadas para este tipo de actividad productiva. El país debe buscar una solución al problema de la piña”, consideró el M.Sc. Alejandro Muñoz Rivera, biólogo del Centro de Investigación en Contaminación Ambiental (CICA).

Muñoz participa en el estudio junto a un equipo interdisciplinario de especialistas compuesto por ingenieros agrónomos, economistas agrícolas, microbiólogos y biólogos del Centro de Investigación en Economía Agrícola y Desarrollo Empresarial (Cieda) y del CICA, de la UCR. El estudio se enmarca en los proyectos adscritos al Programa Institucional Osa-Golfo Dulce (Piosa). Se inició en 2013 y concluye en 2016.

El coordinador del proyecto e investigador del Cieda, M.Sc. Gerardo Cortés Muñoz, explicó que el trabajo comprende la caracterización de los sistemas agropecuarios localizados en las áreas aledañas al Humedal, con el fin de conocer las prácticas agrícolas de las principales actividades

productivas y su impacto social, económico y ambiental en la zona.

Hasta el momento se ha trabajado con dos sistemas productivos: arroz y palma africana; queda pendiente el análisis de los otros dos escogidos: ganadería de carne y plátano.

La evaluación de la calidad del agua, elemento que une a todos los ecosistemas del lugar, de la contaminación con plaguicidas y con otros agentes les ha permitido a los investigadores llegar a algunas conclusiones sobre el estado actual del Humedal, sitio Ramsar de importancia internacional que el país debe proteger.

### **Sistemas productivos**

El estudio parte del concepto de la agricultura como un agrosistema, dentro del cual el productor es un actor relevante. De allí que se realizan diagnósticos de las prácticas agrícolas: cómo siembran, cómo fertilizan, cómo controlan las plagas y las enfermedades, entre otros aspectos. “De estas prácticas se generan desechos orgánicos, de fertilizantes y agroquímicos, que salen del sistema productivo y ocasionan impactos en los ecosistemas”, expresó Cortés.



Como parte de la metodología para analizar la calidad del agua del Humedal Térraba-Sierpe, ubicado en el cantón de Osa, los investigadores definieron nueve puntos de muestreo, según parámetros como el uso del suelo (fuente M.Sc. Gerardo Cortés).

Según el economista agrícola, algunos de estos efectos se derivan del uso intensivo del suelo que por casi 60 años realizó la Compañía Bananera durante el siglo pasado en la zona sur. “Hay una historia agrícola con gente que resultó afectada por el uso de productos prohibidos. Cuando la Compañía se fue (a principios de los años 80), surgieron asociaciones, cooperativas y empresas privadas que tomaron esas tierras y empezaron a producir y a diversificar”, comentó.

Además de lo ambiental, se evalúa la parte socioeconómica del sistema productivo. “Bien o mal –opinó Cortés– esas actividades agrícolas generan empleo y riqueza regional, y eso es importante para el país”.

En la actualidad, en esa región hay sembradas 14 000 hectáreas de arroz y casi la tercera parte están en los alrededores del Humedal. También existen grandes extensiones de palma africana (más de 7000 hectáreas), cultivo que ha crecido de forma considerable en las últimas décadas.

La pesca artesanal de piangua –que se comercializa en el mercado nacional– es un recurso natural muy importante para la supervivencia de las comunidades de la zona. Asimismo, la ganadería de carne y el turismo,

asociado a los manglares y a las esferas precolombinas, contribuyen a la economía de la zona y a la generación de empleo, precisó el especialista.

Sigue habiendo un problema de tenencia de la tierra, ya que una gran cantidad de fincas que pertenecen al Estado fueron invadidas.

“Hay impactos que vienen desde hace mucho tiempo. La gente se ha ‘comido’ los manglares para sembrar, lleva sus cultivos hasta las orillas de los ríos. Para ellos esto es normal, es con lo que han vivido toda su vida”, señaló Alejandro Muñoz.

### Calidad del agua

Para la obtención de información sobre la calidad del agua, los investigadores seleccionaron nueve puntos de muestreo (ver mapa) dentro del Humedal, de acuerdo con parámetros como el uso del suelo, características de los sistemas productivos y su relación con los cuerpos de agua.

Ellos recogen estas muestras dos veces al año: en la estación seca y en la lluviosa y las analizan en los laboratorios de Calidad de aguas, Ecotoxicología y Residuos de plaguicidas del CICA.





El estudio comprendió la caracterización de los sistemas agropecuarios localizados en las áreas aledañas al Humedal, con el fin de conocer las prácticas agrícolas y su impacto social, económico y ambiental en la zona (foto Ibux Sánchez).

Muñoz detalló que contemplan la contaminación orgánica e inorgánica del agua. Para ello analizan factores físico-químicos, tales como la acidez, temperatura, cantidad de sedimentos disueltos, nitratos, nitritos, fosfatos y otras sustancias ligadas a fertilizantes.

Además, examinan diferentes propiedades del agua según la familia y la cantidad de organismos invertebrados encontrados en ella, los cuales presentan diferentes grados de sensibilidad a la contaminación. Por medio de estos bioindicadores se detectan cambios y se evalúa el efecto de distintos tipos de contaminación de los cuerpos de agua sobre los organismos presentes en estos.

Si en los monitoreos se observa que hay presencia de estos organismos y en algún momento la situación cambia, significa que algo puede estar pasando, aclaró Muñoz.

En relación con los plaguicidas –agregó– se hace el reconocimiento de moléculas o ingredientes activos de los productos y sus concentraciones; es decir, de los residuos que quedan en el ambiente.

Por último, se efectúa un análisis microbiológico del agua para detectar coliformes totales y fecales y *Escherichia coli*, bacteria presente en los intestinos de humanos y de animales de sangre caliente y, por ende, un indicador de contaminación fecal. ■

### Importancia del Humedal

-El Humedal Térraba-Sierpe fue declarado en 1995 Sitio Ramsar por su riqueza natural, por lo que el país adquirió el compromiso internacional de su conservación y uso sostenible.

-Con más de 32 000 hectáreas, es el manglar más grande de la costa del Pacífico costarricense.

-Está conformado por la cuenca baja del río Grande de Térraba y el río Sierpe. Ambos forman el Delta del Diquís.



---

## Contaminación del Humedal

---

Los primeros resultados del estudio revelan la presencia de trazas de fungicidas, insecticidas y herbicidas, entre los cuales sobresale el bromacil en varios puntos del muestreo. También se identificaron residuos de los insecticidas clorpirifó y forato, del fungicida triadimefón y de insecticidas aplicados en la siembra de arroz.

En cuanto a la palma africana, los especialistas señalaron que se trata de un cultivo con un crecimiento desmedido, ya que todas las fincas improductivas y grandes plantaciones de arroz se están convirtiendo en palmares.

El principal problema asociado al cultivo de palma es la pérdida de biodiversidad, ya que es común que los cultivos invadan los terrenos del Humedal, cuya área no está bien demarcada.

La interpretación de los análisis de aguas dio como resultado agua “muy mala, extremadamente contaminada” en el punto de muestreo ubicado cerca del puente sobre el río Térraba, que es por donde ingresan las aguas de este río al Humedal. Aquí solamente se identificaron tres familias de organismos durante el muestreo realizado en abril del 2014: mosquitos de la familia Chironomidae, caracoles de la familia Thiaridae y libélulas de la familia Gomphidae.

La mayoría de los lugares muestreados asociados a cultivos se encuentran en categorías muy bajas y únicamente los ríos que drenan la laguna Sierpe presentan una calidad de agua “regular”, según el índice BMWP-CR, utilizado para interpretar los resultados del biomonitoreo. En esta área de manglares y de donde se extraen la pianguas, se reconocieron 15 familias de invertebrados.

Los coliformes fecales fueron identificados en tres sitios con valores superiores a 2000 NMP/100 mL, lo que significa, según el Reglamento para la evaluación y clasificación de la calidad de cuerpos de agua superficiales de la Ley General de Salud, que es agua con contaminación severa; por lo tanto, no debe utilizarse para consumo humano, acuicultura, actividades recreativas o como fuente de conservación de las comunidades acuáticas.

En la laguna de Sierpe se identificó *E. Coli* en una cantidad de 1986,3 NMP/100 mL, agua que puede usarse para consumo humano solo con desinfección. En el resto de puntos muestreados el agua presentó una contaminación moderada, de 1000 a 2000 NMP/100 mL.

De acuerdo con la microbióloga Paula Alfaro Montero, investigadora del CICA, es importante diferenciar los coliformes totales de los fecales. Los primeros se encuentran en la tierra y en las heces, por lo que no son necesariamente un riesgo, mientras que los segundos, como la *E. coli*, aparecen cuando hay contaminación por materia fecal, lo que sí representa un riesgo para la salud humana.

Los resultados de la investigación han sido expuestos en las comunidades ubicadas cerca del Humedal, en instituciones estatales y en talleres de capacitación con productores. Sin embargo, el grupo más importante de abordar y el de más difícil acceso es la “gran agricultura”; es decir, los agricultores con fincas que oscilan entre las 300 y las 2000 hectáreas, concluyeron los investigadores.



---

Especial  
sobre  
Cambio  
Climático

---



ESPECIAL  
CAMBIO  
CLIMÁTICO

---

## UCR se adentra en el estudio del cambio climático desde diferentes disciplinas

---

**Aunque no existe una política institucional explícita de apoyar proyectos que se presenten en relación con el cambio climático, lo cierto es que la trascendencia del tema es tal, que la Universidad de Costa Rica (UCR) en los últimos 15 años se ha acercado a él desde diferentes aristas.**

*Lidiette Guerrero Portilla  
lidiette.guerrero@ucr.ac.cr*

---

**D**e acuerdo con los datos aportados por la Vicerrectoría de Investigación, entre los años 2000 y 2014 se realizaron 22 estudios en torno al cambio climático y en la actualidad 21 trabajos científicos se llevan a cabo en diferentes centros de investigación de la UCR y otros con participación de científicos de las otras universidades públicas (**ver listados**).

El término cambio climático lo cita actualmente la población con mucha frecuencia, incluso en sus conversaciones cotidianas, cuando hacen alusión a los cambios que notan en el patrón histórico de lluvias o de temperaturas, por ejemplo.

Las primeras alertas en relación con probables cambios que se preveían en el mundo como consecuencia del daño a la capa de ozono, producto del incremento en la contaminación atmosférica producida por la liberación de gases de efecto invernadero, comenzaron hace unos 40 años.

Luego se enfatizó en el calentamiento global del planeta y se supo que la oscilación de las temperaturas en el océano Pacífico tropical es lo que genera el Fenómeno ENOS (Niño Oscilación Sur). Ese fenómeno climático ha hecho comprender a la población en poco tiempo lo que



La UCR ha estudiado en los últimos años las causas, efectos, variabilidad climática, condiciones oceanográficas y vulnerabilidad de algunas regiones, entre otros aspectos relacionados con el cambio climático (foto archivo ODI).

---

significa estar bajo sus efectos extremos, como son el “Niño” y la “Niña”, y con ellos la escasez de lluvias o sequías en algunas zonas tropicales y luego las abundantes precipitaciones que caen en muy corto tiempo, que generan inundaciones en lugares en donde quizás jamás las hubo.

En mayor o menor medida, también otros países del mundo sufren esos cambios drásticos en sus patrones históricos de lluvia.

### Un tema relevante

Los académicos e investigadores de la UCR han examinado en los años anteriores las causas, efectos, variabilidad climática, vulnerabilidad de algunas regiones y condiciones oceanográficas, entre muchos otros aspectos relacionados con el cambio climático.

El conocimiento que se ha generado al respecto en el país permite discutir en diferentes foros académicos nacionales e internacionales los cambios observados en cultivos bajo el sol y en los que están bajo la sombra, la disminución considerable de lluvia en la región del Pacífico norte, los problemas en el control de plagas en los sembradíos a causa de sequías o



La sobreexplotación de los recursos hídricos incide en la escasez de agua en algunas regiones del país (foto archivo ODI).

lluvias excesivas, así como el aumento en las temperaturas ambientales en regiones específicas, como es el volcán Irazú o el Cerro de la Muerte.

No obstante, aún necesitan monitorear aves, analizar efectos en el bosque, en el oleaje, la vegetación, los cultivos y hacer mediciones y proyecciones climáticas para el país y para la región, que confirmen o desechen las tendencias que se hacen en relación con los próximos cinco, diez o 20 años.

La vicerrectora de Investigación, Dra. Alice Pérez Sánchez, consideró que el cambio climático es uno de los temas recurrentes en el quehacer universitario y que por esa razón se le asignan los recursos económicos para financiarlos.

Asimismo, desde el Consejo Nacional de Rectores (Conare) se financian siete investigaciones con participación de científicos de todas las instituciones de educación superior pública, quienes trabajan de forma coordinada.

Además, gracias a una convocatoria abierta que realiza el Consejo Superior Universitario Centroamericano (CSUCA), en el 2014 se financiaron con fondos suizos dos proyectos que resultaron ganadores y que se llevan a cabo en las escuelas de Geografía y de Geología de la UCR. ■



Los deslizamientos son un factor de riesgo para amplios sectores de la población, especialmente los de menores ingresos que viven en zonas no aptas para ser habitadas (foto archivo ODI).

---

## Investigaciones sobre cambio climático realizadas en la UCR 2000-2014

---

Del 2000 al 2014 se llevaron a cabo un total de 22 proyectos que abordan el fenómeno del cambio climático desde distintas áreas, y que fueron inscritos en la Vicerrectoría de Investigación de la UCR.

---

- *Valoración económica del impacto de la variabilidad climática inter-anual en el cultivo de granos básicos en Costa Rica a través del uso de modelos.* Marcos Adamson Badilla, Instituto de Investigaciones en Ciencias Económicas, 2001.
- *Causas y efectos del cambio climático en Costa Rica. Incrementos de los desastres e impacto en la disponibilidad de los recursos hídricos subterráneos.* Asdrúbal Vargas Sanabria, Escuela Centroamericana de Geología, 2002.
- *Relaciones de la actividad solar y algunas variables climáticas.* Javier Bonatti González, Centro de Investigaciones Geofísicas, 2002.
- *El cambio climático y su repercusión en los planes de ordenamiento territorial.* Giovanni Peraldo Huertas, Escuela Centroamericana de Geología, 2003.
- *Estudio de algunos parámetros climáticos en Centroamérica y el Caribe y su relación con fenómenos de escala sinóptica y planetaria.* Jorge Amador Astúa, Centro de Investigaciones Geofísicas, 2004.
- *Desarrollo del diagnóstico biofísico para el proyecto: adaptación del sector hídrico al cambio climático en Costa Rica.* Rosendo Pujol Mesalles, Escuela de Ingeniería Civil, 2004.
- *Diagnóstico de los efectos del cambio climático en la zona costera del Pacífico Central de Costa Rica.* Guaria Cárdenes Sandí, Escuela Centroamericana de Geología, 2005.
- *Estudio climático de parámetros atmosféricos y oceánicos en la Isla del Coco, Costa Rica y zonas adyacentes.* Eric Alfaro Martínez, Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología, 2007.
- *Variabilidad climática, modelado y predicción de hidro-climatología regional.* Jorge Amador Astúa, Centro de Investigaciones Geofísicas, 2008.
- *Formación científico-técnica para la identificación de áfidos en general, (potenciales plagas, indicadores de cambio climático) en Centroamérica,* William Villalobos Müller, Centro de Investigación en Biología Celular y Molecular, 2009.
- *Impactos en las costas de Costa Rica del aumento del nivel del mar relacionado con el cambio climático,* Omar Lizano Rodríguez, Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología, 2010.
- *El clima en la historia de Costa Rica: trayectoria y percepciones (1860-1940).* William Anthony Goebel Mcdermott, Centro de Investigaciones Geofísicas, 2010.
- *Incorporación de resultados de análisis de vulnerabilidad actual y futura y medidas de adaptación del sistema hídrico al cambio climático.* Rosendo Pujol Mesalles, Escuela de Ingeniería Civil, 2012.
- *Generación de cinco estudios de caso en Costa Rica, incluyendo perfiles de proyectos de medidas de adaptación al cambio climático,* Rosendo Pujol Mesalles, Escuela de Ingeniería Civil, 2012.
- *Las condiciones oceanográficas, limnológicas, climáticas, y ecológicas en los puertos de Limón-Moín (1502) y Suerre-Matina (1602-1750), según se infieren de relatos escritos, mapas, y otros documentos,* José Antonio Vargas Zamora, Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología, 2012.
- *Identificación de variedades útiles y desarrollo de material de mejora genética de papa adaptada a estreses bióticos y abióticos provocados por el cambio climático.* Arturo Brenes Angulo, Centro de Investigaciones Agronómicas, 2013.
- *Generación de escenarios de cambio climático en la Isla del Coco, corredor de conservación marina del Pacífico Tropical del Este,* Arturo Brenes Angulo, Centro de Investigaciones Agronómicas, 2013.
- *Desarrollo de un sistema de modelado dinámico para la predicción de la variabilidad climática estacional y del cambio climático.* Jorge Amador Astúa, Centro de Investigaciones Geofísicas, 2013.
- *Clima, variabilidad y cambio climático en la Vertiente Caribe de Costa Rica: un estudio básico para la actividad bananera.* Jorge Amador Astúa y Francisco Soley Alfaro, Centro de Investigaciones Geofísicas, 2013.
- *Generación de información técnico-científica para determinar la factibilidad del cultivo de *Jatropha curcas* (tempate) en Costa Rica para su uso como fuente de energía alternativa y mitigación del cambio,* Álvaro Ureña Padilla, Estación Experimental Fabio Baudrit, 2013.
- *Caracterización del ciclo hidrológico de los bosques tropicales: transporte de humedad, distribución de precipitación y respuesta a la variabilidad climática,* Ana María Durán Quesada, Centro de Investigaciones Geofísicas, 2014.
- *La variabilidad del plancton en lagos neotropicales en respuesta a las variaciones del clima, a cargo de Gerardo Umaña Villalobos del Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología,* 2014.

Fuente: Vicerrectoría de Investigación.

---



## Investigaciones sobre cambio climático en desarrollo

### Con financiamiento de la Vicerrectoría de Investigación de la UCR

- *Monitoreo de aves y anfibios en el gradiente altitudinal de la Reserva Alberto Manuel Brenes, implicaciones en el contexto de cambio climático. Viviana Sánchez Ulate, Sede de Occidente.*
- *Observaciones fenológicas como evidencia del cambio climático en el sotobosque de la Reserva Biológica Alberto Manuel Brenes. Antonieta González Paniagua, Sede de Occidente.*
- *Las clínicas de Derecho Ambiental y gestión de riesgos climáticos a través de una cultura jurídica de la sostenibilidad y no regresión. Mario Peña Chacón, Instituto de Investigaciones Jurídicas.*
- *Medición y caracterización del clima de oleaje en el Pacífico costarricense. Georges Govaere Vicarioli, Instituto de Investigaciones en Ingeniería.*
- *Adaptar cultivos propagados vegetativamente a cambios climáticos y comerciales, Francisco Saborío Pozuelo, del Centro de Investigaciones Agronómicas.*
- *Análisis morfofuncional y estructural de la vegetación en respuesta al cambio climático en dos ecosistemas tropicales de alta montaña. Marco Gutiérrez Soto, Estación Experimental Fabio Baudrit.*
- *Condiciones climáticas y la productividad de un hato Jersey. Rodolfo Wing Ching Jones, Centro de Investigación en Nutrición Animal.*
- *Áfidos: biosensores y modelos para el estudio del cambio climático y la transmisión de virus. Mauricio Montero Astúa, Centro de Investigación en Biología Celular y Molecular.*
- *Consolidación de un laboratorio nacional de referencia para la determinación de gases de efecto invernadero como soporte a la Estrategia Nacional de cambio climático de Costa Rica. Ana Gabriela Pérez Castillo, Centro de Investigación en Contaminación Ambiental.*
- *Proyecciones de alta resolución de cambio climático en Centroamérica usando modelos CMIP5. Hugo Hidalgo León, Centro de Investigaciones Geofísicas.*
- *Begomovirus, tospovirus y sus vectores presentes en cultivos de tomate y de chile dulce en Costa Rica: aplicación de información agroclimatológica y poblacional de los virus y sus vectores. David Esker Paul, Centro de Investigación de Protección de Cultivos.*
- *Estudio de los sistemas de gestión de calidad, inocuidad y ambiente como herramientas para mitigar los impactos del sector salud y el cambio climático. David Gómez Castillo, Centro de Investigación en Economía Agrícola y Desarrollo Agroempresarial.*

### Con financiamiento del Consejo Nacional de Rectores (Conare)

- *Efecto del cambio climático en la producción de hortalizas en Costa Rica*  
Investigadores participantes:  
*Lic. Juan Félix Argüello Delgado, Escuela de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional (UNA)*  
*M.Sc. José Eladio Monge Pérez, Estación Experimental Fabio Baudrit-Universidad de Costa Rica (UCR)*  
*M.Sc. Milton Solórzano, Escuela de Ingeniería Agrícola-Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR)*
- *Monitoreo estacional del bosque en Costa Rica mediante sensores remotos ante el cambio climático*  
Investigadores participantes:  
*Dr. Mauricio Vega Araya, Instituto de Investigación y Servicios Forestales, UNA*  
*Dr. Javier Bonatti, Centro de Investigación en Ciencias Atómicas, Nucleares y Moleculares, Cicanum-UCR*
- *Modelo silvopastoril, carbono neutral de producción de carne, madera y energía biomásica*  
Investigadores participantes:  
*Ing. Wilfrido Paniagua Escuela de Agronomía, TEC*  
*Ing. Augusto Rojas Bourrillon, Escuela de Zootecnia-UCR*  
*Ing. Eugenio Corea Arias, Instituto de Investigación y Servicios Forestales-UNA*
- *Grado de vulnerabilidad de las redes de interacción planta-polinizador al cambio climático en páramos de Costa Rica*  
Investigadores participantes:  
*María Alejandra Maglianesi, Vicerrectoría de Investigación, Universidad Estatal a Distancia (UNED)*  
*Dr. Paul Hanson, Escuela de Biología, UCR*  
*Alexander Rojas Alvarado, Escuela de Ciencias Biológicas, UNA*  
*Paola Solera Steller, Escuela de Biología, ITCR*



- *Emisiones de gases efecto invernadero: mejoramiento de métricas en acciones de mitigación y adaptación al cambio climático*  
Investigadores participantes:  
Dr. Jorge Herrera Murillo-Escuela de Ciencias Ambientales, UNA  
M.Sc. Javier E. Rodríguez Yáñez, Laboratorio de Ecología Urbana, UNED  
Ing. Carlos Ramírez Vargas -Escuela de Ingeniería en Agronomía, ITCR
- *Generación de energías limpias más eficientes: Celdas solares de tercera generación basadas en nanoestructuras de carbono*  
Investigadores participantes:  
Dr. Víctor Hugo Soto Tellini, Escuela de Química, UCR  
Carlos Redondo, Lanotec, Cenat-Conare  
M.Sc. Christian Chaverri Ramos, Departamento de Física, UNA
- *Factores que contribuyen con la emisión de gases efecto invernadero en el bosque seco y su interrelación con la integridad del ecosistema.*  
Investigadores participantes:  
Braulio Vílchez, Escuela de Ingeniería Forestal, ITCR  
Roberto Antonio Cordero Solórzano, Escuela de Ciencias Biológicas, UNA  
Andrea Vincent Rossi-Escuela de Ciencias Biológicas, UNA  
Cristina Chinchilla Soto, Centro de Investigaciones en Contaminación Ambiental/ Escuela de Agronomía, UCR  
Ana Gabriela Pérez Castillo, Centro de Investigaciones en Contaminación Ambiental/ Escuela de Agronomía, UCR.

---

## Investigaciones en desarrollo sobre cambio climático y gestión del riesgo

---

### Con financiamiento de Suiza, como ganadoras de la convocatoria del Consejo Superior Universitario de Centroamérica (CSUCA)

- *Dimensionamiento de la infraestructura y arquitectura de información nacional para la prevención y gestión del riesgo costarricense. Mario Fernández Arce, Programa de Información Científica y Tecnología Satelital al Servicio de Prevención y Mitigación de Desastres (Preventec).*
- *Mapa del peligro volcánico preliminar del volcán Barú, peligros asociados. Raúl Mora Amador, Escuela de Geología.*

Fuente: Vicerrectoría de Investigación  
Recopilación: Lidiette Guerrero Portilla

La infraestructura vial ha recibido el impacto de los efectos del cambio climático. Este es uno de los temas analizados por especialistas de la UCR (foto archivo ODI).





La ganadería aporta una cantidad importante de emisiones de gases que producen el calentamiento global (foto archivo ODI).

## Cambio climático, una oportunidad y un reto para el sector agropecuario

**Costa Rica, al igual que otras naciones del mundo, ha tenido que adoptar una serie de medidas para enfrentar los efectos del cambio climático. Sin embargo, este fenómeno también podría representar un estímulo para el mejoramiento socioeconómico y el desempeño ambiental del sector agropecuario costarricense.**

María Eugenia Fonseca Calvo  
[patricia.blancopicado@ucr.ac.cr](mailto:patricia.blancopicado@ucr.ac.cr)

**A** esta tarea se han sumado un grupo de investigadores e investigadoras del Centro de Investigaciones en Contaminación Ambiental (CICA) de la

Universidad de Costa Rica (UCR), quienes participan en el proyecto interdisciplinario *Consolidación de un Laboratorio Nacional de Referencia para la determinación de gases con efecto invernadero como soporte a la estrategia nacional de cambio climático de Costa Rica*.

El grupo es coordinado por la química ambiental Ana Gabriela Pérez Castillo, y participan la especialista en suelos, metabolismo y agroecología Cristina Chinchilla Soto, el ingeniero agrónomo Ronny Barboza Mora, el ingeniero químico José Manuel Monge Carvajal y el físico Germán Vidaurre Fallas. Además, colaboran estudiantes de la Escuela de Química y de la Facultad de Ciencias Agroalimentarias.

Según indicó Pérez, el laboratorio surgió en el 2011 como parte de las líneas de trabajo del CICA y en respuesta a la necesidad del país de evaluar posibles prácticas de mitigación para las emisiones de gases con efecto invernadero (GEI), que se pudieran llevar a cabo sobre todo en el sector agropecuario. Asimismo, determinar factores nacionales de emisión de gases, en relación con el tipo de suelo, el clima, la temperatura y las prácticas de manejo agropecuario.

De manera que se plantearon la urgencia de trabajar en un área en la que era poco lo que se

estaba haciendo en el país y en la cual podían aportar y apoyar los esfuerzos de la Dirección de Cambio Climático del Ministerio de Ambiente y Energía (Minae) y del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), por alcanzar la meta de Costa Rica de ser carbono neutro en el 2021.

Además, como respuesta al hecho de que la Universidad debe generar sinergias con su investigación y acción social, que favorezcan la labor del Gobierno en este campo.

### **Consolidación del Laboratorio Nacional**

La M.Sc. Pérez indicó que a partir del análisis que hicieron de la realidad nacional, empezaron a fortalecer las capacidades del recurso humano del laboratorio con el apoyo de las autoridades universitarias.

Como parte de estas acciones, se realizó una pasantía en Argentina con la Dra. Gabriela Posse, del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, y en el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Chile, con la Dra. Marta Alfaro, líder latinoamericana en el seguimiento del intercambio de prácticas de mitigación de GEI en actividades agropecuarias.

Posteriormente, con el apoyo del Programa de Visitantes Académicos de la UCR, la Dra. Alfaro estuvo en Costa Rica para ofrecer un curso y apoyar el trabajo. En el 2014 vino nuevamente al país, gracias a la colaboración del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), con el fin de analizar la validación de los métodos

de muestreo y análisis científicos llevados a cabo por el CICA.

Como parte del proceso, el Laboratorio y la Dirección de Cambio Climático y con el Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA), del MAG, han dado seguimiento a algunos tratamientos en ganadería de leche para determinar los factores de emisión.

Para ello, la Dra. Pérez señaló que se adquirieron equipos para medir en el campo las emisiones de gases con efecto invernadero, como el óxido nitroso, metano, dióxido de carbono y amoníaco; este último, aunque no es en sí un GEI, en el ambiente puede reaccionar y generar óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). En la compra de estos equipos se contó con el aporte de 285 000 euros de la OIEA y una contrapartida de 90 000 euros de la UCR.

Asimismo, se compraron equipos isotópicos para darle seguimiento al carbono 13 y al nitrógeno 15, con el propósito de ver cómo es que ocurren los procesos y de dónde provienen los GEI exactamente. Por ejemplo, si el N<sub>2</sub>O se origina del nitrógeno del suelo o del fertilizante. Dichos equipos están diseñados para medir en el campo y en tiempo real, y eventualmente hacer seguimientos continuos durante 24 horas los siete días de la semana.

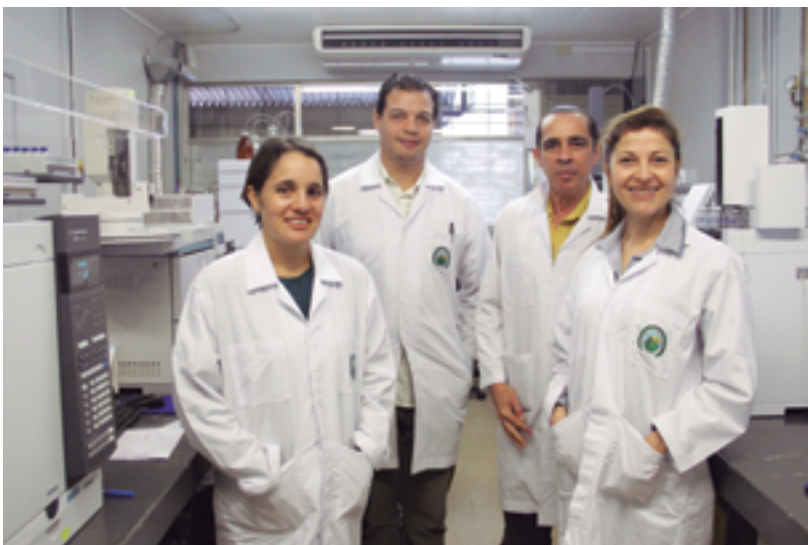
Además, se realizó una pasantía en el centro de investigación Rothamsted Research, North Wyke, en Inglaterra, con el fin de capacitarse en diseños experimentales y de análisis de GEI y en el uso de equipos, y en Alemania. Además, este año se contará con la visita de tres expertos para implementar ensayos en el campo con los nuevos equipos.

“La meta es contar a fines del 2015 con un buen recurso humano, un buen equipo, una buena difusión científica y estar a la altura de grupos de investigadores a nivel internacional”, recalzó Pérez.

### **Acciones en el campo de la ganadería**

A raíz de la consolidación del Laboratorio, se inició una segunda etapa que les ha permitido integrarse a grupos de investigadores de otros países, expresó Pérez.

Uno de los resultados fue la participación de la Dra. Cristina Chinchilla en una reunión en Austria, para la revisión de todos los tratamientos



La M.Sc. Ana Gabriela Pérez con el equipo de investigadores conformado por la Dra. Cristina Chinchilla, el Ing. Químico José Manuel Monge y el Ing. Agrónomo Ronny Barboza (foto Anel Kenjekeeva).



y ensayos. También se contará con la visita del Dr. Mohammad Zaman, de Nueva Zelanda, con el mismo objetivo.

Agregó que se trata de un proyecto con el OIEA, que se podría extender por cinco años, y que les permitirá estar en un grupo de élite en este campo.

Gracias a esta propuesta, la investigadora participó en la construcción de las acciones de mitigación apropiadas para el sector de ganadería (*Nama Ganadería Costa Rica*). Además se participa en el Programa de Investigación en Transferencia Tecnológica (PITA) de ganadería baja en carbono, del MAG.

De acuerdo con Pérez, la ganadería es importante porque el sector agropecuario aporta una cantidad considerable de emisiones de gases que producen el calentamiento global, según el inventario nacional de emisiones.

De manera que se puede alcanzar un incremento socioeconómico, mediante la implementación de mejoras en el desempeño ambiental del sistema productivo.

Pérez añadió que no solo es muy importante que se lleven a cabo medidas de mitigación, sino también poder demostrarlas, para lo cual el Laboratorio del CICA tiene la capacidad de hacer la medición y dar seguimiento.

Otro proyecto internacional que se iniciará durante el presente año está vinculado con el desempeño ambiental de la ganadería de doble propósito, desde el punto de vista de la disminución de sus emisiones, su ecocompetitividad y su adaptación ante las repercusiones negativas del cambio climático.

Además de las iniciativas mencionadas, la investigadora comentó que se llevan a cabo estudios en parques nacionales para dar seguimiento a las emisiones del bosque y compararlas con lo que está pasando a nivel productivo. También han vinculado la investigación con la docencia en diversos cursos que imparten. ■



El CICA realiza estudios en parques nacionales para dar seguimiento a las emisiones del bosque y compararlas con lo que está pasando en el campo productivo (foto archivo ODI).

---

## Gases con efecto invernadero

---

*Según la M.Sc. Ana Gabriela Pérez, la temperatura del planeta está regulada por la radiación solar que ingresa a la Tierra y por la que queda atrapada por la atmósfera.*

*A raíz de la combustión de los vehículos, de la aplicación de fertilizantes, de la producción de energía y de la actividad humana en general, la composición de la atmósfera se ha visto afectada y ahora es capaz de atrapar mayor cantidad de luz infrarroja, que usualmente se conoce como calor.*

*En este sentido, apuntó, al aumentar la concentración de los gases con efecto invernadero (GEI), los cuales atrapan la radiación infrarroja y permanecen mucho tiempo en la atmósfera, se pierde menos calor de la Tierra hacia el espacio, lo que genera un aumento paulatino en la temperatura.*

*"Estos gases son emitidos por diversas fuentes, pero el transporte es la más importante. Tenemos que tener conciencia que cada uno de nosotros que conduce un vehículo y quema combustible contribuye con el cambio climático. De allí que todo lo que hagamos para promover el transporte colectivo de personas es bueno", aseguró la M.Sc. Ana Gabriela Pérez, investigadora del Centro de Investigaciones en Contaminación Ambiental (CICA) de la UCR.*

# Río Abangares, fuente de información sobre cambio climático

---

**Al río Abangares se le puede considerar una cuenca experimental, debido a la gran cantidad de estudios realizados en los últimos 14 años sobre los componentes y el caudal de sus aguas, que hacen de él una fuente de información de gran importancia para la zona ecuatorial del mundo.**

*Elizabeth Rojas Arias*  
[elizabeth.rojas@ucr.ac.cr](mailto:elizabeth.rojas@ucr.ac.cr)

---

**A**ctualmente se lleva a cabo un proyecto de investigación denominado *Manejo integral del recurso hídrico en la cuenca del río Abangares para su utilización prioritaria en consumo humano*. El desarrollo del proyecto conllevó la firma de un convenio entre la Municipalidad de Abangares, Guanacaste, y la Universidad de Costa Rica (UCR), con el fin de utilizar el área de drenaje de este río para el desarrollo de proyectos de investigación en hidrología.

El proyecto es desarrollado por el Centro de Investigación y Estudios en Desarrollo Sostenible (Ciedes) y la Escuela de Ingeniería Civil de esta universidad.

Al amparo del convenio citado se han instalado una serie de estaciones meteorológicas y fluviográficas, lo que la convierte en la cuenca experimental del país en donde se ha colocado mayor cantidad de instrumentos para su estudio. En la última década se instalaron tres estaciones fluviográficas (que miden y registran el caudal en metros cúbicos por segundo las 24 horas del día todos los meses del año) y seis estaciones meteorológicas, algunas adquiridas por la Municipalidad de Abangares, otras a cargo del proyecto de la UCR y una adquirida por la empresa Cemex en apoyo a esta investigación.

Además, existen los registros de precipitación y caudal de las estaciones que habían instalado el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE



Los datos que se generan y los estudios realizados en el río Abangares la convierten en una cuenca experimental para Centroamérica en el tema de la variabilidad climática y el sostenimiento del recurso hídrico (foto archivo ODI).

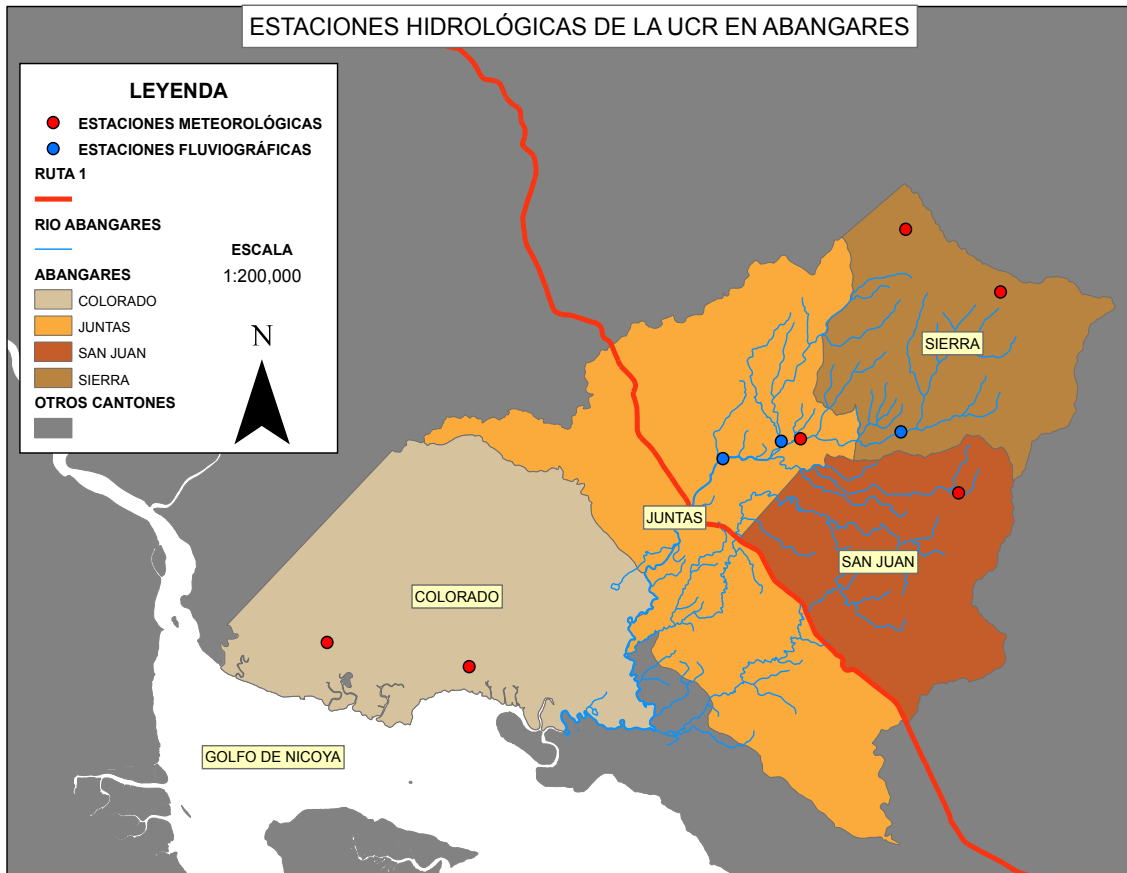
---

y el Instituto Meteorológico Nacional (IMN) en esta cuenca en la década de 1970. Esta información puede consultarse en el sitio *web*: [www.meteoro.ucr.ac.cr](http://www.meteoro.ucr.ac.cr).

La información que se genera en estas estaciones es de vital importancia para conocer el potencial hídrico de la cuenca desde su parte más alta hasta el golfo de Nicoya, el desarrollo habitacional que se puede construir a su alrededor, el abastecimiento del acueducto que alimenta durante las épocas seca o lluviosa las diferentes comunidades ubicadas cerca del río y las variaciones que ha sufrido su caudal en los últimos años, debido a los efectos del cambio climático.

Además, la investigación en el río Abangares ha sido sustentada por los estudios que han llevado a cabo ingenieros ambientales, hidráulicos y estudiantes de Ingeniería Civil de la UCR, quienes han ido armando el análisis completo del río, sus componentes y variaciones en el tiempo, según la época del año.

Los trabajos contemplan información sobre la capacidad de los acueductos; las opciones para que los vecinos de la zona baja en poblados como Peñas Blancas, Colorado y



Las estaciones hidrológicas están ubicadas en diferentes sitios de la cuenca del río Abangares. La carretera nacional Ruta 1 (en color naranja) divide las zonas altas y bajas de la cuenca. La zona minera se ubica principalmente en el distrito de La Sierra.

San Buenaventura, entre otros, puedan tener agua todo el año; la condición de salinidad de los pozos que alimentan los acueductos de las comunidades de la parte baja de la cuenca; la capacidad de los caudales en época seca y la sedimentación que provoca la actividad minera hacia el afluente Boston, entre otros aspectos.

Para el director de Ciedes, M.Sc. Rafael Oreamuno Vega, “toda esta información de meteorología y de hidrología nos permite hacer un balance hídrico; es decir, cuánta agua se tiene disponible y en qué momento, de todo lo que llueve cuánta agua regresa por evaporación, cuánta se filtra y recarga los acuíferos y cuánta escurre superficialmente”.

Todos los datos y conclusiones de los estudios generados se han entregado a la comunidad por medio de reuniones con las autoridades municipales y con los vecinos, dijo Oreamuno. Afirmó que esta información será de gran utilidad para la población de Abangares, para que pueda “planificar el uso del recurso a corto plazo y el nivel de desarrollo que puedan alcanzar en el mediano plazo”.

## Cambios en el caudal

Cuando en el 2000 se hicieron los primeros contactos con la comunidad de Abangares para revisar el acueducto de la ciudad de Las Juntas, el profesor de la Escuela de Ingeniería Civil de la UCR, Ing. Napoleón Cruz Zuchini, y sus estudiantes determinaron que el acueducto funcionaba bien, pero había problemas en la operación de la planta y en la gestión de la cuenca.

Entre la minería y la agricultura, según explicó el director del Ciedes, se generaba una carga de sedimentos que la planta no podía tratar y “había que pararla, lo que provocaba racionamientos de agua durante la época seca y la lluviosa”.

A partir de ahí, el Ing. Edgar Arroyo hizo una evaluación completa de la cuenca y se iniciaron otros estudios de valoraciones hidrológicas, precipitaciones, caudales y diferentes regímenes de lluvia que generaban sedimentos.

La Ing. Paola Vidal Rivera y sus estudiantes han tomado muestras del agua y hecho el perfil



El equipo de especialistas de la UCR y de la Municipalidad de Abangares durante el trabajo de campo en la cuenca del río Abangares (foto cortesía Ciedes).

ambiental del río desde la parte alta hasta la desembocadura y los manglares.

En el 2013 esta información permitió hacerle un refuerzo al acueducto municipal, porque de lo contrario se hubieran tenido que aplicar racionamientos de agua potable, afirmó Oreamuno, quien recordó que en los dos últimos años ha habido sequía en Guanacaste.

En algunos poblados de la zona baja, como Colorado y San Juan, solo reciben agua dos horas al día y algunos habitantes van a Las Juntas a recoger el líquido porque los pozos “tienen salinidad, alta concentración de minerales, aguas muy duras y caudales muy bajos para las necesidades de abastecimiento”, expresó Vidal.

Con la información existente, dijo Oreamuno, se puede afirmar que el caudal tiene una tendencia hacia la baja. Por lo tanto, al tener una idea de la

magnitud del problema se puede elaborar una estrategia de adaptación al cambio climático.

Asimismo, se ha logrado acercar a la comunidad para que conozca las condiciones del río y la han sensibilizado sobre la importancia de preservar ese recurso.

La presencia de la UCR durante tantos años y los resultados de los estudios también les han abierto a los ingenieros la posibilidad de trabajar con los mineros. Este año elaboran propuestas junto con ellos para los vertidos, la retención de sólidos, el tratamiento que dan al mercurio y el impacto de los residuos sobre la salud humana, por ejemplo.

### **Academia, municipio y comunidad**

La sinergia que se ha establecido entre la población del cantón de Abangares y los investigadores del Ciedes ha permitido desarrollar durante 14 años un proyecto de



La Ing. Paola Vidal Rivera y sus estudiantes han tomado muestras del agua y hecho el perfil ambiental del río (foto archivo ODI).

investigación que ha traído grandes beneficios a la zona.

Este trabajo se puede tomar como punto de partida para el análisis del comportamiento de los ríos en el país y la región, con el fin de impulsar otros proyectos sociales y de salud que contribuyan con el desarrollo económico del cantón de Abangares, según los investigadores.

Para ello ya cuentan con un proyecto de emprendimiento, gestión social y salud, que desarrolla la Escuela de Sociología de la UCR. También hay un fondo concursable para poner en práctica un plan de emprendimiento de empresas.

Oreamuno recordó que por la zona de Abangares pasan muchos turistas que van a Monteverde y se podría incentivar la apertura de tiendas de artesanía y de restaurantes para mejoren la calidad de vida de la población local.

Por su parte, el gestor ambiental de la Municipalidad de este cantón, el biólogo Francisco Bogantes Sánchez, manifestó que los acueductos municipales necesitan tomar decisiones acertadas que respondan a las necesidades de las comunidades e invertir correctamente el presupuesto limitado con que cuentan. Agregó que el aporte de la UCR ha servido para tomar decisiones en aspectos de energía hidráulica, topografía, calidad del agua y puentes; esto último para comunicar las comunidades aisladas, como Higerillas de Colorado.

En diferentes puntos de la cuenca del río Abangares se han instalado seis estaciones meteorológicas y tres estaciones fluviográficas (foto Laura Rodríguez).





Tanto Vidal como el director de Ciedes indicaron que el conocimiento hidrológico que se tiene actualmente de esta zona contribuye en la toma de decisiones para impulsar el desarrollo económico y social del cantón, por medio del aprovechamiento sostenible de los recursos hidráulicos de la cuenca del río Abangares.

Con orgullo reconocieron que la información suministrada hasta el momento ha servido de base para que el Instituto de Fomento y Asesoría Municipal (IFAM) elaborara las especificaciones del concurso para quienes van a construir la ampliación del acueducto de la ciudad de Las Juntas y las mejoras en la planta de tratamiento, las cuales se establecieron en seis trabajos finales de graduación de la Escuela de Ingeniería Civil.

Asimismo, los trabajos de investigación realizados sobre el balance hídrico de la cuenca del río Abangares han permitido llevar a cabo

el perfil de un proyecto de almacenamiento de los excedentes de escorrentía que se presentan durante la época húmeda, para abastecer las necesidades de la parte baja de la cuenca, durante la época seca.

Al respecto, Oreamuno comentó que “si logramos hacer este embalse en el punto intermedio entre Las Juntas y la Ruta 1, deberíamos incluir a otros académicos, como los de ciencias agroalimentarias, porque el agua almacenada se puede utilizar para riego, ganadería, industria, comercio y recreación”, con el propósito de que los pobladores de la parte baja de la cuenca del río se puedan beneficiar de la inversión en esta obra de infraestructura. ■

---

## Estudios recientes

---

*Entre los proyectos más recientes, hay 18 trabajos finales de graduación para optar al grado de licenciatura en la UCR. Uno de ellos es el que realizó la Ing. María Alejandra González Malavassi, sobre la evaluación de la calidad del agua de fuentes potenciales para la ampliación del sistema de abastecimiento de agua potable de Las Juntas de Abangares. Gracias a este estudio se logró encontrar un punto cerca de la confluencia del río Gongolona con el río Aguas Claras, que permitirá abastecer la planta de agua potable del acueducto de la ciudad de Las Juntas.*

*Por su parte, la Ing. Alina Trabado Sagot hizo una caracterización del río Abangares desde la confluencia de los ríos Aguas Claras y Gongolona, hasta el puente sobre la Ruta Nacional 1. Uno de sus principales hallazgos fue que a pesar de que hay poca contaminación por materia orgánica en el agua, esta tiene altos contenidos de dureza, alcalinidad y hierro. Ella recomendó hacer posteriormente un estudio de los agroquímicos que van a drenar al río.*

*El Ing. Luis Daniel Jiménez Fonseca efectuó su trabajo de graduación sobre la evaluación del uso de fotografías aéreas, para determinar la calidad del agua en la desembocadura del río Abangares, en el océano Pacífico.*

*Él pudo comprobar que con la técnica de las fotografías de satélite se puede determinar el tipo de sedimento, algas o salinidad que contiene el agua del río Abangares cuando llega al mar. Su trabajo consistió en comparar la información de las imágenes satelitales, tomadas en una hora y lugar determinados con muestreos en el sitio, realizados mediante recorridos en lancha en la desembocadura del río, y establecer parámetros de lo que contenían las aguas de la zona en estudio.*

*Asimismo, la Ing. Natalia Torres Corral, quien actualmente trabaja en el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), realizó un diagnóstico del estado actual de los acueductos de las comunidades de La Palma, San Joaquín, Pueblo Nuevo y San Buenaventura, en la parte baja de la cuenca del río Abangares.*

*Su aporte fue elaborar “un plan maestro con una línea de tiempo, en el cual se incluyen los trabajos que se tienen que hacer para realizar mejoras en los acueductos analizados, contemplando el crecimiento de la población, algunas unidades de tratamiento para el agua potable y los costos estimados”, comentó Torres.*

*El Ing. Ronald Castillo Gutiérrez efectuó una evaluación de los acueductos rurales de Coyolar, Matapalo, Santa Lucía y Arizona, para recomendar las mejoras necesarias en cuanto a la calidad del agua, la gestión administrativa y la infraestructura con que cuentan estos acueductos.*

*Al respecto mencionó que “solo uno de los cuatro acueductos tenía agua potable; no obstante, no había reportes de problemas de salud en la población”. El acueducto más grande, que es el que supe el agua a la mayoría de la población, estaba bien, aseguró Castillo.*



# América Central será más seca y caliente en 2050

**¿Lloverá más o menos en la región centroamericana a finales del presente siglo?, ¿cuáles serán las áreas más secas y cuáles las más húmedas?, ¿aumentará la temperatura?**

Patricia Blanco Picado  
patricia.blancopicado@ucr.ac.cr

**E**l estado futuro del clima en la región centroamericana y los cambios en los patrones hidrológicos debido al calentamiento global son algunos de los aspectos analizados en el estudio *Proyecciones hidrológicas del cambio climático en América Central*, efectuado por el Centro de Investigaciones Geofísicas (Cigefi) y la Escuela de Física de la Universidad de Costa Rica (UCR).

Los investigadores determinaron diferencias significativas entre subregiones del istmo, luego de haber analizado cuatro variables climáticas: la precipitación, la escorrentía, la sequía y la

temperatura, durante el período 1950 al 2099.

Como punto de partida se utilizaron 30 modelos numéricos que simulan el clima global pasado y futuro, denominados Modelos de Circulación General (GCM, por sus siglas en inglés), disponibles en las bases de datos del Panel Intergubernamental de Cambio Climático. Estas herramientas proporcionan datos de las variables climáticas en diferentes escenarios y en condiciones determinadas; no obstante, tuvieron que ser ajustados a escalas más finas para poder analizar sus particularidades climáticas.

Según explicó el Dr. Hugo Hidalgo León, coordinador de la investigación, la descripción de América Central en estos modelos está en una resolución espacial muy gruesa, del orden de los 300 x 300 km, lo que no permite calcular ciertas variables meteorológicas en esta pequeña porción de territorio. Por esa razón, hicieron un cambio de escala y la redujeron a una más fina de 50 x 50 km por medio de métodos estadísticos.

En el estudio se consideran las influencias naturales sobre el clima, principalmente las solares y volcánicas, y las influencias causadas por el ser humano, como es el aumento de emisiones de gases de efecto invernadero en la atmósfera.



Áreas como la generación de energía hidroeléctrica podrían resultar afectadas con los cambios climáticos futuros (foto Jimmy Arriola, cortesía de Producción Audiovisual ICE).

En investigaciones anteriores, el Cigefi ha indagado acerca del impacto socioeconómico del cambio climático en la región centroamericana, y determinó que la brecha social existente podría aumentar a finales del presente siglo como consecuencia de variaciones en el clima.

Además del Dr. Hidalgo, quien es hidrólogo, participaron en el estudio los físicos Dr. Jorge Amador Astúa y el Dr. Eric Alfaro Martínez, y la hidróloga M.Sc. Beatriz Quesada Montano.

### **Tendencias futuras**

Los resultados del estudio muestran que las condiciones climáticas en América Central variarán, pero no de manera uniforme, ya que no serán las mismas en la parte norte y en la parte sur del istmo.

En los países del norte (Nicaragua, El Salvador, Honduras, Belice y Guatemala) se proyectan disminuciones de la lluvia entre el 5 % y el 10 % y de la escorrentía entre el 10 % y el 30 %. Además, se prevé un aumento en la temperatura de 3° C durante el período mencionado.

Por esta razón, consideran los investigadores, en esta subregión la frecuencia de las sequías podría aumentar significativamente en el futuro.

Mientras tanto, en los países del sur (Costa Rica y Panamá) se proyecta una reducción del 5 % en la precipitación y del 10 % en la escorrentía, y el aumento en la temperatura será de 4 grados centígrados, un grado más que en el norte.

Según Hidalgo, “los cambios hidrológicos que se proyectan para la parte sur son paulatinos, no son tan fuertes como en la parte norte”.

Los investigadores también analizaron la escorrentía en San José y Tegucigalpa con base en datos históricos de 1948 al 2012. “Vimos que a partir de 1980 la escorrentía ha venido decayendo y que ambas ciudades se están haciendo más secas”, señaló.

El investigador agregó que estos resultados son consistentes con las proyecciones aportadas por los GCM y con varios estudios que sostienen que los efectos del cambio climático han empezado a ser más evidentes a partir de la década de los ochenta.

Las diferencias registradas entre subregiones están asociadas al desplazamiento hacia el sur

del istmo de la Zona de Convergencia Inter Tropical (ZCIT), que es en donde se unen los vientos alisios provenientes del norte y los del sur y producen nubosidad y alta precipitación. Esto significa que habrá una disminución de las lluvias en el norte de la región, que ya de por sí es más seca que el sur. Esta última recibe la influencia de otros sistemas de vientos que traen humedad, indicó Hidalgo.

### **Manejo adaptativo**

A criterio del Dr. Hidalgo, los datos muestran la urgencia de hacer un manejo adaptativo, con proyecciones de mediano plazo y políticas que se deben ejecutar a partir del comportamiento del clima y modificándolas si es necesario.

Para el científico, ya en el presente siglo la ciencia ha documentado las repercusiones del cambio climático en la ecología a causa del aumento de la temperatura. Es importante poner atención a áreas como la agricultura, la seguridad alimentaria, la salud y la generación hidroeléctrica, entre otras.

También expresó que la información debe ser transferida a los gobiernos y a los sectores sociales, para lo cual es necesario “formar gestores que traduzcan la información de manera que sea aplicable y entendible para los tomadores de decisión”.

El estudio fue expuesto en el Foro Climático que se lleva a cabo tres veces al año en América Central y en instituciones como el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) y el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). ■



El estudio consideró influencias sobre el clima causadas por el ser humano, como es el aumento de emisiones de gases de efecto invernadero en la atmósfera (foto archivo ODI).



El Ing. Erick Orozco trabaja en la medición de perfiles transversales del río Corredor, en la zona sur del país, para el modelado de inundaciones (foto cortesía Probus).

## Probus señala debilidades en infraestructura urbana ante el cambio climático

**Es palpable en todos los rincones del planeta que existe un proceso global fuera de control que desemboca en situaciones relacionadas, en forma directa o indirecta, con fenómenos hidrometeorológicos. Esto ha venido a cambiar las condiciones generales en el mundo.**

Otto Salas Murillo  
otto.salas@ucr.ac.cr

**A**nte dicha realidad tan compleja, el Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible (Probus), de la Universidad de Costa Rica (UCR), estudia la interacción entre el crecimiento de los asentamientos humanos, como por ejemplo las ciudades, y los sistemas naturales como el clima,

el cauce de ríos y los bosques, para ofrecer un panorama completo sobre la forma en que se está desarrollando la sociedad costarricense.

El impacto del cambio climático es una de las variables que analizan los expertos de Probus entre un gran abanico temático. De ahí surgió la investigación denominada *Evaluación de la vulnerabilidad y adaptación de infraestructura ante el cambio climático*.

Este estudio fue elaborado para el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), se realizó durante el segundo semestre del 2013 y fue publicado en abril del 2014. El área de estudio abarcó casi todo el territorio del país, aunque se hizo énfasis en las zonas y poblaciones más vulnerables ante eventos extremos.

El Ing. Luis Zamora González, coordinador de Probus, afirmó que aunque la esencia de la evolución de las sociedades humanas a través de la historia ha sido la capacidad de adaptarse a los cambios, en nuestros días se dan al menos dos condiciones diferentes: estos cambios pueden ser mucho más rápidos de lo que se piensa y se debe poner un alto a las emisiones de gases de efecto invernadero.

### Crecimiento urbano sin control

La investigación en cuestión puntualiza que la disminución o el aumento generalizado que se registra en el caudal de los ríos y alcantarillas en Costa Rica están asociados al aumento del promedio de las temperaturas y a los eventos extremos hidrometeorológicos; ambas aristas son producto del cambio climático.

También indica que es conocido que las altas precipitaciones, ligadas a una topografía nacional con características muy quebradas, convergen en amenazas naturales importantes como inundaciones y deslizamientos, las cuales cada año están presentes en la realidad costarricense.

“Se detectó que existe un mal manejo de las aguas pluviales que producen inundaciones locales, muy comunes en Costa Rica, en ciudades tan distantes como Paso Canoas y Alajuela (...), pero además, cualquiera que sea la forma de la amenaza, hay infraestructura social o productiva que puede ser afectada, entre las que están las escuelas, colegios, Ebais, centros de salud y muchos otros”, describe el estudio.



Proodus realiza mediciones a los cauces de los ríos para construir modelos de inundaciones y estudiar posibles impactos en la infraestructura del sistema vial, como esta en La Lima de Cartago, hecha por el asistente de Ingeniería Civil, José Quirós Campos (foto cortesía Proodus).

## Propuestas planteadas

La investigación reportó que el desarrollo urbano de las comunidades presenta vulnerabilidades debido a que se construye en terrenos no aptos, además hay un mal manejo de las aguas servidas y pluviales. Por esa razón, Proodus recomienda detener la constante invasión que hacen las personas de los cauces y márgenes de los ríos.

“Resulta innegable que el cambio climático plantea nuevos retos a la sociedad costarricense, a la gestión de su infraestructura y a sus sistemas urbanos; por tanto, se requiere mayor análisis en las políticas sociales y económicas actuales, incorporando la variable de adaptación al cambio climático dentro del accionar del país. Aunque es un fenómeno global, estas medidas deben ser fundamentalmente locales y regionales”, comentó Zamora.

Entre las acciones negativas enumeradas por los especialistas de la UCR aparece la falta de planificación urbana, ligada a las malas prácticas de crecimiento de los asentamientos humanos, característica que aumenta la vulnerabilidad de estructuras, como viviendas o edificios, ante el embate de fenómenos hidrometeorológicos.

Asimismo, en el ámbito de la infraestructura vial, Proodus señala que son frecuentes las alcantarillas ubicadas en vías que cruzan ríos de cuencas medianas, las cuales no dejan espacio suficiente para que a la hora de que aumente el caudal del río la corriente de agua pueda transitar sin problemas, y el arrastre de troncos, piedras grandes y residuos sólidos no provoque presas que resulten en inundaciones.

La zona más poblada del país, como lo es la Gran Área Metropolitana (GAM), tiene terrenos muy quebrados y con alta precipitación pluvial, lo que implica la existencia de muchos ríos que cruzan las ciudades.

Fuera de la GAM, los asentamientos humanos tienen baja densidad y están muy dispersos por todo el territorio nacional. “Lo que más les urge a sus habitantes son caminos de acceso en buenas condiciones, ya que los gobernantes han elegido extender el sistema vial en vez de apostar por mejorar la calidad del que ya existe”, mencionó el Ing. Zamora.

Este informe resalta la importancia de la “redundancia” como parte de la visión sistémica de la infraestructura, y como medida de adaptación al cambio climático; es decir, repetir acciones que hayan demostrado tener un resultado positivo.

“Por ejemplo, en el caso de la infraestructura de transportes, el desafío para la próxima década no es construir más, sino mejor, arreglando lo que ya existe, algunas veces ampliando la capacidad, pero sobre todo mejorando significativamente la calidad. Es necesario aplicar análisis sobre el ciclo del producto asfáltico, lo que fácilmente probaría que una mejor calidad y capacidad bajarían de manera significativa los costos a lo largo de la vida útil de cualquier obra”, se enfatiza en el estudio.

Zamora consideró que el mayor aporte de Proodus en la necesidad de adaptación del país ante el cambio climático se concentra en colaborar en la variable de ordenamiento territorial, protección del recurso hídrico, manejo y disposición de aguas pluviales y residuales.

“Buscamos formular estrategias para el diseño de nuevos edificios o rehabilitación de los ya existentes, en donde se aprovechen los recursos naturales como la luz solar o el viento para reducir el consumo energético”, concluyó el especialista.

Para ampliar más sobre este tema se puede visitar el sitio en Internet: [www.proodus.ucr.ac.cr](http://www.proodus.ucr.ac.cr). ■



En estos estanques en Río Macho, Vidal Camacho mantiene machos y hembras reproductoras que pueden alcanzar un peso de hasta seis kilos. Él se dedica a la producción de alevines (foto Laura Rodríguez).

## Trucheros mejoran técnicas de producción con la ayuda de la UCR

**Elevar el potencial productivo de las fincas dedicadas al cultivo de la trucha en poblados del Cerro de la Muerte es el objetivo de la Ing. Ruth Vargas Cordero, de la Escuela de Zootecnia y del Centro de Investigación en Nutrición Animal (CINA) de la Universidad de Costa Rica (UCR). Ella desarrolla un proyecto de transferencia de tecnología, que ha incidido en mejores rendimientos.**

*Rocío Marín González*  
rocio.marin@ucr.ac.cr

**L**a trucha es un salmónido que para su sano desarrollo requiere aguas de muy buena calidad desde el punto de vista microbiológico, cantidad de oxígeno disuelto y

recambio durante el día. Para ello, es indispensable contar con una buena gestión de la finca, sobre todo debido a los efectos del cambio climático en la actividad acuícola de montaña. Se estima que este 2014 ha habido un 50 % menos de agua en la zona que en el 2013.

Asimismo, es fundamental conocer la temperatura del agua, el número de truchas por estanque y la alimentación. “Si no se tiene en cuenta que hay una reducción en la cantidad de agua y por ende de oxígeno disuelto, y se maneja la misma cantidad de animales y tasa de alimentación, las truchas entran en estrés, retardan su crecimiento y hay afectación de la economía del pequeño productor”, indicó Vargas.

Por esa razón, su labor con truchicultores de Copey y La Trinidad de Dota, la Esperanza, Macho Gaff, Río Blanco y Río Macho del Guarco, Cartago, está dirigida al mejoramiento de la técnica con la que se producen estos animales.

### Control de variables

La primera cosa que los productores deben tener en cuenta es la cantidad de agua que tienen para la producción, junto con el recambio o flujo de agua en los estanques, ya que eso favorece una buena oxigenación.



Una de las variables que los productores deben controlar es la temperatura del agua. Aquí Gonzalo Céspedes recibe instrucción de la investigadora Ruth Vargas (foto Laura Rodríguez).

La tasa de alimentación, que es la ración de alimento que hay que darle al animal durante el día, también es importante. Sin embargo, esta variable también depende de la temperatura del agua. “Si por efecto del cambio climático las aguas no solamente son menos, sino que tienen mayores temperaturas, eso también incidirá en el engorde, porque afecta el metabolismo de los peces”, explicó la investigadora.

Si la temperatura del agua es menor a la óptima para que el animal crezca, su metabolismo se empieza a desactivar y tiende a comer menos. De la misma manera, si la temperatura del agua aumenta, el metabolismo de la trucha tiende a activarse y requiere más alimentación.

Se estima que la trucha de engorde se desarrolla de forma adecuada en aguas entre los 13 y los 18 grados centígrados, mientras que la producción de alevines o truchas de corta edad utilizadas para el engorde o poblar ríos, se da mejor en aguas entre los 9 y 13 grados centígrados de temperatura.

Por eso, se les recomienda a los productores medir tres veces al día la temperatura del agua y llevar una bitácora durante un período, con el fin de determinar un índice denominado Coeficiente Térmico de Crecimiento (CTC).

Igualmente, se les pide registrar el peso promedio al inicio y al final de la cosecha de trucha, para determinar la curva de crecimiento de los animales y así determinar el potencial máximo de producción de cada finca.



En La Trinidad de Dota, Digna Prado complementa la producción de truchas con un estanque de pesca recreativa y la venta de platillos a base de trucha (foto Laura Rodríguez).

## Beneficios

Para Gonzalo Céspedes Ceciliano, productor acuícola desde hace 25 años y presidente de la Asociación de Productores de Trucha del Cerro de la Muerte, el aporte de la UCR ha sido fundamental. “Creo que la Universidad es una fuente muy importante de conocimiento y queremos que nos sigan dando esa capacitación que necesitamos todos los campesinos”.

Céspedes cuenta con una naciente propia que le permite criar anualmente unos 10 000 animales con pesos entre 600 gramos y un kilo. Además, posee una planta, en la que empaca filete de trucha que distribuye en los negocios de los alrededores y permite a otras 19 familias colocar su producto.

Aunque reconoce que en principio le ha costado trabajar en el control de todas las variables, la asesoría de la Ing. Vargas ha sido crucial. Ahora



Con la asesoría de la UCR, los productores de truchas han logrado mejorar la calidad y el sabor del producto. (foto Laura Rodríguez).

en su finca no se corta un solo árbol y se ha reforestado en un 75 % con variedades de la zona como roble, quizzarrá, magnolia, bolilla y guayabillo, para proteger las fuentes de agua y su pureza.

También posee un manual sobre buenas prácticas de manufactura y flujos de proceso, específicas para su pequeña planta.

Digna Prado Cruz, precursora de la producción de trucha en La Trinidad de Dota, empezó en la actividad hace 23 años, con la compra de 200 alevines. Ella pasó a desarrollar en diez tanques de engorde unos 10 000 animales por año, que dan de 5000 a 6000 kilos de carne, lo que complementa con un estanque de pesca recreativa y un restaurante en el que sirve platillos a base de trucha.

Digna y su hijo Minor consideran que con la asesoría han tomado conciencia sobre la forma óptima de producción: “Antes echábamos más trucha en los estanques y no medíamos ni el oxígeno, ni la temperatura, ni la cantidad de alimento. La calidad y el sabor han mejorado y mientras antes tardábamos casi 12 meses para producir una trucha de 600 gramos, ahorita lo logramos en seis o siete meses y tenemos trucha para la venta casi todo el año”.

Vidal Camacho Flores, productor desde hace más de 15 años en Río Macho, empezó en 1993 a trabajar en desove e incubación de alevines de trucha arcoiris, que vende sobre todo a fincas de pesca recreativa en zonas frías de Alajuela, Heredia, Turrialba, Cachí y Orosi.

Camacho opina que la labor desarrollada con la UCR les ha posibilitado verificar muchos datos de su actividad que antes desconocían. “Por ejemplo, temperaturas, pH, oxígeno y tablas de alimentación con las que nosotros nos hemos guiado para desarrollar el cultivo”, indicó.

El mejoramiento en la gestión de la materia prima se ha traducido en mayor ganancia, porque antes no se llevaban controles y muchas veces se sobrealimentaba o subalimentaba a los animales o se recargaban los estanques, con lo que obtenían un crecimiento muy pobre de la trucha. “En el último año –detalló–, hemos manejado aquí 30 000 animales, con un porcentaje muy pequeño de mortalidad”. ■





ENTREVISTA



El representante especial en cambio climático del Reino Unido, Dr. David King, durante su visita a la UCR (foto Laura Rodríguez).

## Sir. David King Ciencia y política de la mano para enfrentar el cambio climático

*Katzy O'neal Coto*  
[katzy.oneal@ucr.ac.cr](mailto:katzy.oneal@ucr.ac.cr)

**“Necesitamos establecer un puente entre lo que los académicos investigan y lo que los políticos necesitan saber para combatir el cambio climático”, asegura el representante especial en Cambio Climático del Reino Unido, Dr. David King.**

Luego de una larga carrera académica que inició en 1988 como profesor de Físicoquímica en la Universidad de Cambridge, King fue nombrado principal asesor científico del Gobierno británico y jefe de la Oficina de Ciencia y Tecnología, cargo que ocupó entre el 2000 y el 2007.

Durante esta función hizo un llamado de atención sobre la necesidad de que los gobiernos ejecuten acciones para mitigar el cambio climático y llegó a asegurar que el cambio climático representa una amenaza mayor para el mundo que el terrorismo internacional.

A sus 75 años, King se ha convertido en uno de

los especialistas más reconocidos en el tema. Ha publicado más de 500 artículos sobre temas científicos y políticos. También ha asesorado al Gobierno británico en asuntos como alimentos modificados genéticamente, células madre, fiebre aftosa, biocombustibles y energía nuclear. Su posición le ha valido críticas de los grupos ecologistas.

King lidera un movimiento para convencer a los principales países productores del mundo de asumir un acuerdo en diciembre del 2015 en la Convención de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (COP 21), que se celebrará en París, Francia. Para él es fundamental que los países se comprometan a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a un ritmo de 3,2 % anual, con miras al año 2050.

Por ello recorre el mundo para promover la inversión de los gobiernos en el desarrollo de tecnologías para la generación de energías limpias, que como la solar, eólica y nuclear revolucionen el sector energético. Para ello propone la creación de un programa llamado Global Apollo Programme, que pretende conformar un grupo de países para mantener un fondo dedicado a la investigación de \$10 millones anuales durante una década.

El experto visitó la Universidad de Costa Rica en setiembre de 2014 como parte de una gira que realizó por varios países del continente, luego de participar en la Cumbre del Clima organizada por la Organización de Naciones Unidas en Nueva York.

King contestó las preguntas de los universitarios y de la prensa.



Para King es fundamental la investigación en el campo de las energías renovables, entre estas celdas y paneles solares, con el fin de crear alternativas más baratas (foto archivo ODI).



### **-¿Cuál es el ambiente existente en relación con un acuerdo global que se espera tener para la conferencia de París 2015?**

— Vamos a alcanzar un acuerdo en París, no veremos otro Copenhague. Digo esto porque en la reunión de Ban Ki-moon escuchamos de todos los niveles de los Estados Unidos que están actualmente en discusiones con los chinos. Así que tendremos a Estados Unidos y China listos para firmar un acuerdo y si estos dos países firman creo que todos los demás países también lo harán.

### **-¿La pregunta de fondo es si ese acuerdo nos mantendrá por debajo de los dos grados centígrados?**

— Aún tenemos mucho camino por delante. Recuerdo que al inicio el Protocolo de Montreal (1987) no fue suficiente, pero muy pronto fue aplicado de manera severa, eso mismo es lo que tendremos que hacer ahora.

### **-¿En este momento, ¿que ha cambiado para que los gobiernos de Estados Unidos y China finalmente se comprometan con un acuerdo?**

— La diferencia en cuanto a Estados Unidos es que el mismo presidente, Barak Obama, y su Secretario de Estado, John Kerry, están completamente comprometidos en llegar a un acuerdo antes de que finalice su período en el Gobierno. Obama ahora está completamente enfocado en esto y estoy seguro que él firmará el acuerdo. Si ese acuerdo será suficiente es otro tema, pero no me cabe duda de que Obama quiere firmar y lo va a hacer.

El Gobierno de China entiende completamente los desafíos del cambio climático y está haciendo más que la mayoría de los países para hacer la transición a fuentes de energía baja en emisiones. Ellos están produciendo más

energía fotovoltaica que el resto del mundo en conjunto, también están produciendo más energía nuclear y eólica. Yo no culparía a los chinos porque nosotros somos los que estamos demandando bienes de China, empujándolos hacia la manufactura de bienes que requieren un alto consumo de energía.

### **-En Costa Rica no estamos tomando en consideración el impacto que generamos con la importación de productos de países como China y Estados Unidos, entonces, ¿cómo vamos a ser carbono neutrales si no estamos contabilizando esto en nuestros inventarios de carbono?**

— Esta es esencialmente una pregunta sobre lo que llamamos filtración de carbono. Todo lo que puedo decir en una frase es que por eso necesitamos un acuerdo internacional, necesitamos lograr un buen acuerdo en París con el apoyo de todas las naciones.

### **-¿Cuál es el rol que deben cumplir las universidades latinoamericanas en el desarrollo de tecnologías limpias?**

— La investigación de las universidades es clave en los procesos de innovación. Del desarrollo de conocimiento básico surge la investigación aplicada y de la investigación viene el desarrollo de tecnologías y la innovación en el mercado. Así que las universidades tienen un papel clave en el surgimiento de tecnologías para el mercado. Asimismo, las universidades juegan un papel vital en la educación de las personas acerca de la naturaleza de los retos que enfrentamos: retos ambientales, retos del mercado, retos futuros de los ecosistemas. Para los jóvenes universitarios todos esos retos son maravillosas oportunidades para crear soluciones novedosas o también para establecer nuevos retos.

### **-Cómo establecer los puentes entre el desarrollo tecnológico, la política y el sector económico?**

— Es muy importante el diálogo permanente de las universidades y el sector privado. Solo mediante dichas interacciones surgirán los nuevos desarrollos futuros de tecnología. El sector privado tiene dos intereses principales: el conocimiento generado y la gente joven graduada de universidades que ellos quieren contratar. Por lo tanto, hay una gran motivación del sector privado de acercarse a las universidades. Por otra parte, las universidades necesitan ver a sus graduados contratados en el sector privado.

### **-¿Cuál va a ser su mensaje en un país productor de petróleo como Venezuela?**

— Los subsidios al petróleo: Venezuela y el Medio Oriente incluidos, rondan unos \$500 billones al año. Así que cuando hablamos de invertir dinero en energías renovables, debemos recordar que los combustibles fósiles se llevan una buena parte de dicho dinero en subsidios. Ese será mi primer punto en Venezuela: no es bueno para su economía vender petróleo barato. Deberían venderlo a precios de mercado y usar los excedentes para mejorar su economía interna. No deberían vender petróleo barato, es una manera perversa. ■



CRISOL EN  
IMÁGENES

## El despertar del volcán Turrialba

---



El volcán Turrialba ha generado cientos de fotografías que, como esta, captada al amanecer, constituye un espectáculo de la naturaleza (foto Rafael León).



Al fondo sobresale el volcán Turrialba con su pluma de gases y, en primer plano, se observan algunas poblaciones agrícolas localizadas en la parte alta de la ciudad de Cartago (foto Rafael León).



Una vista diferente del Turrialba. A la derecha se observa el boquete formado en enero del 2010; en el centro intensa actividad gaseosa en el interior del cráter, en cuyo fondo se ve un pequeño lago caliente y ácido de color turquesa; a la izquierda el cerro San Carlos y en el horizonte, la costa caribeña (texto y foto Raúl Mora).



En esta vista aérea se aprecia en dirección suroeste, en primer plano, el cráter central, y también el cráter activo. Una pluma vigorosa de gases azulados (dióxido de azufre) sale de la boca intracraterica que se formó en enero del 2010. Además, fuerte actividad fumarólica en el interior del cráter que deposita azufre elemental de color amarillo (texto y foto Raúl Mora).



Fotografía tomada en enero del 2015. Luego de la erupción nocturna de 29 de octubre del 2014, una de las paredes inestables del cráter activo desapareció y su material tapizó el interior del volcán y otra parte de esta ceniza cayó en el Valle Central producto de la acción de los vientos. A la derecha, se observa el cráter central con un pequeño lago color esmeralda (texto y foto Raúl Mora).



Esta fotografía fue tomada horas antes de la erupción freática que formó un boquete en el 2012. La pared está constituida por materiales dañados por la intensa actividad fumarólica, altas temperaturas y gases ácidos. Abajo a la izquierda, vulcanólogos de la Red Sismológica Nacional observaban la actividad (texto y foto Raúl Mora).



En noviembre del 2013, un flujo de detritos se emplazó por una de las laderas del cráter activo. Este flujo de lodo (bloques inmersos en ceniza y agua) se deslizó por más de 100 metros con temperaturas de al menos 80 °C. Un ejemplo más de la intensa dinámica de esta pared (texto y foto Raúl Mora).



Fotografía tomada desde La Central durante la tercera erupción del volcán Turrialba el 12 de marzo del 2015 a las 3 p.m., la más energética de ese día. Además de ceniza, el volcán lanzó rocas de diversos tamaños en los alrededores del cráter activo (texto y foto Raúl Mora).



Un detalle de la segunda erupción del 12 de marzo del 2015 a la 1:30 p.m. La ceniza sale del cráter activo y del boquete formado en enero del 2010. El volcán Turrialba entró en un período eruptivo más fuerte desde el 29 de octubre del 2014. A las 4:00 a.m. del día siguiente, funcionarios de la Red Sismológica Nacional observaron la salida de magma luego de 150 años (texto y foto Raúl Mora).



Desde el sector de Los Quemados, a menos de un kilómetro del cráter activo, se observa la tercer erupción ocurrida el 12 de marzo del 2015 a las 3 p.m., que generó explosiones y estruendos escuchados en los alrededores. Posteriormente se comprobó la existencia de cráteres debido al impacto de las rocas lanzadas en proyección balística (texto y foto Raúl Mora).



PERSPECTIVA  
ACADÉMICA

Latinoamérica: fomento a la entrada en 'mainstream science'



La mayoría de los países de Latinoamérica incentivan la publicación en revistas científicas de la 'corriente central' (*mainstream science*), incluidas en las principales bases de datos a nivel mundial.

## Índices bibliométricos y revistas de 'corriente central': implicaciones para el desarrollo de las ciencias naturales en Costa Rica

*Bruno Lomonte<sup>1</sup>, Esteban Chaves<sup>2</sup>, José María Gutiérrez<sup>1</sup>, Edgardo Moreno<sup>1,3</sup>,<sup>1</sup> Instituto Clodomiro Picado y<sup>2</sup> Centro de Investigación en Enfermedades Tropicales (CIET), Facultad de Microbiología, UCR;<sup>3</sup> Programa de Investigación en Enfermedades Tropicales (PIET), Escuela de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional.*

### 1. Las revistas científicas especializadas como principal forma de comunicación del conocimiento en las ciencias naturales

Una característica asociada con el surgimiento de la ciencia moderna, en los siglos XVI y XVII, fue el establecimiento de una rica dinámica 'socializadora' del conocimiento mediante reuniones periódicas entre científicos, una profusa comunicación epistolar y la aparición de las revistas científicas.

En el ámbito de las ciencias naturales aparecieron las primeras publicaciones periódicas a finales del siglo XVII, y posteriormente numerosas revistas especializadas, generándose un amplio universo editorial que hoy alcanza decenas de miles de publicaciones periódicas. Claramente, en ciencias naturales, la comunicación de los principales hallazgos y la propuesta de nuevas concepciones se basan en la publicación en revistas, en el contexto de la revisión crítica por pares académicos y en una dinámica de depuración constante del conocimiento.



El indicador bibliométrico más conocido para estimar el grado de influencia y visibilidad de las revistas científicas es el factor de impacto (foto ilustrativa archivo ODI).

Esta explosión editorial ha generado un escenario complejo, con un gran número de revistas de calidad disímil. Las hay que poseen parámetros de evaluación estrictos, con procesos de revisión rigurosos. Y también existen revistas que presentan serias deficiencias en estos procesos, en detrimento de la pertinencia académica de lo que se publica en ellas.

Dada esta amplia variación en la calidad de las publicaciones en ciencias naturales, es esencial para la comunidad científica tener una perspectiva clara de dicha heterogeneidad y de sus implicaciones en la generación y transmisión del conocimiento. La pregunta obvia entonces es: ¿cómo identificar las revistas con mayor impacto y pertinencia en las diversas ramas de las ciencias naturales?

## 2. Estrategias para valorar la calidad de las revistas científicas

A mediados del siglo XX, los pioneros de la bibliometría –disciplina que analiza la literatura científica mediante métodos matemáticos y estadísticos– se preguntaron cómo podrían

discernir entre las revistas de mayor o menor influencia dentro del universo bibliográfico existente. Así surgió la idea de analizar, mediante modelos cuantitativos, la sección de referencias de los artículos, estrategia que demostró tener gran poder analítico.

Se examinó en el mayor número posible de revistas (antes de la existencia de los medios cibernéticos actuales) cuántas veces era citada cada una en la lista de referencias de cada artículo. Así, se demostró que el número de citas establecía un ranquin capaz de identificar cuáles revistas sobresalían y cuáles se ubicaban en ámbitos cada vez más distantes del ‘núcleo central’ de intercambio de información: surgió por primera vez una herramienta cuantitativa que permitía estimar el grado de influencia de las revistas científicas.

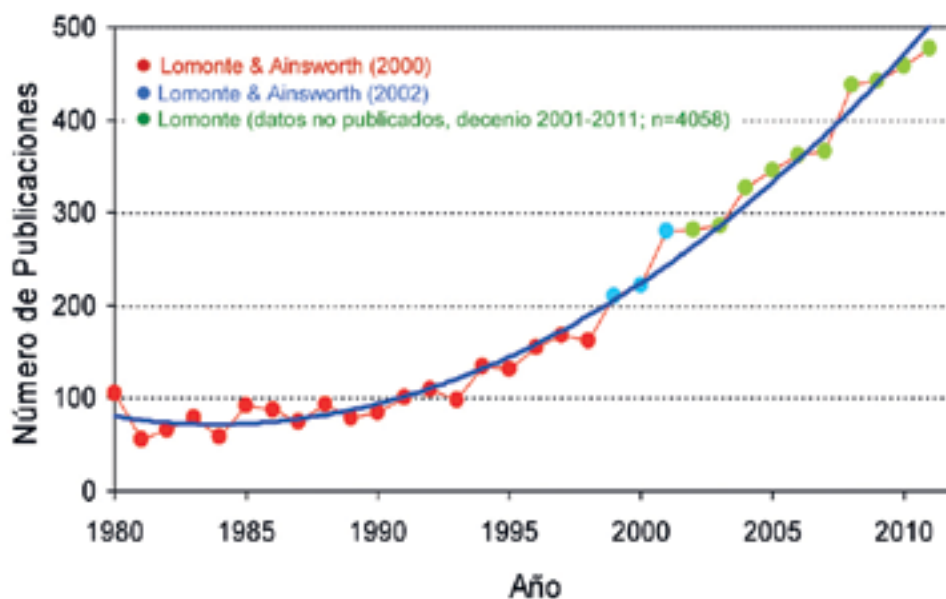
La primera empresa que sistematizó la información publicada en revistas fue el Institute for Scientific Information (ISI), fundada por el pionero de la infometría Eugene Garfield, y actualmente propiedad del consorcio Thomson-Reuters con el nombre de *Web of Science*. Desde su aparición, dicha base de datos dominó las estimaciones métricas de las publicaciones científicas y sus indicadores se establecieron en las principales universidades como un parámetro de referencia, lo que proporcionó un valioso insumo para evaluar la producción científica.

Actualmente, existen otras bases de datos como *Scopus*, de la empresa editorial Elsevier, y *GoogleScholar*, que han incursionado con éxito en la bibliometría. Hoy es posible conocer, a través de Internet, cuántas veces se ha visto, comentado, descargado, o citado un artículo. Estas mediciones, aunque obviamente tienen implicaciones cualitativas, deben entenderse como ‘radiografías’ numéricas sujetas a un uso cuidadoso<sup>1</sup>.

El indicador bibliométrico más conocido para estimar el grado de influencia y visibilidad de las revistas es el ‘factor de impacto’ (FI), desarrollado por el ISI, que se calcula para las revistas incluidas en las bases de datos de Thomson-Reuters con una fórmula simple: divide el número de citas recibidas por todos los artículos publicados por la revista, durante los dos años inmediatos posteriores, entre el número total de sus artículos publicados en el año en cuestión.



## Costa Rica en publicaciones de "corriente central"



Publicaciones de autores con afiliación institucional de Costa Rica incluidas en *Web of Science/Science Citation Index* de Thomson-Reuters, 1980-2011. Se indica con puntos de diferente color los datos recopilados en distintos períodos, con base en una misma metodología.

Es necesario recalcar que: (a) el resultado de este cociente, FI, corresponde a un indicador promedio para la revista, y no una medición para cada artículo individual publicado en ella; y (b) las cifras de citación son medidas dentro de la propia cobertura de la base de datos en cuestión. Esto se debe a la imposibilidad de abarcar toda la información contenida en las centenares de miles de revistas que existen en el mundo.

Estos dos hechos a menudo son ignorados o malinterpretados por los críticos de los indicadores bibliométricos, quienes atacan el FI sin explicar que es un valor numérico con limitaciones inherentes a todo proceso estadístico cuantitativo. Aún más, se critica el FI sin proponer alternativas de demostrada eficacia y realistas. Como cualquier otro indicador, el FI posee limitaciones ampliamente discutidas, aunque muchas de las críticas hacia el FI se relacionan con valoraciones inadecuadas en relación con la interpretación de su significado y sus usos<sup>1</sup>.

### 3. La pertinencia del FI

Sin sobredimensionar su importancia y teniendo el cuidado de utilizarlo correctamente (por ejemplo, ver la declaración DORA para frenar los usos inadecuados del FI<sup>2</sup>), el FI ha sido y

continúa siendo una herramienta valiosa para quienes trabajan en investigación, pues permite conocer el grado de influencia de distintas revistas del universo editorial.

Un aspecto ampliamente discutido por la comunidad científica es la importancia de no extrapolar el valor del FI entre diferentes disciplinas y estilos de publicación. Por ejemplo, mientras en las revistas circunscritas a las ramas médicas el FI tiende a ser alto, en áreas de la física y las matemáticas tiende a ser menor. Esto no se relaciona con la calidad de las revistas, sino con el tamaño de la comunidad de investigación que conforma cada disciplina. Igualmente, las revistas dedicadas a revisiones tienen un FI más elevado que las dedicadas a publicaciones experimentales, dado que las primeras reclutan más citaciones. La cantidad de volúmenes y artículos por revista también influyen sobre el FI.

Desde una perspectiva amplia, no se trata de 'creer o no creer' en el FI, como apuntó en tono sensacionalista un mensaje que difundió la *Revista de Biología Tropical*, la cual invitó a leer un ensayo publicado por su director<sup>3</sup>. No se puede 'creer o no' en un cociente aritmético con numerador y denominador claramente



definidos, enmarcados en una base de datos cuya relevancia mundial no puede ignorarse. De lo que se trata es de utilizar críticamente ese parámetro para analizar diversos aspectos de la generación del conocimiento en las ciencias naturales.

#### 4. Revistas de la 'corriente central' y tendencia de las ciencias en Costa Rica

Al enfrentar la realidad de las megabases de datos predominantes en la corriente central de las ciencias, surgen al menos dos posiciones. Por un lado, algunos consideran que el *status quo* discrimina los aportes de quienes realizan investigación en los países de menores ingresos, y que la solución requiere de un enfoque más nacionalista o 'regionalista', basado en la construcción de sistemas paralelos de divulgación autóctonos, que favorezcan el uso de idiomas distintos del inglés (la lengua dominante en las ciencias naturales).

Es decir, se le atribuye a las revistas de corriente central un matiz favorecedor del desbalanceado *status quo* de las ciencias en el mundo. Esta posición va acompañada de una proliferación de revistas locales<sup>4</sup> y de una descalificación hacia los indicadores bibliométricos de corriente central. Se alega que contribuir con aportes publicados en los medios predominantes o aceptar la utilidad de sus indicadores métricos ayuda a legitimar el poderío científico del 'primer mundo' y su pobre valoración de la ciencia generada en otras latitudes.

Por otro lado, hay quienes consideramos que la solución al problema mencionado no radica en rechazar la corriente central de las ciencias naturales, sino en alcanzar los parámetros de calidad requeridos para la inserción en ella.

Esta visión es aplicable tanto para las revistas que se editan en la UCR, como para las autorías de los trabajos científicos que se generan. Nuestra intención no es apartarnos de una realidad existente, sino participar de los beneficios que proporciona colocar las contribuciones nacionales dentro de la corriente principal.

Este enfoque, por ende, está acompañado de una aspiración a publicar en revistas que tengan la mayor visibilidad y prestigio académico posibles, e irremediamente, en el idioma que predomina en las ciencias naturales, el inglés. Dos beneficios inmediatos de lo anterior son: (a) dar una amplia visibilidad a la producción

científica local en el ámbito global, y (b) someter nuestro trabajo a criterios de exigencia estrictos, con la consecuente depuración de la producción científica nacional.

Otra característica que acompaña esta actitud es la promoción institucional de una rigurosidad cada vez mayor de las revistas locales, seleccionadas con base en criterios de excelencia, y con la aspiración a insertarse en sistemas de indización cada vez más influyentes<sup>5</sup>, incluyendo por supuesto a los de corriente central. En el ámbito de las ciencias naturales, la *Revista de Biología Tropical* ha sido, por años, el solitario ejemplo en la UCR y en Centroamérica, al ser la única revista incluida en las bases de datos de corriente central.

De acuerdo con las alternativas existentes para publicar los trabajos científicos, podemos preguntarnos: ¿Cuál ha sido la posición de quienes realizan investigación en Costa Rica, en relación con sus publicaciones? Los estudios longitudinales dirigidos a evaluar la producción científica nacional no han podido abarcar la totalidad de los artículos publicados localmente. Esto se debe a que los sistemas de información disponibles no poseen la eficiencia, cobertura e interconectividad requeridas para abarcar las publicaciones excluidas de la corriente central. Aunque algunas revistas ausentes de esta corriente son registradas por sistemas regionales (por ejemplo *Latindex* u otros), las bases de datos en general son aún exiguas, sus criterios de inclusión con frecuencia se centran en parámetros predominantemente de índole administrativa y, por lo general, carecen de ponderaciones métricas estandarizadas que permitan valorar de forma comparativa el impacto de sus revistas.

Por el contrario, la productividad es fácilmente medible a través de las bases de datos de la corriente central. Por ejemplo, un análisis sobre la productividad de la comunidad científica de Costa Rica mediante el uso de la *Web of Science* muestra la evolución del número de publicaciones científicas que alcanzaron la corriente central durante un período de 31 años (Fig. 2).

Este análisis sencillo permite hacer varias conjeturas alternativas: (a) que el número de investigaciones que alcanzan la corriente central en ciencias naturales está creciendo; (b) que esta tendencia corresponde a un crecimiento casi vegetativo, ya que si se corrige por número



En el ámbito de las ciencias naturales aparecieron las primeras publicaciones periódicas a finales del siglo XVII y hoy existen numerosas revistas especializadas (foto archivo ODI).

de investigadores o bien por población, sería más plana, (c) que este crecimiento responde a una mayor visibilización, paralela al desarrollo de la Internet.

Lo evidente es que si los artículos están publicados en revistas de corriente central, son susceptibles a análisis comparativos objetivos, y por tanto útiles para tomar decisiones razonadas sobre el avance de la actividad científica en el país. En términos generales, existe una correlación positiva entre el número de publicaciones que alcanzan la corriente central de difusión y el desarrollo científico de un país.

## 5. Conclusión

El FI surgió como el primer indicador bibliométrico. En la actualidad existen múltiples indicadores dentro de la corriente central que permiten evaluar de forma estandarizada aspectos como la producción de cada científico, las áreas de mayor difusión y penetración, el número de interacciones con otros científicos, las citas de los artículos y otros.

Más aún, la bibliometría se ha consolidado como disciplina que aporta útiles herramientas científicas. Sin embargo, los valiosos datos que esta disciplina produce deben interpretarse a la luz de preguntas concretas dentro de un

contexto determinado. Así como la aceptación acrítica de los indicadores no es conveniente, el ignorar su significado e implicaciones es un error conceptual mayúsculo, con serias consecuencias para la comunidad científica, las autoridades universitarias y quienes toman decisiones sobre el devenir de la ciencia en el país.

Ignorar el valor de los indicadores bibliométricos es un error, pero el mayor daño se hace cuando se explotan sus limitaciones para convertirlas en prejuicios. ■

## Notas al pie

1. Alberts, B. (2013) Impact factor distortions. *Science* 340, 787.
2. <http://am.ascb.org/dora/>
3. Monge-Nájera, J. (2014) La invalidez del Factor de Impacto como indicador del impacto de las revistas científicas latinoamericanas. *Rev. Biol. Trop.* 62, 9-13.
4. Al respecto, nótese la resolución de moratoria (VI-718-2013) que estableció la Vicerrectoría de Investigación de la UCR para la creación de nuevas revistas en la institución durante 2013-2016.
5. Los esfuerzos de la Vicerrectoría de Investigación por mejorar las revistas institucionales y fomentar su ingreso en bases de datos de relevancia regional, como Latindex y SciELO, representan un ejemplo que apunta en esta dirección.



Desde el 2009, la Escuela de Nutrición de la UCR desarrolla el Modelo de Prevención de la Obesidad Infantil *Póngale vida*, en zonas rurales y urbanas del país (foto archivo ODI con fines ilustrativos).

## Prevención de la obesidad infantil, una prioridad de la salud pública

**La obesidad infantil es uno de los problemas de salud pública más graves del siglo XXI. El problema es mundial y está afectando progresivamente a muchos países de bajos y medianos ingresos, sobre todo en el medio urbano.**

*Dra. Xinia Fernández, profesora e investigadora de la Escuela de Nutrición.  
xinia.fernandezrojas@ucr.ac.cr*

**L**a prevalencia ha aumentado a un ritmo alarmante. Se calcula que en 2010 había 42 millones de niños con sobrepeso en todo el mundo, de los que cerca de 35 millones vivían en países en desarrollo. El problema está afectando de manera significativa a los menores de cinco años, lo cual alerta sobre la importancia de iniciar la prevención en estadios tempranos de la vida.

A pesar de que la prevalencia del sobrepeso en los niños es el doble en países de alto ingreso, alrededor del 75 % del incremento global de este problema se presenta en países de medianos y bajos ingresos. Esto determina la necesidad de valorar de forma contextual las circunstancias asociadas al periodo prenatal, nacimiento, lactancia materna e introducción de alimentos distintos a la leche materna en los primeros dos años de vida.

El ambiente intrauterino tiene un papel dominante sobre la programación genotípica, lo cual determina la salud posterior. De esta forma, la desnutrición durante el embarazo y su efecto sobre el crecimiento fetal y en los primeros dos años de vida es el principal determinante tanto del retraso de crecimiento como de la obesidad, y está asociada de manera significativa a las enfermedades no transmisibles en la edad adulta.

### Factores de riesgo

La obesidad en la infancia está también relacionada con crecer en un ambiente obeso génico, en el cual cambios en la dieta y en la actividad física son los principales propulsores.

Los principales factores de riesgo de la obesidad infantil que son modificables son la diabetes gestacional materna; el número de horas de televisión y bajos niveles de actividad física de los niños, inactividad física de los padres, consumo de grasa, carbohidratos y bebidas endulzadas.

Estas tendencias son una consecuencia de los cambios en los patrones de alimentación y actividad física que han sucedido en los últimos años. Estos cambios de comportamiento están relacionados con varios factores ambientales, incluyendo los factores interpersonales (familia, influencia de pares, redes sociales), comunidad (escuela, lugar de trabajo, efectos institucionales) y políticas gubernamentales (local, provincial, nacional).

Los periodos intrauterinos, posnatal, infancia y el período preescolar son cruciales para la programación y la regulación del balance de energía y deberán ser objetos principales de cualquier política para la prevención de la obesidad en la infancia, la promoción de la salud y la disminución de riesgos de enfermedades no transmisibles en la población.



“Es necesario concebir a los niños y las niñas como ciudadanos que deben crecer en ambientes saludables”, afirma la Dra. Xinia Fernández (foto archivo ODI con fines ilustrativos).

Estos hallazgos tienen implicaciones para los países de bajo y mediano ingreso, pues se debe enfatizar en el monitoreo del crecimiento y el control de la ganancia de peso en niños mayores de dos años, los cuales no han sido prioridad de la mayoría de los sistemas de salud.

De esta forma, las madres, infantes y niños de edad preescolar deberán ser prioridad en las acciones y programas incluidos en cualquier política para la prevención de la obesidad y, en general, la población escolar y adolescente, que en el caso de Costa Rica puede representar cerca de un millón de ciudadanos.

Este cambio impactaría de manera significativa los gastos millonarios en salud que deben hacerse para atender de manera terapéutica las enfermedades crónicas y, en su defecto, parte de esta inversión se podría destinar a la promoción de la lactancia materna, introducción adecuada de alimentos en el primer año de vida, alimentación saludable y actividad física en el escenario educativo (preescolar, primaria y secundaria y sus familias).

Sin lugar a dudas, la prevalencia de las enfermedades crónicas en Costa Rica cambiaría significativamente.

## Obesidad infantil en Costa Rica

Costa Rica ha experimentado un incremento de incidencia y prevalencia de sobrepeso y obesidad, especialmente en niños y adolescentes. Los resultados de la Encuesta Nacional de Nutrición, realizada en los años 2008 y 2009, muestra que el 21,4 % de los niños y niñas entre los cinco y los 12 años de edad presenta sobrepeso y obesidad. Esta cifra representa un aumento de 6,5 puntos porcentuales en comparación con los resultados de la Encuesta Nacional de Nutrición que se realizó en 1996.

Este problema afecta por igual a las zonas rurales y urbanas, pero ha recibido mucho menos atención en el escenario rural. En escenarios rurales donde el problema de la obesidad se mezcla con la inseguridad alimentaria de las familias, la tarea es doblemente difícil pues hay que vencer la pobreza, el sobrepeso y la obesidad.

Para contribuir a la prevención del problema de obesidad infantil en Costa Rica, a inicios de 2009, la Escuela de Nutrición de la Universidad de Costa Rica desarrolló el Modelo de Prevención de la Obesidad infantil *Póngale vida*.

El modelo desarrollado tiene la particularidad de que integra de forma transversal los contenidos de una alimentación saludable y la actividad física, al currículo, sin añadir un compromiso que involucre tiempo adicional para los estudiantes y los docentes. El objetivo del Modelo es promover estilos de vida saludables para la prevención de obesidad infantil en los niños y niñas preescolares y escolares de Costa Rica, por ser este el período crucial para la implantación y confirmación de estilos de vida saludables.

En el 2012 se desarrolló el Modelo *Póngale vida* en dos zonas rurales del país, Turrialba y la zona de Los Santos. En el 2013, se desarrolló en el nivel de preescolar, primero y segundo ciclos en tres escuelas de Turrialba y 27 aulas de preescolar y en el 2014 se seleccionó una escuela modelo en Turrialba para realizar un segundo año de intervención, de forma que se pueda consolidar y fortalecer el modelo de intervención.

El Modelo incluye el desarrollo de estrategias en los escenarios que influyen en el desarrollo integral de los niños y niñas: el aula, la escuela, la familia y la comunidad. La premisa básica de este modelo es que se debe trabajar en fortalecer la capacidad de tomar decisiones saludables en los niños, las niñas y sus familias.



Entre los principales factores de riesgo de la obesidad infantil que se pueden modificar se encuentran los bajos niveles de actividad física de los niños, según la autora (foto archivo ODI con fines ilustrativos).

En la escuela se desarrollaron las estrategias de 15 minutos activos y el recreo activo para la promoción de la actividad física. Con las familias se trabajó en talleres para apoyar la selección y compra adecuada de alimentos y se agregaron los domingos familiares que involucra la participación de líderes comunitarios para organizar eventos gratuitos y abiertos a todos, en los que se promueve la alimentación saludable y la actividad física como pilares de la prevención de la obesidad infantil.

### **Prevención del sobrepeso**

Es necesario concebir a los niños y las niñas como ciudadanos que deben crecer en ambientes saludables y que más allá de aprender las abundantes materias que se ofrecen en el currículo, la escuela debe ser el mejor lugar para el fortalecimiento o la modificación de conductas que se asocian con salud y bienestar.

Un crecimiento óptimo en los primeros mil días de vida es además esencial para la prevención del sobrepeso y la obesidad. Cual sea el peso corporal que se haya tenido en los primeros años de vida, este se ha asociado positivamente con el índice de masa corporal en estudios de países de bajo y mediano ingreso.

Asimismo, las ganancias rápidas de peso en los primeros mil días de vida están fuertemente asociadas con la masa magra del adulto, mientras que las ganancias de peso después de este período conducen principalmente a la masa adiposa en la etapa adulta.

En particular, la evidencia sugiere que los infantes cuyo crecimiento fue afectado en los primeros años de vida y quienes ganaron peso rápidamente más tarde en la infancia, podrían estar en la adultez en riesgo de obesidad y de desarrollar enfermedades no transmisibles.

Infantes que presentaron un peso superior a la media a los dos años de edad tuvieron factores de riesgo en la edad adulta para el aumento de la glicemia, la presión arterial y los niveles de lípidos. Después de los dos años de edad y, particularmente, después de los cuatro años de edad, las ganancias rápidas de peso muestran efectos adversos en el riesgo cardiovascular del adulto. ■



Las ferias, museos de ciencia, transferencia al sector productivo y realización de conferencias públicas son algunas formas de divulgar la ciencia (foto archivo ODI).

## La ciencia que cuenta es la que se cuenta

**La comunicación de la ciencia constituye el conjunto de procesos comunicativos que el personal científico e investigador utiliza para transmitir los procesos, conocimientos y resultados de su labor académica. La misma es fundamental en la génesis del conocimiento, pues la ciencia que no es comunicada carece de validez y reconocimiento.**

*Licda. Tatiana Blanco Álvarez  
Lic. Esteban Montenegro Montenegro,  
Instituto de Investigaciones Psicológicas (IIP)  
M.Sc. Andrés Castillo Vargas,  
investigador colaborador IIP  
tatianamaria.blanco@ucr.ac.cr  
esteban.montenegro\_m@ucr.ac.cr  
andres.castillo@ucr.ac.cr*

**C**omunicar la ciencia académica es una actividad imprescindible para su desarrollo. Sin embargo, las particularidades que la caracterizan la convierten en una actividad compleja, plagada

de diversos recorridos y escenarios que en muchas ocasiones se restringen al ámbito de los expertos con un grado de especialización cada vez mayor. Ello origina una brecha en su relación e intercambio con la sociedad y con otros especialistas de distintas disciplinas.

La comunicación de la ciencia no solo es un factor de crecimiento del propio quehacer científico, sino también una aportación para mejorar la calidad de vida de las personas y un medio para poner a disposición de muchos el gusto por conocer el aprovechamiento de los recursos, que son utilizados por la ciencia. Es por esta razón que deben desvanecerse las fronteras que dividen a la actividad científica de la sociedad y de otras expresiones humanas.

No obstante, el uso de un lenguaje técnico, el escaso contacto con especialistas de otras áreas, la carencia de tiempo y el poco reconocimiento hacia los procesos de comunicación dentro del ámbito científico han dado lugar a que los resultados, métodos, procedimientos y alcances de muchas investigaciones sean incomprensibles y de poco acceso para quienes no son especialistas. Esto convierte a la ciencia en una “caja cerrada” de difícil comprensión para la mayoría de las personas.

En otras palabras, el personal científico que desee comunicarse directamente con diversos públicos de la sociedad se enfrenta a varios



obstáculos importantes, quizás el más básico de ellos sea el lenguaje; ya que debe desarrollar la capacidad de mediar pedagógicamente las ideas del lenguaje técnico de su disciplina, para transformarlas en expresiones de fácil entendimiento para un público heterogéneo.

Si la ciencia no logra ser comunicada de forma adecuada y llegar a la sociedad, lo hará la pseudociencia, lo que origina una serie de controversias y dificultades al dar cabida a mitos e ideas falsas como si fueran conocimiento científico válido.

Este hecho hace urgente que el personal académico se capacite en el desarrollo de procesos de comunicación de la ciencia, adquiera novedosas habilidades de comunicación, mejore sus relaciones con los periodistas y desarrolle procesos de comunicación dirigidos a diversos públicos de la sociedad.

### **La importancia de la divulgación**

Hoy en día existe cierto consenso sobre la responsabilidad que el personal científico posee ante la sociedad y el reconocimiento de la ciencia como una actividad con alto valor económico y político, de vital importancia en el desarrollo de las sociedades modernas. Asimismo, que se debe propiciar la participación y el acercamiento del gran público y no solo la validación y el asentimiento de las comunidades científicas y académicas.

Es así que debemos reconocer dos procesos principales que conforman la llamada comunicación científica: la difusión y la divulgación. La difusión es el proceso de comunicación entre pares o miembros de un mismo grupo o comunidad de especialistas, mientras que la divulgación es conocida como la forma de comunicación dirigida a que diferentes esferas de la población posean un acceso fácil, rápido y veraz a información científica de primera mano, de calidad comprobada.

La divulgación científica es una de las mejores formas de construir puentes entre la ciencia y la sociedad. Por medio de ella, la ciudadanía puede informarse y conocer más sobre el quehacer científico, además de estimular el estudio de las ciencias, promover la capacidad deliberativa en aquellos temas vinculados a la innovación e incitar el desarrollo de un sentido de responsabilidad –y corresponsabilidad– social, caracterizado por la asertividad y el pensamiento

crítico en el progreso del conocimiento científico.

La dificultad inicial en relación con estos procesos radica en que los espacios de adiestramiento que posee el personal investigador para poder mejorar la difusión y divulgación de sus investigaciones son limitados, poco articulados y vinculantes a su labor investigadora. El resultado es que la comunicación de la ciencia se convierte en una tarea opcional, que no todo el personal investigador desea o está dispuesto a realizar.

A pesar de estas limitantes, es innegable que en el mundo académico es preciso ser un buen docente e investigador y también generar procesos de gestión y cogeneración del conocimiento, que involucren a diversos públicos.

La sociedad del conocimiento demanda la necesidad de promover un cambio de mentalidad del personal investigador en lo relativo a la comunicación de la ciencia, que asuma que toda política de investigación debe incluir una política de comunicación, la cual facilite la rendición de cuentas, la captación de recursos y el fortalecimiento de nuevas líneas de investigación.

Desde esta perspectiva, la divulgación de la ciencia puede efectuarse de varias formas: por medio de la escritura de artículos en los medios de comunicación, la participación en ferias o museos de ciencia, la transferencia al sector productivo y la realización de conferencias públicas, entre otras actividades.

Lo fundamental de estas acciones es lograr entablar un diálogo inclusivo con el público al cual nos dirigimos. Para ello, debemos dejar de lado prejuicios e ideas falsas en torno a las personas que se encuentran fuera de las comunidades científicas. Muchos ciudadanos no poseen conocimientos especializados en determinados temas, pero poseen el conocimiento local, vivencial y en muchas ocasiones las ganas de mejorar o resolver los problemas a los cuales ellos se encuentran expuestos o sus comunidades. El público no científico posee una serie de conocimientos, valores e intereses que son de gran utilidad en la reflexión y aplicación de la ciencia en contextos culturales. ■





La película *Boys Don't Cry* (1999), de la directora Kimberly Peirce, aborda el tema de la transexualidad y el transgénero a través del personaje Brandon, quien tiene una identidad contraria a su sexo.

## Transexuales, náufragos del género

En su libro *Masculinidades femeninas* (2008), el profesor de Inglés Judith (Jack) Halberstam –un hombre transexual– utiliza el concepto “masculinidad femenina” para referirse a las personas transexuales y transgéneros de mujer a hombre. Ese concepto comprende una variedad de maneras en las que las mujeres y los cuerpos “hembriles” adoptan apariencia, roles y sentimientos masculinos.

Álvaro Carvajal Villaplana  
Director Programa de Posgrado en Filosofía  
alvaro.carvajal@ucr.ac.cr

**É**l habla de un continuo de las masculinidades femeninas, que van desde las mujeres heterosexuales hombrunas, pasando por las lesbianas masculinizadas, y finaliza en los transgéneros y los transexuales.

Este artículo se centra en los transgéneros y los transexuales de mujer a hombre (hombres trans). Ellos son una minoría sexual invisibilizada que cuenta con pocas voces. En Costa Rica es más que evidente.

Es común confundir la transexualidad y el transgénero con la homosexualidad, a pesar de que estos fenómenos son diferentes. Mientras que la homosexualidad marca una atracción por personas del mismo sexo, en la transexualidad y el transgénero las personas se sienten o son de la identidad contraria a su sexo. Por lo general, no son homosexuales, como en el caso de Brandon, en la película *Boys Don't Cry* (1999), de Kimberly Peirce. Sin embargo, también existen casos de hombres trans homosexuales.

Brandon es un joven que asume una identidad masculina agresiva: busca la confrontación violenta en los bares, se adhiere a los juegos bravucones, hurta, violenta la ley en pequeños detalles y ha estado en prisión. Es un personaje que gusta de la aventura y el riesgo. El protagonista es un hombre que intenta mostrar una virilidad enérgica, pero no es un muchacho tan viril, pues se ve débil, poco fornido y de facciones finas.

La película se ubica dentro de la teoría *queer*; sin embargo, intenta justificar la dislocación entre el sexo biológico y la identidad (psicológica) de Brandon, a partir de las bases biológicas que producen una supuesta “crisis de identidad sexual”.

Brandon atribuye esta situación a un problema de nacimiento, algo que no puede controlar. Él nació en un cuerpo femenino, pero tiene una mente masculina. Cuando Lana, su novia, pregunta si él antes era “ella”, Brandon responde que al principio era femenina, luego fue como una chica marimacho y después se volvió un estúpido.

Esta narración presenta un Brandon en desdoblamiento, escindido; es decir, una identidad que no logra armonizarse y en la cual existen dos seres. Él dice a Lana que Brandon es en realidad Teena, que “Brandon no es del todo él. Brandon más bien es ella”.

Otro asunto sugestivo de este filme es que recurre a un manual que explica la condición transexual: travestismo y transexualidad, el dilema no deseado. Esto es comprensible, ya que para la mayoría de las personas, la transexualidad, el transgénero y la intersexualidad no resultan comprensibles desde el sentido común.



## El cambio de sexo

El transexual es quien ha comenzado a cambiar su cuerpo por medio de la tecnología hormonal o la cirugía, junto con el cambio de la vestimenta y la apariencia física. Mientras que el transgénero no ha iniciado el cambio de cuerpo o sexo. El filme expresa la necesidad de realizar un cambio de sexo.

En *Boys Don't Cry* la ciencia y la tecnología son las vías para resolver el dilema no deseado. La cinta acepta que la identidad masculina de Brandon es una construcción identitaria condicionada por la biología y el proceso psicológico por el que transitan los transexuales.

Por lo general, los hombres trans se los confunde con las lesbianas que asumen roles y vestimenta masculinos, a las que comúnmente se las considera "marimachas". Sin embargo, esto ha creado un estereotipo y una imagen falsa de lo que significa ser lesbiana.

Por otra parte, tal confusión ha contribuido a invisibilizar a los hombres trans. Estos estereotipos no recogen la riqueza de la realidad de las lesbianas ni la de los hombres trans.

Estos son discriminados y excluidos por la sociedad, que concibe solo dos sexos bien definidos: hombre y mujer. A pesar de esto, ellos pasan más inadvertidos que las mujeres trans (transexuales de hombre a mujer), quienes son más visibles. Así, los hombres trans tienen más acceso a una ocupación remunerada, mientras que las mujeres trans no lo tienen, por eso se dedican en su mayoría al trabajo sexual.

No obstante, fuera del mundo heterosexual, estos cuerpos hembriles que asumen el sexo y la identidad masculina son rechazados debido a que se adjudican el "género del patriarcado" o porque intentan imitar la "cultura del macho".

No todos los hombres trans se comportan como el típico hombre machista, pues algunos intentan asumir masculinidades alternativas al patrón dominante. Según Halberstam, este rechazo proviene de ciertos enfoques feministas y algunas veces desde el movimiento *gay* y *lesbiano*.

Para algunas investigadoras, esta identificación transgénero de mujer a hombre se debe a la ausencia de un contexto femenino. Incluso, ser un transgénero o transexual masculino es caer en la trampa del patriarcado, ya que este

interviene en las mentes de dichas mujeres y por ello reproducen la misoginia de los hombres.

Otras veces se los ve como "traidores" porque adoptan la identidad y el sexo de la opresión. Para Halberstam, estas críticas se basan en un prejuicio. Por esto, el autor se refiere a estas personas desde un enfoque teórico que denomina *queer* ("raro"), palabra inglesa que se utilizó para insultar a las minorías sexuales".

En relación con las críticas a las mujeres masculinas y a los hombres trans, él testifica: "Durante la mayor parte de mi vida, las críticas a mi ambigüedad de género han convertido mi masculinidad en algo vergonzoso. Sin embargo, en los últimos diez años he sido capaz de convertir mi estigma en algo que me fortalece".

Asegura que existe una transitividad del transgénero a la transexualidad, y de aquí al cuerpo del sexo contrario en el que nació. Esta transitividad consiste en una adecuación de su cuerpo a la identidad; es decir, un viaje que aparentemente llega a su fin.

Según explica el sociólogo Gerard Coll Planas, en *Género desordenado* (2010), es posible entender la transexualidad como una etapa, un estado o un proceso que acaba con la operación de reasignación de sexo. Sin embargo, no hay un fin, pues la transexualidad es un estado que siempre estará presente a lo largo de la vida; por esto, Coll no habla de transitividad, sino de "náufragos del género", ya que nunca se llegará a una completa armonía entre el sexo y la identidad.

No cabe duda de que el transgénero y la transexualidad tienen causas biológicas. Comparto con Coll la idea de que no se escoge ser homosexual, transgénero o transexual; tampoco se decide a voluntad sobre los sentimientos, parece ser más una condición biológica, gestionada por las personas en un contexto cultural.

La transexualidad y el transgénero no son enfermedades y tampoco son un problema mental. En algunas personas transexuales, el sentirse con una identidad de género distinta a la de su cuerpo, les causa sufrimiento o malestar hasta llegar a odiar sus genitales. Otras personas trans pueden vivir en armonía con su cuerpo, y por eso no requieren de la transformación corporal. Pero, tal parece que existe un hecho objetivo: el cuerpo y la identidad no coinciden. ■



La obra Cartografía geológica de la Península de Nicoya, Costa Rica fue reconocida con el Premio Nacional Aquileo J. Echeverría 2014 en la categoría de Libro no ubicable.

El jurado que otorgó el galardón argumentó en su fallo que el libro "constituye una herramienta muy útil y un instrumento único para conocer, de manera profunda, la geografía de Nicoya, abriendo la posibilidad de estudios similares. Esta obra es una edición de primer nivel, cuidada y hermosa, cuya sola presentación resulta atractiva y valiosa en sí misma".

## Nuevo libro describe la riqueza geológica de la península de Nicoya

**Los relieves y las rocas de una zona diversa y hermosa trazados con meticuloso detalle: esta es la oferta de *Cartografía geológica de la península de Nicoya*, nueva publicación de los geólogos Dr. Percy Denyer Chavarría, Mag. Teresita Aguilar Álvarez y Mag. Walter Montero Pohly, editada por la Editorial Universidad de Costa Rica.**

*Luis Fernando Vargas Vega*

**L**a obra, ganadora del Premio Nacional Aquileo J. Echeverría 2014, en la categoría de Libro no ubicable, representa la totalidad del mapa geológico de la península de Nicoya, en Guanacaste. Se compone de 21 hojas cartográficas a escala 1:50.000 –lo que equivale a un kilómetro de territorio por cada dos centímetros de mapa–, que identifican el relieve y las diversas unidades geológicas (tipos de cuerpos rocosos) que pueden encontrarse en el área. Los mapas se elaboraron con la escala oficial utilizada por el Instituto Geográfico Nacional.

Además se incluye un libro que profundiza en las diferentes formaciones geológicas presentes en los mapas: describe los tipos de roca, terrenos y fósiles de la península.

La publicación es una de las síntesis más detalladas de los aspectos geográficos y geológicos de la península de Nicoya realizada hasta el momento. "Existía información acerca de la zona, pero estaba dispersa en hojas cartográficas elaboradas en diversas escalas y en diferentes años. Nuestro objetivo fue recolectar la información que había, llenar los vacíos y ofrecer un modelo unificado en el cual toda la información fuese correspondiente", expresó el Dr. Percy Denyer Chavarría, profesor e investigador de la Escuela Centroamericana de Geología de la Universidad de Costa Rica (UCR).

Los coautores, la Mag. Teresita Aguilar Álvarez y el Mag. Walter Montero Polly son profesores jubilados de la misma escuela.

La anterior síntesis del mapa geológico de la península de Nicoya fue elaborada por el Dr. Gabriel Dengo en 1962. "Se trata de un hoja cartográfica que describe, de manera general, la totalidad de la península. La deficiencia de tal trabajo es que está elaborado en una escala que no permite mucho detalle", afirmó Denyer.

### Mapas para el futuro

La cartografía precisa de la península de Nicoya es un importante insumo académico, pero también es una herramienta que puede propiciar el desarrollo socioeconómico de la zona.

Según explicó Denyer, "estos mapas son una información base en el posible desarrollo de trabajos en diferentes disciplinas aplicadas,



Detalle de uno de los mapas incluidos en el libro, que describe las características de la zona de Abangares (mapa cortesía Percy Denyer).

como la Ingeniería y la Hidrogeología. También es funcional para la planificación de los recursos de la zona, ya que las rocas y las pendientes determinan el tipo de suelo del área”.

Percy Denyer y los mapas de la península de Nicoya son viejos conocidos: el geólogo ha trabajado en hojas cartográficas de la zona desde la década de 1990. “Elaboré varias de las hojas que utilizamos hace más de 20 años; no obstante, las pulimos y las adecuamos a las normas con las cuales publicamos la actual síntesis”, declaró.

La recolección de datos fue lenta, pero constante. “Trabajamos poco a poco. En el 2009 hicimos un convenio con la Dirección de Geología y Minas (Ministerio del Ambiente y Energía) en aras de finalizar el libro, porque necesitábamos realizar varias giras para empatar los datos de las hojas que se elaboraron en diferentes períodos, revisar lo que habían hecho otros autores y entender cómo correlacionar nuestra información con la de ellos”, dijo el geólogo.

Las tareas que se realizan en las giras consisten en tomar muestras de rocas para analizar en

laboratorio y realizar observaciones directas en el campo. Al igual, Denyer utilizó fotos aéreas del área para traducir el relieve y los rasgos del terreno.

La estructura base de la península de Nicoya surgió aproximadamente hace 90 millones de años. Las rocas que constituyen la formación geológica de la península se formaron en el Punto Caliente de Galápagos, un área de actividad volcánica en la placa de Nazca, cerca del Ecuador terrestre. “Las rocas viajaron de ahí hasta llegar a su posición actual. Cerca de 70 millones de años atrás, algunas unidades geológicas debieron emerger porque tenemos evidencia de arrecifes de rudistas (microorganismos similares a conchas) que se formaron durante ese período”, expresó.

La península de Nicoya cuenta con terrenos planos y otros, como el cerro Azul, ubicado en el centro, que alcanzan los 1000 metros de altura. Es un terreno variado en formaciones geológicas apto para diversas actividades económicas.

El libro puede adquirirse en la Librería Universitaria, en San Pedro de Montes de Oca. ■



La Dra. Libia Herrera, experta en virología, escribió este libro para demostrar que “todo lo que existe en el planeta es interdependiente y cada acción que se realiza tiene sus consecuencias más allá de lo imaginable” (foto Laura Rodríguez).

---

## Dra. Libia Herrera “Somos más microorganismos que células”

---

**Descubre su relación con los microbios es el sugerente título del libro que presentó la Red Institucional de Formación y Evaluación Docente (Rifed). La autora de esta virulenta obra es la ex decana de la Facultad de Microbiología, ex vicerrectora de Docencia y Profesora Emérita de la Universidad de Costa Rica (UCR), Dra. Libia Herrera Uribe.**

*Barbara Ocampo Hernández*  
*Periodista Rifed*

**E**l trabajo nace de la pasión por los microbios, esos invisibles “seres que nos habitan” y que Herrera ha investigado en las últimas cuatro décadas. Está dividido en diez capítulos que descomponen los temas de tal manera que “nos permite hacernos cargo de nuestro propio aprendizaje”, señala la

escritora del prólogo, la Dra. Eleonora Badilla Saxe, coordinadora de Rifed.

Badilla destacó el lenguaje utilizado y el enfoque didáctico de la publicación, la cual permite la fácil comprensión del mundo microscópico, sin importar la disciplina de la que venga el lector.

Este libro es una recopilación de muchas preguntas que le han hecho a Herrera a lo largo de su vida. El recorrido por las páginas inicia con “Los microbios y nosotros” para luego realizar una “Descripción de los organismos vivos” y explicar por ejemplo, cuál es la diferencia entre un virus y una bacteria. Así, con los conceptos claros, el lector puede continuar con el tema de “¿Cómo se estudian las enfermedades infecciosas?” y posteriormente en el capítulo cuatro entender la “Relación entre el agente y el hospedero”.

### Importancia en la docencia

Aunque los microbios nos dan miedo, siempre están rodeándonos. “Han arrasado, matado poblaciones enteras en otras épocas. Pero en realidad, la cantidad de microbios que nos atacan son mínimos. Entonces tenemos que entender cómo se transmiten las enfermedades para poder evitar contagios”, explicó la autora.

A criterio del Dr. Manuel Ortega Rodríguez, profesor de la Escuela de Física de la UCR, “el libro es oportuno, nos da la posibilidad para abstraer y pensar en otros sistemas, utilizar la vida como una fuente de metáforas para ser implementadas en problemas sociales, de computación”.

Uno de los pilares del texto son las interrelaciones, la complejidad que se encuentra por ejemplo en ‘Las enfermedades emergentes’ y “Los descubrimientos de alto impacto: el microbioma y la epigenética”, capítulos en los que se desmenuzan las muchas causas socioeconómicas y ecológicas, así como el impacto del uso inadecuado de antibióticos o insecticidas en la salud.

Herrero asegura que “somos más células microbiológicas que humanas. Entonces, ¿quién controla a quién? Somos un cúmulo de bacterias caminando por la vida. Hay que quitarse ese antropocentrismo espantoso que tenemos”, conocer el ambiente y con quien convivimos, es decir, “cuidarse a uno mismo y a los seres que nos habitan”. ■