



DEBILIDAD INSTITUCIONAL OBSTACULIZA LA CONSERVACIÓN DE ESPECIES

Los entes encargados de la biodiversidad en el país caminan en distintas direcciones, esto dificulta el trabajo para proteger a las especies en peligro de extinción (págs. 2 y 3).



Biodiversidad se enfrenta a rigidez institucional

Aunque las leyes e instituciones existen, la protección de muchas especies divaga entre debilidades gubernamentales.

Paula Umaña González
paula.umana@ucr.ac.cr

Costa Rica representa cerca del 5 % de la biodiversidad conocida en el mundo, esto sitúa al país como una región con una alta variedad natural. Según el Estado del Ambiente del año anterior, elaborado por el Ministerio de Ambiente y Energía (Minae), en el territorio nacional se contabilizan más de 94 753 especies entre flora y fauna, muchas de ellas en peligro latente de desaparecer.

De acuerdo con la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), de las 3 812 especies de plantas y animales amenazados a nivel mundial, que habitan en los rincones naturales costarricenses, un 8,6 % está en las categorías de peligro crítico, en peligro o vulnerable. Este inventario es un indicador de la salud de la biodiversidad del planeta.

Según el informe del Minae, la pérdida de hábitat, la sobreexplotación, el cambio climático, la contaminación y las especies exóticas invasoras son las principales amenazas a la variedad de vida en el país. A estas causas se añaden eventos como atropellos, la caza ilegal y el desconocimiento por parte de las personas en cuanto a especies de fauna terrestre.

La danta o tapir (*Tapirus bairdii*) es una de las víctimas de esas acciones del ser humano, este mamífero ha visto reducida su población en los últimos años.

De acuerdo con los expertos, Costa Rica cuenta con amplia normativa para proteger el ambiente; sin embargo, debilidades como una estructura institucional

fragmentada y un deficiente trabajo preventivo dificultan la plena conservación del ambiente.

Bases legales, poca acción

El Vigésimo Informe del Estado de la Nación afirma que el país tiene leyes suficientes y también instituciones designadas para resguardar la biodiversidad nacional.

No obstante, el estudio halló que “existen notables debilidades para la prevención y la evaluación adecuada de los efectos de las actividades humanas, así como en la capacidad de fiscalización y tutela”, cita el documento.

Conservación) hay una gran dificultad en el tema de prevención, control y protección, tanto por aspectos relacionados con recursos humanos, con equipamiento, con disponibilidad financiera, como con la ausencia real de planes comprensivos de control y prevención”, explicó el abogado.

Además de esto, la fragmentada labor de las instituciones es una de las principales debilidades en el trabajo de conservar al medioambiente, ya que en el proceso participan diversos actores como el Sinac, el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) o el Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura (Incopesca), dependiendo de la especie de la que se trate.

visto reducida su comunidad por la pesca y exportación de sus aletas.

Otra de las observaciones que realizó el especialista fue que se haya eliminado el acto de “acosar” en la Ley de Vida Silvestre.

“En la nueva legislación, al dejar por fuera el concepto de ‘acosar’ y mantener, solo, ‘cazar’, se reducen realmente las posibilidades de éxito de muchas denuncias ambientales, ya que el acoso era más sencillo de probar. Es muy difícil demostrar cualquiera de las otras circunstancias que requiere el delito de caza. Ahí se debilitó mucho la protección penal”, indicó Cabrera.

Con respecto a este panorama en particular, durante la actividad: “Retos y perspectivas de protección de especies en peligro de extinción”, realizada en la Universidad de Costa Rica (UCR), el fiscal ambiental José Pablo González expuso que “antes el verbo ‘cazar’ decía ‘acosar, capturar o matar animales’.

Y habíamos creado jurisprudencia con la cantidad de condenas, donde era por acoso que podíamos actuar desde el derecho penal, antes de que el animal fuese matado o cazado”.



Las dantas son amenazadas a diario por las acciones humanas. En los últimos siete años, se han reportado 23 dantas atropelladas, principalmente en la carretera Interamericana Sur (diseño: Rafael Espinoza).

El abogado e investigador principal en derecho de la biodiversidad del Centro de Derecho Internacional del Desarrollo Sostenible, Jorge Cabrera Medaglia, concuerda con este criterio y aseveró que gran parte de las deficiencias se dan en el tema operativo, “no es tanto del marco legal, sino al aplicar este”.

“Por lo menos en lo que corresponde al Sinac (Sistema Nacional de Áreas de

Así, por ejemplo, el gobierno saliente designó mediante decreto al Incopesca como ente responsable de las decisiones relacionadas con las exportaciones de especies de interés pesquero, como el tiburón martillo, animal que se añadió al marco de protección de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestre (CITES, siglas en inglés) y que ha

González, aseguró que existe un “divorcio” entre los diferentes tipos de recursos que existen en el país: “vean el tratamiento diferente de áreas silvestres terrestres con las marinas, estamos con visiones separadas, sesgadas”, dijo.

Por su parte, para la viceministra de Aguas y Mares, Haydée Rodríguez, “en el reglamento de la Ley de Conservación de Vida Silvestre no hay nada relacionado con el manejo y conservación de especies de interés pesquero o acuícola, porque se ha dicho que el tema vinculado con el interés pesquero le corresponde ser regulado por Incopesca”.

Aunque en un principio la rectoría le correspondía al Minae, después del cambio de algunos decretos, las especies marinas pasaron a manos del Incopesca, ente que ahora se encarga de otorgar los dictámenes



La sobreexplotación de los recursos marinos y las trabas gubernamentales afectan a las poblaciones de tiburones en el país (foto cortesía de Mario Espinoza).

de extracción no perjudiciales (DENP). “El problema es que en ninguna parte existe una definición de qué es interés pesquero, entonces para Incopesca ha sido todo aquello que se mueve”, añadió Rodríguez.

Según la viceministra, el Minae está revisando la lista de especies marinas y costeras en peligro de extinguirse “para ver cómo enfatizamos el hecho de que sigue siendo vida silvestre susceptible de resguardo por parte del ente rector, en este caso el Minae. Además, hemos hecho la consulta a la Procuraduría General de la

República para determinar esos parámetros que hicieron la división entre especies de interés pesquero y vida silvestre”.

¿Qué falta?

Aunque el país cuenta con una base firme en el tema de conservación ambiental, “las gestiones tan solo alcanzan para reaccionar ante daños ya ocurridos”, tal y como expresa el *Informe del Estado de la Nación 2017*.

Por esto, los expertos aseguran que el trabajo para educar y sensibilizar es vital en las comunidades del país, y coinciden en la urgencia de fortalecer las instituciones que deben velar por el cuidado de la biodiversidad costarricense.

Aunado a esto, en criterio de Cabrera, el país se encuentra frente a la oportunidad de utilizar otros instrumentos, además del sancionatorio, para proteger el medio ambiente.

“Tenemos normativamente establecida la necesidad de generar incentivos para el

manejo de la biodiversidad, pero muchas de estas disposiciones se han quedado en letra muerta por falta de aplicación y reglamentación”, subrayó el abogado.

En cuanto a los incentivos por buenas prácticas en el uso de la vida silvestre, Cabrera ejemplifica que podrían ser tanto económicos como de reconocimiento público.

Por ahora, mientras los biólogos y ambientalistas buscan avanzar con los trabajos de conservación, muchos de los planes de trabajo se atascan en el cuello de botella institucional. ■



Las especies de tiburones que habitan las aguas costarricenses son amenazadas por factores como la pesca de arrastre (foto cortesía de Mario Espinoza).



Mediante la técnica de edición de genomas, investigadores nacionales y extranjeros buscan soluciones a problemas ocasionados por los efectos del cambio climático en el cultivo del arroz. Matías Romero, biólogo molecular argentino, colabora con el proyecto como parte de su posdoctorado (foto: Laura Rodríguez).

En un futuro el arroz podría ser tolerante a la sequía

Una planta de arroz tolerante a la sequía y a la salinidad puede ser una alternativa futura para los productores nacionales frente a los efectos del cambio climático en la agricultura.

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

Esta es una posible solución que plantean investigadores de la Universidad de Costa Rica (UCR), tras varias décadas de trabajar en el laboratorio con técnicas biotecnológicas enfocadas en el mejoramiento genético de cultivos vitales para el país.

Con el fin de aportar al estudio en esta materia, el Centro de Investigación en Biología Celular y Molecular (CIBCM) inició en el 2017 un proyecto para desarrollar una nueva variedad de arroz, mediante el uso de la técnica conocida como edición de genomas. Esta consiste en hacer un cambio puntual en los genomas del ADN del arroz, y de esta forma conferirle determinadas características a la planta.

Los investigadores Andrés Gatica Arias y Griselda Arrieta Espinoza, quienes tienen a cargo el estudio, explicaron que la iniciativa es interdisciplinaria y cuenta con la participación de especialistas nacionales y extranjeros.

A escala nacional, están involucrados en el proyecto el CIBCM, la Escuela de

Estadística, la Escuela de Comunicación y el Centro de Investigación en Estudios de la Mujer de la UCR; el Instituto Tecnológico de Costa Rica y la Universidad Estatal a Distancia. A nivel internacional, participan el Instituto Fraunhofer de Alemania y el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (Cinvestav) de México.

La propuesta es financiada con fondos del Espacio de Estudios Avanzados de la UCR (Ucrea) de la Vicerrectoría de Investigación de la UCR.

Además, el proyecto tiene otros componentes que involucran la parte social e informativa, con el propósito de indagar en los datos que publican los medios de comunicación sobre las nuevas tecnologías y cómo esto influencia a la opinión pública.

Estudios pioneros

En la década de los años noventa, ya el CIBCM había desarrollado una variedad de arroz genéticamente modificada con tolerancia al virus de la hoja blanca y resistente a un herbicida, mediante el uso de la transgénesis, una tecnología de punta en ese momento que permite tomar un gen de un organismo e introducirlo en otro.

“Cuando se inició el programa de investigación se optó por utilizar la ingeniería genética aplicada a plantas para resolver problemas locales. Ese fue el proyecto pionero y de ahí se derivaron otras iniciativas. En esa época, la ingeniería genética era muy nueva y la UCR empezó a desarrollar ese conocimiento”, explicó Arrieta.

En ese caso, los científicos tomaron el gen de una bacteria y lo introdujeron en el arroz, para desarrollar la resistencia de la planta a un insecto y a un herbicida.

No obstante, dicha variedad no llegó a comercializarse debido al rechazo de algunos grupos sociales y a la percepción negativa de las personas en torno a los organismos genéticamente modificados (OGM) o transgénicos.

El arroz, al constituir un producto de consumo básico en la dieta de los costarricenses, continúa despertando interés en el “Programa de mejoramiento genético de cultivos” del CIBCM, razón por la cual se ha venido realizando diversas investigaciones.

“En Costa Rica, donde el arroz es uno de los cultivos de mayor importancia, sería una falta si la UCR no estuviera desarrollando estudios sobre este producto”, comentó Gatica.

Una de las mayores preocupaciones de los científicos es que en los próximos años habrá poca disponibilidad de agua. “En los suelos donde se cultiva este grano se está dando una alta acumulación de sal y, además, se prevé que en los próximos años haya poco acceso al agua. En Guanacaste se enfrentan problemas de sequía y esta provincia es una de las principales zonas productivas de arroz en Costa Rica”, aseguró el biólogo.

Según la Corporación Arrocera Nacional (Conarroz), este cultivo se ha realizado tradicionalmente bajo la modalidad de secano, que depende de las lluvias. Sin embargo, con el paso del tiempo se ha incrementado el área de siembra que utiliza riego, a causa

de la inestabilidad del clima y de la reducción de la lluvia.

“Considerando las áreas sembradas y los sistemas de manejo, es de esperar que –producto de las condiciones– una zona como la Chorotega (Guanacaste) se ha vuelto más dependiente del riego, con un incremento de los niveles de salinidad del suelo, mientras que las zonas más dependientes del agua de lluvia evidencian disminuciones en la producción consecuencia de las sequías”, señaló Conarroz en su informe de 2016-2017.

La salinidad provoca que haya poca disponibilidad de agua en el suelo, esto afecta a las plantas de arroz.

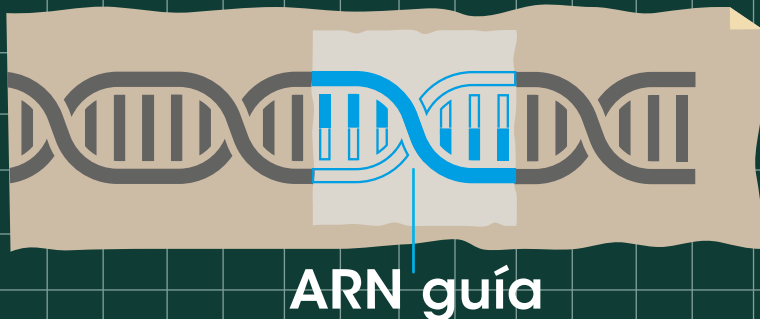
Cambios en el ADN

La edición de genomas, como se le conoce a una nueva herramienta de mejoramiento genético, tiene aplicaciones en el campo agrícola y en la medicina. Fue desarrollada por dos científicas de la Universidad de California, Estados Unidos, y de la Universidad de Viena, Austria.

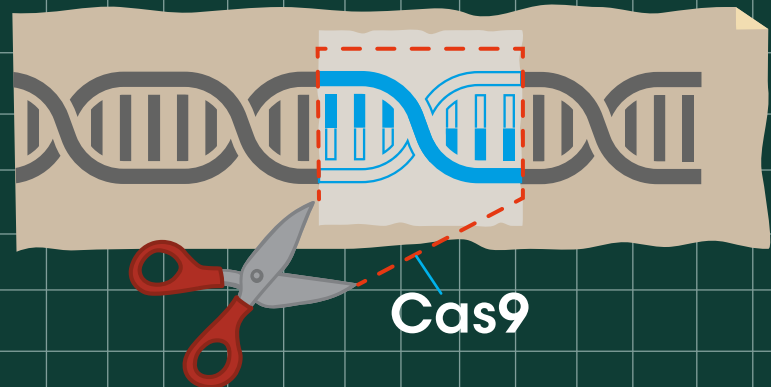
Esta tecnología está basada en un mecanismo natural –descubierto en 1998 por el científico español Francisco Mojica– de defensa de las bacterias cuando son atacadas por los virus. A lo largo de su evolución, las bacterias han desarrollado la capacidad de cortar en pedazos el ADN de los virus y de integrarlo a su propio genoma, esto les permite reconocerlo cuando de nuevo sufren su ataque.

CRISPR/Cas9

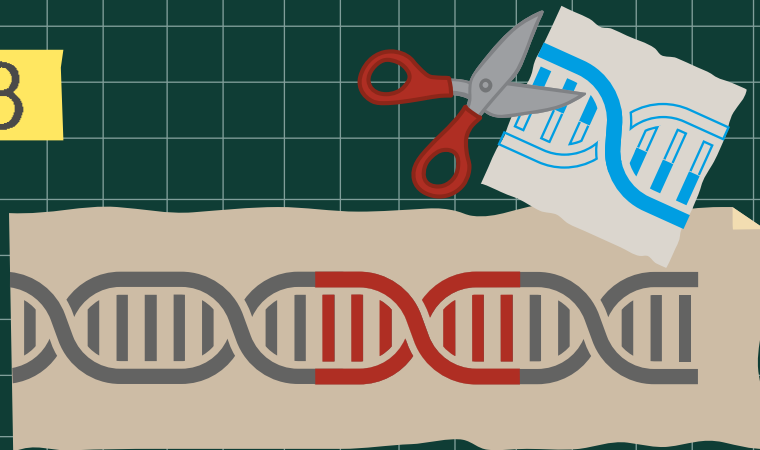
1 Los científicos crean una secuencia genética llamada ARN guía, que coincide con la parte del ADN que desean modificar.



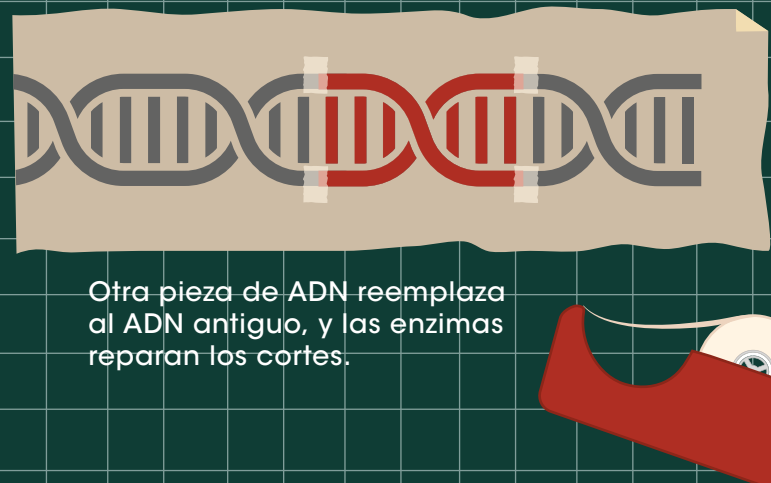
2 Esta secuencia se añade a una célula junto con una proteína llamada Cas9, que actúan como un par de tijeras que cortan el ADN.



3 El ARN guía se acopla en la secuencia de ADN objetivo y la proteína Cas9 la corta. Una vez completado el trabajo, el ARN guía y la proteína Cas9 se retiran.



4 Otra pieza de ADN reemplaza al ADN antiguo, y las enzimas reparan los cortes.



Textos: Nature News, Carl Zimmer / Diseño: Rafael Espinoza

La edición de genomas mediante CRISPR-Cas9 utiliza el mismo principio al hacer cambios en el ADN de un gen: “son mutaciones inducidas que se realizan en un sitio específico de la secuencia de un gen. Por lo tanto, esas mutaciones –al ser heredables– se manifiestan en el fenotipo o en la apariencia de los individuos”, detalló Gatica.

Además, agregó: “es como si usted escribe la palabra casa con z y lo que quería era escribirla con s. Suenan igual, pero tienen diferente significado. Cuando usted la escribe en el procesador de palabras, la computadora le marca en rojo el error y con el cursor usted puede marcar *delete*, borrar la z y escribir la s. La división de genomas consiste en un proceso similar, en hacer un cambio puntual en la secuencia del ADN de un gen”.

Arroz resistente

Los investigadores trabajan con la variedad de arroz CR 5272, la cual es susceptible a la salinidad y la sequía.

Ellos pretenden modificar la enzima que descompone la trehalosa, un azúcar que las plantas producen de manera natural y que si se acumula les posibilita crecer en condiciones de salinidad y sequía.

“Nuestra hipótesis es que al modificar la enzima que descompone a la trehalosa, mediante la técnica de edición de genomas, tal enzima no va a poder degradar el azúcar y este se acumulará en la célula. Ello podría conferirle a la planta la capacidad de crecer bajo condiciones de estrés salino y poca agua”, aseveró Gatica.

Dicha enzima funciona como una especie de tijera que corta en dos a la trehalosa, la cual está compuesta por dos moléculas de sacarosa. Por lo tanto, el cambio por medio de la técnica edición de genomas consiste en hacer que la enzima no pueda funcionar, “es como quitarle el filo a la tijera”, señaló el especialista. Esto se lograría modificando el sitio de la enzima donde se une al azúcar.

Los investigadores del CIBCM indicaron que existen trabajos previos sobre arroz en los que se observó que, mediante la transgé-

nesis, cuando se inserta un gen que favorece la producción de ese azúcar, la planta tiene tolerancia a la salinidad y la sequía.

De acuerdo con Arrieta, al acumularse ese azúcar en la planta, se evita que las células pierdan agua, que se deshidraten. “El azúcar mantiene a la célula turgente”, detalló.

El proyecto del CIBCM tiene una duración de dos años. A nivel técnico lo que se hace es diseñar una molécula de reemplazo, ya que se interviene la secuencia original del gen que codifica para la enzima. “Si hago un cambio de una letra por otra, ya no se va a producir la proteína original”, aclaró Gatica.

“En dos años esperamos tener plantas bajo condiciones *in vitro*, en las que la secuencia del gen que codifica para la trehalosa haya sido modificada o editada”, señaló. En esta parte del trabajo, están involucrados un estudiante con su tesis de maestría y un estudiante de posdoctorado de nacionalidad argentina.

Además, se debe evaluar en el laboratorio que el cambio ocurrido en la célula le confiera a la planta la tolerancia

a la salinidad y la sequía. En una segunda etapa del proyecto se lleva a los individuos al invernadero para comprobar que efectivamente el arroz crece en condiciones de salinidad y sequía, así como para observar que produzcan granos.

Si los resultados son exitosos se requiere una evaluación en el campo del comportamiento de las plantas en cuanto a su crecimiento y productividad.

Finalmente, es necesario probar las características culinarias y alimenticias del nuevo arroz, las cuales tienen que ser iguales o parecidas a la línea convencional que le dio origen. Por ejemplo, los micronutrientes, si el grano se pega o se quiebra al cocinarse son aspectos importantes que requieren ser estudiados, concluyeron los expertos. ■



Simon Hermelink, Óscar Cordero, Dalila Arias y Diego Umaña, estudiantes de Ingeniería Química de la UCR, ganaron la categoría de proyectos basados en fluidos en la ExpoIQ 2018 (foto: Laura Rodríguez).

El humo de los fogones se transforma en energía

Proyecto estudiantil aprovecha el humo de las cocinas de leña para calentar el agua.

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

Las familias que residen en zonas rurales y que utilizan cocinas de leña o fogones pueden aprovechar el humo que estos producen para contar con agua caliente, para el aseo personal, preparar alimentos, lavar los platos, entre otras tareas.

Esto es posible gracias a un proyecto que desarrolló un grupo de estudiantes de cuarto año de la carrera de Ingeniería Química de la Universidad de Costa Rica (UCR), al que denominaron: "Diseño y

construcción de un calentador de agua de bajo costo para uso doméstico en zona rural que utilice gases de chimenea de la quema de leña".

Dalila Arias Valverde, Diego Umaña Arias, Gerard Arguedas Bogantes, Óscar Cordero Flores y Simon Hermelink Janssen unieron su ingenio y como resultado surgió el WRR (*Warm Residual Reuser* o Reutilizador Residual de Calor). El instrumento fue ideado, diseñado, construido, probado y evaluado durante el primer semestre de este 2018, en el curso "Laboratorio de operaciones de transferencia de fluidos y calor".

"El objetivo que nos inspiró a trabajar en esta propuesta fue brindar una solución real a un problema que viven diariamente las poblaciones rurales del país, en donde las personas no siempre tienen acceso

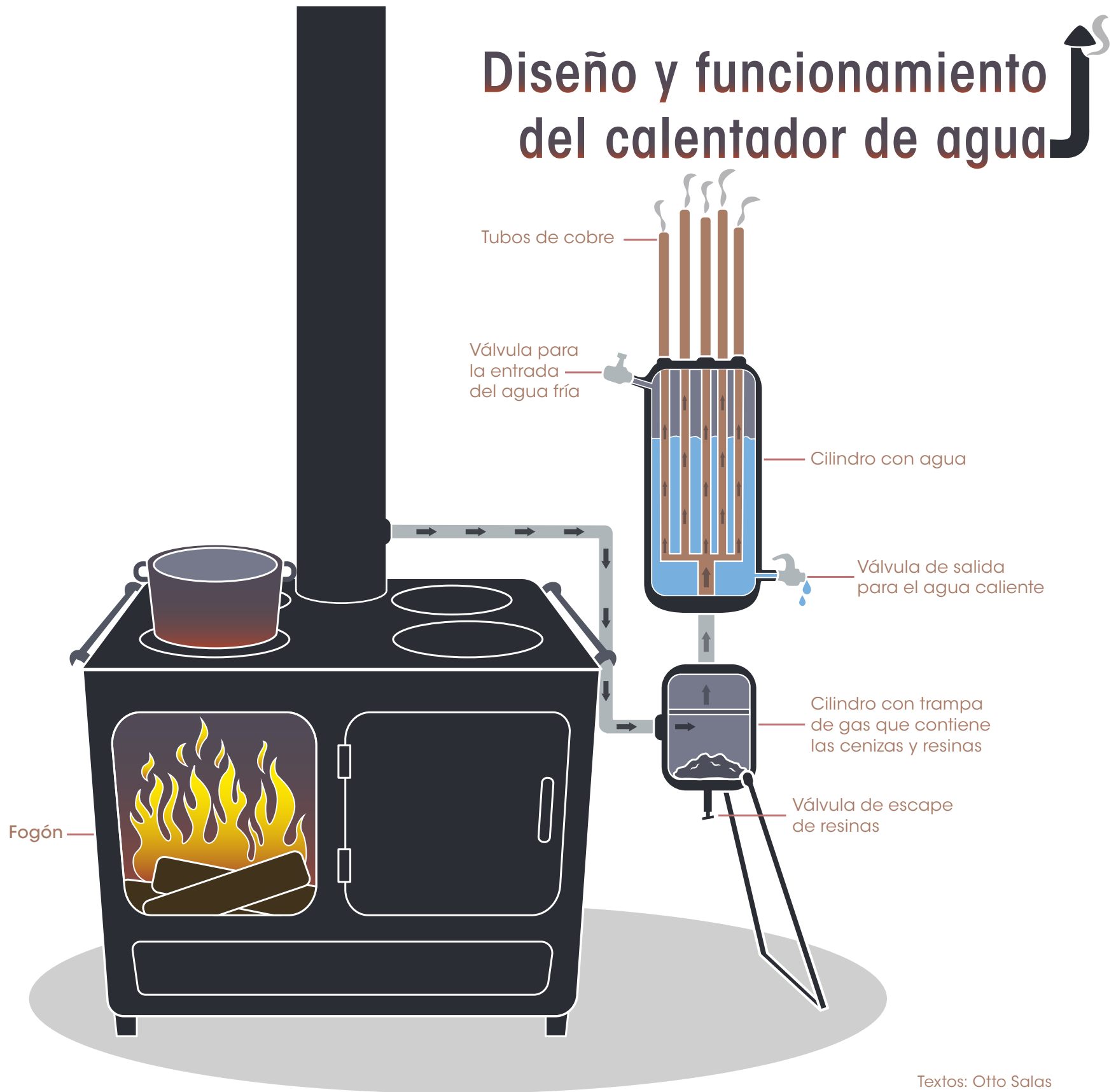
al agua caliente y adquirir una ducha les sale muy costoso. Este calentador –hecho con materiales reciclados– es mucho más barato de mantener y no se necesita utilizar leña extra en la cocina, pues se adapta a la cantidad de gas que se produzca", indicó Diego Umaña.

Según contaron los jóvenes, la mejor característica que tiene este dispositivo es su aplicabilidad, pues, basados en las pruebas que realizaron, constataron que –a pesar de haber identificado ciertas fugas del humo– el agua se calentó lo suficiente como para ser utilizada en el hogar.

"La cocina o el fogón se unen al calentador mediante una tubería por la que pasa el humo. Este llega a un primer cilindro que contiene una placa, la cual se convierte en una trampa para acumular las cenizas o

resinas que se generan al quemarse la leña. Después, el humo sube al tanque superior y llega a distribuirse dentro de unos tubos de cobre que lo atraviesan. Ese tanque es el que se llena con agua, los gases calientan esos tubos y, por ende, aumenta la temperatura del agua", explicó Óscar Cordero.

La trampa de ceniza es muy importante en todo el diseño, pues atrapa los residuos y evita que estos salgan al ambiente, luego se retiran y es posible tratarlos para que no contaminen; inclusive las cenizas o el carbón resultantes se pueden utilizar como abono. Otra característica positiva es que el goteo del aparato –que contiene resinas y que escapa por medio de una válvula inferior– sirve como repelente contra insectos y protege la madera.



Textos: Otto Salas
Diseño: Rafael Espinoza

“Uno de los aciertos es que logramos que los gases que produce una cocina de leña se liberen con un nivel de temperatura mucho menor, ya que por lo general el humo que emana directamente de la caldera está muy caliente. Descubrimos que los gases que pasan por este calentador terminan siendo apenas tibios y hasta se puede colocar la mano encima de ellos sin quemarse, con esto evitamos contribuir con el calentamiento global”, detalló Dalila Arias.

Solución económica

La temperatura que logró alcanzar el agua en el aparato construido por los estudiantes cumple con el objetivo de ser agradable para bañarse o para usarla en los quehaceres del hogar. El líquido que se

vertió dentro del tanque tenía una temperatura de 22 °C y una vez que pasó por el calentador subió a los 38 °C, una diferencia de 16 °C.

“El peso máximo que llegamos a probar en el tanque de agua fue de ocho litros y aun así el recipiente no llegó ni a la mitad de su capacidad. Esto representa una cantidad elevada de agua para que una persona se bañe. Cumplimos con la meta que nos propusimos: no se necesita tener un equipo muy grande y costoso para poder darle solución a la necesidad de tener agua caliente”, mencionó Diego Umaña.

En cada prueba se utilizaron dos kilos de madera que tardaron en quemarse una hora y media. Eso representa una cantidad baja de combustible en comparación con lo que puede quemar una familia rural, además entre más cantidad de madera se

consume, más caliente estará el agua.

“Con tuberías más gruesas aumentaría el flujo del humo y se aprovecharía más la quema de la leña. Igualmente, pensamos que se debe agregar refuerzos a la placa del filtro para que resista los choques térmicos y soporte bien el peso del líquido, de esta forma el dispositivo puede rendir y durar más. Otro aspecto importante a tomar en cuenta es que no tuvimos los medios para poder galvanizar el tanque de agua, por ello se empezó a ensuciar con óxido”, señaló Simon Hermelink, sobre los trabajos que hay que realizar para mejorar el modelo.

Para construir el WRR, los estudiantes echaron mano de materiales reciclados y desechos, como tubos de cobre rectos y cilindros de refrigerante viejos. “Solo tuvimos que comprar tornillos, válvulas, un sellador de construcción, un termómetro

de vidrio y varillas para soldar. Al final, invertimos en total \$20, lo cual convierte al proyecto en un instrumento de bajo costo y ecoamigable”, aseveró Simon Hermelink.

El WWR, idealmente, debe ser colocado a una altura que permita, por un lado, conectarlo a la chimenea y, por otro, llenar su tanque de agua, mediante tubería PVC. Una vez que el líquido calienta, baja por efecto de gravedad hacia la ducha o cocina. “El sistema se puede cambiar para que tenga un proceso continuo de entrada y salida de agua, la principal modificación sería añadir un serpentín (tubos en espiral dentro de los que circula el gas) y transferir más calor”, concluyó Oscar Cordero. ■



El geólogo Andrés Ulloa realiza muestreos mineralógicos en la cueva Hoyo de Koppen, en Nicaragua, otra de las cavidades que el científico estudia como parte de su doctorado (foto cortesía de Laura Vargas).

Cuevas del Irazú albergan una gran variedad de minerales

Se identificaron 48 fases minerales diferentes, en su mayoría sulfatos hidratados.

Paula Umaña González
paula.umana@ucr.ac.cr

El volcán Irazú, ubicado en las alturas de Cartago y el de mayor altitud en el país, capta la atención de vulcanólogos, así como de especialistas en minerales, microorganismos y espeleología, ya que el coloso resguarda por lo menos tres cavidades.

Dos de estas, Los Minerales y Los Mucolitos, son estudiadas por expertos de la Universidad de Costa Rica (UCR) e integrantes del Grupo Espeleológico Anthros, con la colaboración de la Universidad Nacional (UNA) y otras entidades extranjeras, como la Universidad de Almería, la Universidad de Bolonia y la Universidad de Nuevo México.

Desde el 2011, el geólogo del Centro de Investigación en Ciencias Geológicas (CICG) de la UCR, Andrés Ulloa Carmiol, junto con otros especialistas en materias como química y microbiología, han explorado esas cuevas en busca de minerales y microorganismos.

De acuerdo con Ulloa, estos espacios despiertan el interés científico mundial, ya que en su interior se encontraron más de 48 minerales diversos, una cifra sobresaliente en el área de la investigación espeleológica.

“La cueva posee, aproximadamente, 48 minerales diversos y, según lo que he leído, la que más minerales reportaba tenía 20. Hay muchos tipos de sulfatos interactuando ahí y la protección ofrecida por la cavidad hace que se preserven muy bien”, explicó el científico.

Riqueza mineral

El ambiente volcánico en el que se han generado las cuevas Los Minerales y Los Mucolitos permitió la formación de una gran

cantidad de minerales, ahora explorados por los especialistas.

Algunos detalles como la existencia de gases sulfurosos, la posible filtración de agua desde el lago cratérico del Irazú y la presencia de rocas volcánicas con muy fuerte alteración hidrotermal son responsables de la diversidad mineralógica que se detalla en el estudio.

En promedio, se descubren tres minerales nuevos de cuevas al año, pero este proyecto ha descrito 13 sulfatos raros en diversas etapas, por primera vez presentes en una cavidad, y aún quedan por lo menos cinco más por confirmar.

“Los minerales encontrados en estas cuevas tienen implicaciones para la exploración planetaria, por la similitud de minerales de alteración que sugieren condiciones similares al formarse. Por ejemplo, la jarosita se ha reportado en Marte y fue encontrada en las cuevas. Este mineral es sugerente de ambientes muy ácidos. Sulfatos de hierro, magnesio y calcio también han sido reportados en ambos ambientes”, dijo el geólogo.

Ulloa explicó que las muestras de espeleotemas recolectados se tomaron de partes desprendidas naturalmente en la mayoría de los casos, para proteger la integridad de la cueva.

Al lado de la riqueza mineral, la estructura resguarda entre sus irregulares paredes diversos microorganismos extremófilos. Estos han sido estudiados para conocer sus características, con la ayuda de la microbióloga Marielos Mora López y otros académicos del Centro de Investigación en Biología Celular y Molecular (CIBCM) de la UCR.

“Queríamos conocer qué tipo de microorganismos hay, qué están haciendo ahí, y si podrían tener relación con los minerales. Hicimos secuenciación 16S rRNA de estos seres, en colaboración con Diana Northup de la Universidad de Nuevo México”, explicó el científico.

De acuerdo con el investigador, uno de los aspectos de mayor relevancia es que se encontraron microorganismos quimioli-

tótrofos, que usan compuestos inorgánicos como fuente de energía.

“Obtienen la energía para sus funciones metabólicas de la oxidación del hierro o del azufre”, señaló el geólogo.

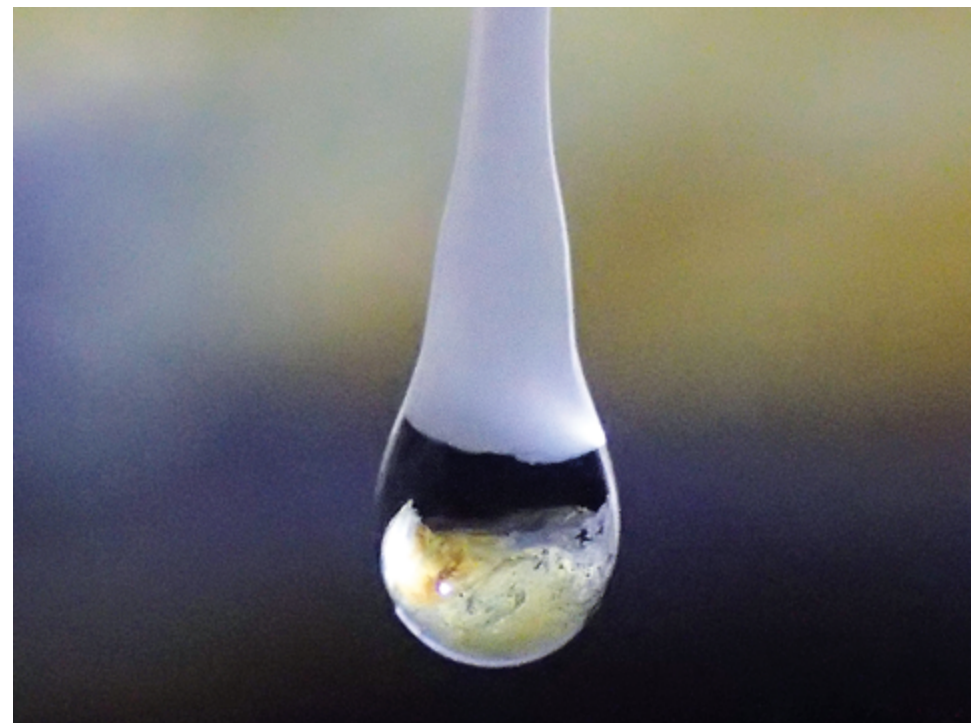
En el estudio de la cueva y en el análisis, tanto de minerales como de microorganismos, participaron Andrés Ulloa Carmiol, quien ha realizado la investigación como parte de su doctorado; integrantes del Grupo Espeleológico Anthros, e investigadores de la UCR como Mariángela Vargas, Marielos Mora y Lorena Uribe, que han colaborado en el trabajo microbiológico.

En la parte vulcanológica, participaron Guillermo Alvarado Induni de la Red Sismológica Nacional (RSN) y María Martínez Cruz, Geoffroy Avard y Maarten

de Moor del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica (Ovsicori). También se ha contado con el apoyo de varios científicos internacionales, tanto de España como de Italia.

En un artículo inicial, en el que participaron Cristian Campos Fernández y Leonardo Rojas Sánchez, ambos de la Escuela de Química de la UCR, se describió por primera vez a estas cuevas, cuya existencia fue informada en 1998 por varios vulcanólogos del país.

Las cavidades en rocas volcánicas en Costa Rica han sido poco estudiadas, no obstante, actualmente el CICG cuenta con un proyecto de investigación sobre este tema. ■



En la cueva Los Mucolitos, en el volcán Irazú, se encontraron algunos microorganismos que viven en ambientes ácidos (foto cortesía de Scott Trescott).