



CIENCIA MÁS TECNOLOGÍA

5 de junio de 2019 - Año 4, N.º 45

# Vacunas

## El invento que cambió el curso de la medicina

Las vacunas han permitido detener la mortalidad por enfermedades. Pese a ello, desde sus inicios han tenido opositores (págs. 1, 2 y 3).





Las vacunas se aplican luego de un proceso largo de investigación en laboratorios, donde se comprobó su efectividad. Foto: Laura Rodríguez.

# El rol insustituible de las vacunas en el control de enfermedades



**Las vacunas modernas acompañan a la humanidad desde el siglo XVIII. A partir de entonces han ayudado a contener y hasta a erradicar enfermedades. Pese a ello, también han surgido opositores.**

Francisco Ruiz León  
francisco.ruizleon@ucr.ac.cr

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

Cuando tomaron su avión en París, una familia de turistas franceses no imaginaba que horas después serían noticia en ambos lados del Atlántico. La familia, compuesta por el padre de 35 años, la madre de 30 y un niño de cinco, llegó a Costa Rica el 18 de febrero anterior para tener unas vacaciones inolvidables.

Solo tres días después, el Ministerio de Salud confirmó que los tres integrantes estaban contagiados de sarampión —una

enfermedad controlada en nuestro país desde 1999—, luego de la alerta de un médico privado al que habían acudido por los síntomas del menor.

Se encendieron las alarmas y la institución procedió a poner a los turistas en cuarentena en el Hospital Monseñor Sanabria de Puntarenas.

Días antes de salir hacia Costa Rica, la escuela del niño informó que existían casos de sarampión en otros infantes, según contaron los padres a las autoridades costarricenses.

El país y América en general estaban en alerta porque habían aparecido de nuevo casos de sarampión en Brasil, Europa y Estados Unidos. En un mundo como el actual, los virus también atraviesan fronteras con sus portadores.

“La Organización Panamericana de la Salud (OPS) había alertado a todos los países de la región. No nos tomó por sorpresa pues ya teníamos establecido qué hacer en caso de un brote. Claro que no nos esperábamos un caso importado en el país”, dijo el Dr. Roberto Arroba Tijerino, coordinador de inmunizaciones del Ministerio de Salud.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) informó en febrero que en el 2018 los casos de sarampión llegaron a 82 000 y a 72 muertes solo en Europa, el dato más alto de esta década.

Ante tal panorama, la OMS, los organismos internacionales y los gobiernos enfatizaron la importancia de vacunarse contra esta y otras enfermedades contagiosas e inmunoprevenibles.

## Pero, ¿qué rol cumplen las vacunas?

El virólogo David Loría Masís, profesor e investigador de la Facultad de Microbiología de la Universidad de Costa Rica (UCR), explicó que la vacuna imita a la infección, pero de una manera muy controlada para que no haya ninguna posibilidad de que el microorganismo que se introduce cause la enfermedad.

“En las vacunas se inocular el virus debilitado, no vivo, en pocas cantidades y limitado a un espacio. Si la vacuna se aplica por las vías respiratorias, rápidamente el

virus se replica y se distribuye por todo el tracto; pero si se aplica en una porción de la piel, queda inicialmente restringido a esa área y dura más en infectar a la persona. Esto le da tiempo al sistema inmunológico de generar protección contra ese virus”, contó Loría.

De esta manera, la vacuna genera anticuerpos permanentes y duraderos, según la Dra. Marcela Hernández de Mezerville, pediatra infectóloga y coordinadora de la Unidad de Vigilancia Epidemiológica del Hospital Nacional de Niños.

“La vacuna lo que hace es simular como si tuviéramos la enfermedad para que el cuerpo se defienda, sin los riesgos que implica tener la enfermedad”, dijo Hernández.

La mayoría de las vacunas han sido creadas para controlar virus, aunque también existen otras contra bacterias y parásitos, como la vacuna contra la malaria, que se aplica en África.

La composición de los complejos inmunizantes depende del virus o bacteria que ataque. Las vacunas más antiguas, como la de la polio y el sarampión, utilizan el virus completo, mientras que las más nuevas

usan un componente particular del virus o bacteria con algún adyuvante o sustancia que ayuda al antígeno o molécula a producir una buena respuesta inmunológica.

Una de estas es el óxido de aluminio. En el pasado, se utilizaba el timerosal como conservante de las vacunas, este posee una molécula de mercurio (que en altas dosis es tóxico), pero fue retirado debido al miedo de la gente. “Cada vacuna es particular y tiene que ser muy bien estudiada”, afirmó Loría.

Las vacunas de larga data presentan mayor seguridad, porque hay más información de situaciones adversas que se podrían presentar.

Según la Dra. Hernández, “las vacunas que están en el mercado ya llevan millones de personas vacunadas y se ha demostrado que los efectos adversos son menores, casi invisibles, comparados con la carga de sufrir la enfermedad”.

En cambio, existen menos datos sobre las vacunas nuevas, motivo por el cual los ensayos clínicos incluyen una fase de monitoreo de los posibles efectos secundarios, una vez que ya ha sido aplicada a la población.

Las personas alérgicas a algún componente de una vacuna específica o quienes, por cierta condición, no puedan ser vacunadas, estarán protegidas por la llamada “cobertura de rebaño”. Este término alude a cuando se cubre a un mínimo del 95 % de la población, recomienda la OMS. De esta forma, esa alta cobertura protege a los no vacunados.

## Oposición histórica

Las vacunas y la medicina moderna encuentran un opositor histórico en los llamados movimientos antivacunas, tan antiguos como la vacunación misma.

Desde las primeras inoculaciones aparecieron oponentes, que veían estas prácticas como anticristianas, sobrenaturales o con un cierto carácter mágico.

Actualmente, el movimiento crece en Europa y Estados Unidos por razones religiosas e ideológicas, bajo distintos argumentos.

Aunque en Costa Rica no existe un grupo antivacunas organizado, sí hay padres y madres que se resisten a vacunar a sus hijos. Así lo relató una fuente consultada que prefirió no revelar su nombre.

Esta persona mencionó que las vacunas inhiben el sistema inmunológico y que no son necesarias para todas las enfermedades. Además, afirmó que en este tema hay intereses económicos de las empresas farmacéuticas.

Citó el caso de la vacuna contra la influenza: “las instituciones públicas la compran y es una vacuna que no funciona, porque los virus mutan mientras las farmacéuticas ganan con eso”, dijo.

Entre los detractores existe, además, gran desconfianza sobre los compuestos que les agregan a las vacunas, porque no se sabe cuáles son y los que sí se conocen tienen efectos en la salud a largo plazo, como — según alegó — el autismo.

En 1998, el exmédico británico Andrew Wakefield publicó los resultados de un estudio con 12 personas en el que planteó la asociación entre la vacuna contra el sarampión y el autismo. Sin embargo, “había fallos muy importantes en el desarrollo del estudio”, afirmó Hernández.

Como consecuencia, a Wakefield le removieron el artículo de la revista donde se publicó y le cancelaron su licencia para ejercer la medicina.

“En muchos países estos argumentos son muy conocidos”, dijo el Dr. Arroba. “Las vacunas se vienen produciendo desde el siglo pasado y todas llevan procesos muy rigurosos antes de utilizarlas en las personas”, agregó.

Para Hernández, “hay desinformación en la gente que decide no vacunar a sus niños o a sí mismas. No conocen el riesgo. Las vacunas, por mucho, son más seguras que sufrir la enfermedad y evitan epidemias”.

La profesional mencionó el ejemplo de la viruela, enfermedad erradicada en todo el mundo desde 1980 gracias a las vacunas. El sarampión estaba en vías de ser erradicado, pero los brotes recientes revirtieron el proceso.

Como cualquier medicamento, se pueden producir efectos, por ejemplo, dolor, enrojecimiento en la zona donde se aplicó o tener una alergia a algún componente de la vacuna, pero eso se debe valorar con el paciente antes de aplicarla, explicó Arroba.

## Obligatoriedad en el país

La resistencia a las vacunas se enfrenta a la legislación actual de Costa Rica. La Ley Nacional de Vacunación n.º 8111 y la Norma Nacional de Vacunación del 2013 establecen la obligatoriedad de los complejos inmunizantes en menores de edad.

“En un estado de derecho como en Costa Rica, priva la salud pública por encima de la salud individual”, afirmó Arroba.

A nivel público, si la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS) asiste a vacunar y los padres se niegan, la institución remite el caso al nivel local del Ministerio de Salud y al Patronato Nacional de la Infancia (PANI). El PANI informa a los encargados que van a inmunizar a sus hijos, aun cuando los padres se opongan.

Además, el Ministerio como autoridad sanitaria está facultado para acudir a la Fuerza Pública, aunque “la idea es no llegar a estos extremos”, dijo el funcionario. Si bien ya sucedió hace unos años con un grupo amish y también existe jurisprudencia al respecto.

Para Jaime Ordóñez, abogado y catedrático de la UCR, “desde la aprobación en 1998 de la Convención de los Derechos del Niño, el infante es una persona con derechos fundamentales y, justamente, su derecho a la salud —como ser humano— está por encima de las decisiones de otras personas”.

El esquema de vacunación actual del país protege contra 15 enfermedades y es de los más completos en América y probablemente del mundo, destacó el Dr. Arroba.

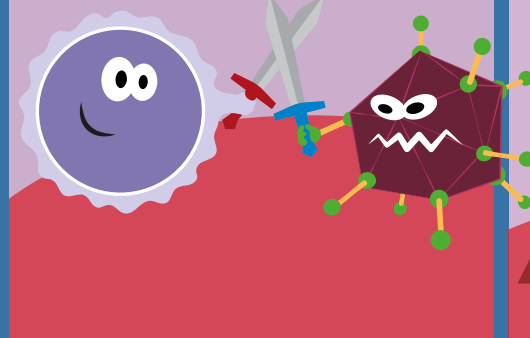
El Estado invierte 25 millones de dólares estadounidenses al año en vacunas que se compran a través del Fondo Rotatorio de la OPS, pues por ley el país no puede comprar directamente a un laboratorio.

Las vacunas han sido un hito en la medicina moderna, ya que han permitido detener la mortalidad de enfermedades durante los últimos tres siglos. Son incontables las vidas que han salvado. Pese a que persisten retos en la creación de nuevas fórmulas contra otros virus, las vacunas parecen ser, hasta el día de hoy, la única vía para erradicar las enfermedades. ■

# ¿Cómo funcionan las vacunas?

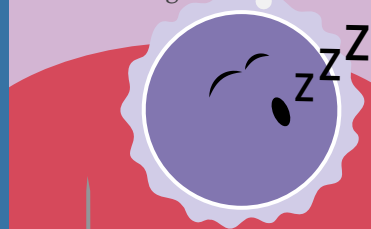


El sistema inmunológico nos defiende contra distintos gérmenes que nos atacan diariamente.

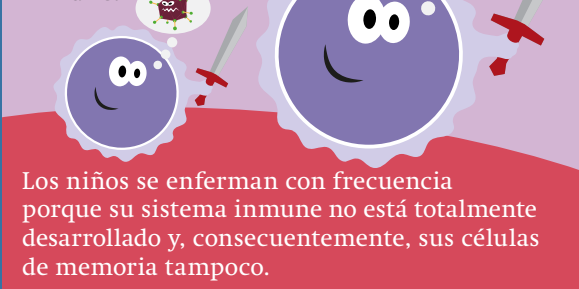


Si una infección ocurre, las células de este sistema reúnen información sobre los atacantes y activan diferentes mecanismos, entre ellos **los anticuerpos**. Este proceso tarda tiempo en completarse, lo cual le da oportunidad a los intrusos de hacer daño.

Para protegernos, el sistema inmune crea las **células de memoria**, que permanecen en nuestro cuerpo como en un sueño profundo y se despiertan cuando se da otro ataque de ese enemigo.

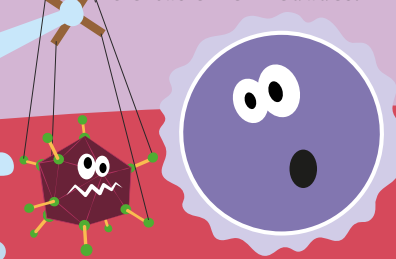


Estas células ordenan ataques coordinados y producen anticuerpos. Dicho mecanismo es tan efectivo que la enfermedad que se vence una vez no se vuelve a padecer nunca más y la persona se vuelve inmune.

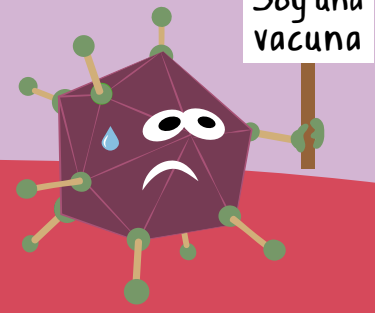


Los niños se enferman con frecuencia porque su sistema inmune no está totalmente desarrollado y, consecuentemente, sus células de memoria tampoco.

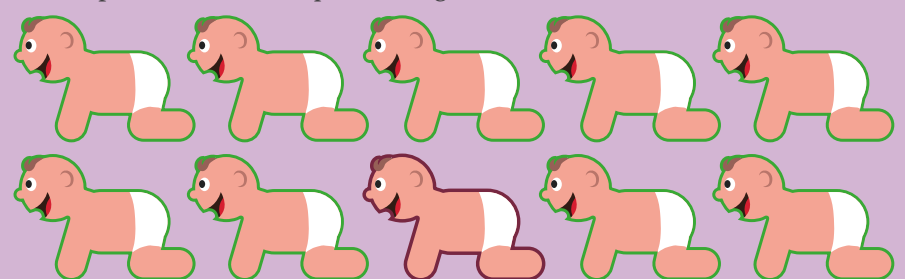
Las vacunas promueven este mecanismo. Constituyen una forma de entrenar al cuerpo simulando ser una peligrosa infección para crear células de memoria y volverlo inmune a ciertas enfermedades.



Lo que hacen es inyectar invasores o gérmenes debilitados o modificados que no pueden hacer daño, de manera que el sistema inmune los controle con facilidad.



Las vacunas pueden presentar algunos efectos secundarios, pero son menores que los riesgos de las enfermedades severas.



Si una persona por algún motivo no puede ser vacunada, el resto de la población que sí está inmunizada puede protegerla. A esto se le conoce como **“cobertura de rebaño”**, que consiste en vacunar a suficientes personas para bloquear la dispersión del virus.

Textos: Patricia Blanco Picado. Diseño: Rafael Espinoza



El artista británico James Gillray muestra en esta caricatura satírica una escena en un hospital inglés a finales del siglo XVIII. En la imagen, aparecen pacientes a quienes les crecían en su cuerpo las vacas de las que se extraía la cepa del virus de la viruela. De este modo, recogió parte de la controversia en torno a la vacunación, cuyos opositores describían casos de personas vacunadas que desarrollaban características bovinas.

Ilustración de la Librería del Congreso publicada por *National Geographic*.

# La vacuna milagrosa

## Luego de observar por milenios el comportamiento de las enfermedades, surgieron las vacunas.

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

La viruela llevó a la producción de la primera vacuna. Gracias a esta, la enfermedad se erradicó oficialmente del planeta en 1980, es decir, ya no circula en la naturaleza.

Esta infección era mortal, altamente contagiosa y la causaba un virus. De las personas enfermas, el 30 % se moría y las que sobrevivían quedaban desfiguradas o con marcas en la piel.

La viruela se transmitía al respirar el aire exhalado por un enfermo al toser o cuando se rompían las vesículas o ronchas que se le formaban en la piel.

En los siglos X y XI, en China, se observa que la gente se infectaba de viruela una sola vez y nunca más volvía a contraer la enfermedad. Es así como nace la variolización, el antecedente de las vacunas.

Este método consistía en secar al sol las erupciones de alguien con viruela, luego se pulverizaban y soplaban en la nariz de una persona sana, quien sobrevivía a la infección y quedaba protegida. De este modo, se logró reducir la mortalidad de manera significativa.

Después de inocular el virus en la nariz, se pasó a aplicar la variolización en la piel y con esto mejoró la eficiencia de la técnica.

El método pasó muy temprano a Turquía, antigua Constantinopla, donde Mary Wortley Montagu, la esposa del embajador británico, tuvo un papel muy importante en el desarrollo de las vacunas. Ella había sobrevivido a la enfermedad, pero su hermano falleció.

Lady Montagu, aristócrata, escritora y viajera, observó que las esposas del sultán se infectaban de forma deliberada con las erupciones de enfermos de viruela. Primero, sufrían un absceso leve, pero luego quedaban inmunes. Impresionada sobremanera, decidió vacunar a sus hijos como profilaxis contra la infección, pese a que tuvo que enfrentar fuertes prejuicios de la sociedad.

En 1721, ella regresó a Inglaterra y le demostró a la Corte que la variolización funcionaba. Fue así como tal país adoptó dicha práctica inoculadora contra la viruela, gracias a la actitud determinada de Lady Montagu.

Varias décadas después, en 1776, se da un gran paso adelante hacia la vacunación. Edward Jenner, un médico rural inglés, creó un método para prevenir la viruela, el cual permitió salvar millones de vidas. Por esto, se le conoce como el padre de la inmunología.

Al observar que las lecheras eran inmunes a la viruela, Jenner buscó una explicación y descubrió que era debido al contacto que ellas tenían con las vacas cuando las ordeñaban. Los virus de la viruela bovina, presentes en las erupciones de la ubre de dichos animales, eran inoculados en las manos de estas mujeres. Gracias a ello, se protegían de la temible enfermedad.

El médico empezó a utilizar el virus de las vacas para inocularlo en las personas, así la mortalidad bajó considerablemente. Jenner efectuó el primer ensayo clínico el 14 de mayo de 1796 en un niño de ocho años, James Phipps, hijo de su jardinero.

Su método, denominado en adelante *vacuna*, se popularizó, aunque con mucha resistencia, incluso de la comunidad científica. ■



Los procesos químicos que ocurren en el fondo del golfo Dulce han llamado la atención de distintos grupos de científicos. Foto: Anel Kenjekeeva.



## GOLFO DULCE

## un laboratorio en miniatura al servicio del mundo

**Desde inicios del siglo XXI se llevan a cabo estudios para investigar el lecho marino del golfo.**

*David Esteban Chacón León*  
[david.chaconleon@ucr.ac.cr](mailto:david.chaconleon@ucr.ac.cr)

El golfo Dulce es un lugar único en el planeta. Esta masa de agua se encuentra ubicada en el sur del país, en la provincia de Puntarenas. Sus aguas cristalinas de tonos verdes y azules son parte del océano Pacífico y bañan las costas de los cantones de Osa y Golfito. Tiene una longitud de 55 kilómetros y en esta extensión se concentra el 21,5 % de las especies de la costa pacífica del país.

Este sitio es un fiordo tropical formado como consecuencia de la fuerza de las placas tectónicas, es decir, debido a las transformaciones internas de la corteza terrestre, a diferencia de la mayoría de los

fiordos que se crearon por la acción de los glaciares.

En el mundo existen cuatro fiordos tropicales: el golfo de Cariaco, en Venezuela; la bahía Darwin, en las islas Galápagos; la bahía de Kaoe, en Indonesia, y el golfo Dulce, en Costa Rica.

Este tipo de lugares se caracterizan por ser muy hondos. En el golfo Dulce, el lecho marino mide 60 metros de profundidad cerca de la orilla y luego cae abruptamente hasta los 200 metros y forma una fosa.

En sus profundidades es donde los secretos del golfo comienzan a ser revelados.

“Lo que hace al golfo Dulce especial es que tiene unas características oceanográficas únicas. La parte interna es muy profunda y tiene un talud (inclinación del terreno) en la entrada”, explicó Eddy Gómez Ramírez, químico e investigador del Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (Cimar), de la Universidad de Costa Rica (UCR).

Dicha formación hace que el agua permanezca inmóvil en el fondo. Esto, sumado a la profundidad y a las características tectónicas del lugar, evita que el agua se mezcle con la de la superficie y crea una cuenca anóxica, es decir, que carece de oxígeno.

“Este es el único fiordo tropical con esta característica en el mundo, ya que durante todo el año el agua permanece inmóvil y sin oxígeno por debajo de los 100 metros”, detalló el especialista.

Gómez ve al golfo Dulce como un laboratorio a la vuelta de la esquina. Comenta que en los océanos, pese a que existen zonas sin oxígeno y su ubicación es bien conocida, se encuentran casi siempre a muchas millas de la costa y a una gran profundidad.

Es por ese motivo que este lugar ha atraído la atención de científicos nacionales y extranjeros para su estudio y mejor entendimiento.

### Principales descubrimientos

Hace 16 años, una investigación realizada por académicos de la Universidad del Sur de Dinamarca, en conjunto con Jenaro Acuña González, profesor jubilado de la UCR, demostró que el golfo Dulce es el primer sitio de agua salada en donde se reporta la existencia de la oxidación anaerobia del ion amonio (Anammox, por sus siglas en inglés).

El proceso químico de la Anammox ya se conocía en el agua dulce y consiste en que, gracias a la mediación de bacterias, dos sustancias presentes de forma natural (el nitrato y el amonio) reaccionan en sistemas sin oxígeno. Por eso, se libera nitrógeno y se crea una deficiencia de este elemento en las aguas.

[Continúa en la página 6](#)

# Los fiordos

son estrechas entradas del mar en la tierra, generalmente muy profundas.

Estas formaciones abundan en las regiones polares y templadas. Algunos lugares que cuentan con ellos son Noruega, Nueva Zelanda, Groenlandia, Alaska, Islandia, Escocia, Argentina y Chile.



60 metros

200 metros

El golfo Dulce se formó como consecuencia de las transformaciones y movimientos de la corteza terrestre. Su lecho marino mide 60 metros de profundidad cerca de la orilla y 200 metros en el fondo de la fosa.



En las zonas tropicales solo existen cuatro: golfo Dulce, en Costa Rica; golfo de Cariaco, en Venezuela; bahía Darwin, en las islas Galápagos, y bahía de Kaoe, en Indonesia.

Textos: David Chacón  
Diseño: Rafael Espinoza

En el 2016, se efectuó un nuevo estudio con la participación de los científicos daneses y Gómez como investigador del Cimar, en el que se observó que había metano disuelto en el fondo de la fosa, algo poco común en esas profundidades.

El metano es un gas de efecto invernadero. Es probable que este tipo de concentraciones haya llegado ahí debido a que se descompuso el material orgánico en el fondo del golfo. Según el químico, los procesos de descomposición en áreas sin oxígeno son distintos a los que se producen en presencia de este.

El grupo investigativo de ambas universidades también se dio cuenta de que se estaba liberando dióxido de carbono en esa misma zona. Por esto, decidieron buscar una correlación entre la presencia de metano y la liberación de dióxido de carbono.

Fue hasta después de realizar análisis químicos complejos que los científicos descubrieron la existencia de bacterias que no necesitan oxígeno para sobrevivir. Estos microorganismos son los responsables de oxidar el metano hasta volverlo dióxido de carbono.

“Fue un descubrimiento bastante novedoso. El grupo de bacterias que realiza este proceso tampoco es muy conocido”, indicó Gómez.

## ¿Cuál es la importancia?

Pese a que el metano y el dióxido de carbono son gases que contribuyen a que el planeta se caliente, los procesos químicos que ocurren de forma natural en el golfo Dulce ayudan a entender lo que podría suceder en otras regiones oceánicas si estas

se calientan mucho, por ejemplo, como consecuencia del calentamiento global.

Además, en el océano existen “zonas muertas” en donde no hay oxígeno. En ellas, únicamente habitan microorganismos que son capaces de sobrevivir sin la necesidad de este gas.

Diversos estudios indican que estos parches de mínimo oxígeno están haciéndose más grandes, debido a que con el calentamiento del planeta también sube la temperatura de los océanos y mientras más alta sea esta, más oxígeno pierden.

Para Gómez, el golfo Dulce constituye un “laboratorio pequeño” muy importante, porque los procesos que pasan en este lugar ayudan a entender lo que podría ocurrir en otras regiones oceánicas si el agua se calienta más.

En la actualidad, el vínculo entre la Universidad del Sur de Dinamarca y la

UCR, por medio del Cimar, continúa. Se enfoca en calcular la tasa de oxidación de metano y la producción de dióxido de carbono realizada por las bacterias.

Estos estudios son muy relevantes para poder hacer balances globales del ciclo del carbono. Además, se trabaja para entender por completo cómo es que este proceso ocurre a nivel bioquímico. ■

*“La importancia de todos estos procesos es que podemos interpretar lo que puede pasar si aumentan las zonas de mínimo oxígeno en los océanos”. Eddy Gómez Ramírez, investigador del Cimar.*



En la península de Santa Elena se pueden apreciar grandes formaciones de rocas sedimentarias, las cuales se crearon por la acumulación de diversos materiales. Foto: Marco Díaz Segura, Museo+UCR.

## Un paseo por el territorio más antiguo de Costa Rica

**Un recorrido por la historia geológica de la península de Santa Elena, en Guanacaste, permitirá a turistas y estudiantes conocer cómo se formó nuestro territorio.**

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

El conocimiento generado por la investigación científica en la península de Santa Elena será transferido a través de una aplicación para teléfonos inteligentes, la cual guiará a turistas y a estudiantes por una ruta que ayuda a entender el origen de nuestro territorio.

Ubicada en el noroeste del país, esta área de la costa pacífica hasta ahora poco visitada por el turismo, se caracteriza por su riqueza geológica, debido a la existencia de gigantescas rocas que, como libros, nos hablan de cómo se constituyó y se ha ido transformando la parte del continente que hoy conocemos como Costa Rica.

Las formaciones rocosas en la península de Santa Elena son elementos que sobresalen en el paisaje marino, se asemejan a enormes obras de arte esculpidas por el viento, el mar y los procesos químicos. Rocas de diversos tipos y de distintas edades —algunas con más de 100 millones de años de antigüedad— son un viaje por el tiempo.

Esta península pertenece al Área de Conservación Guanacaste, que en 1999 fue declarada Patrimonio de la Humanidad por la Unesco.

La Universidad de Costa Rica (UCR), por medio del Centro de Investigación en Ciencias Geológicas (CICG) y el Museo+UCR, promueve que las comunidades costeras aledañas se apropien de

la información geológica y la utilicen para su propio desarrollo.

El valor científico de la región reside en que gracias a las estructuras rocosas se pueden comprender los procesos de formación de nuestro planeta.

“Esta zona es de extrema importancia geológica, pues ahí se preservan las evidencias del inicio de la historia geológica de Costa Rica. La península de Santa Elena está constituida por rocas que provienen del manto terrestre”, explicó Percy Denyer Chavarría, investigador de la UCR.

Esto significa que las rocas más antiguas, llamadas peridotitas, se formaron a 50 kilómetros de profundidad y fueron desplazadas hacia la superficie por movimientos tectónicos. “En su recorrido han hecho un viaje desde su punto de origen hasta la posición que ocupan actualmente”, agregó Denyer.

A este tipo de rocas se les clasifica como ígneas y corresponden a aquellas que se formaron por el enfriamiento de roca fundida o magma. Este fenómeno puede ocurrir en la superficie de la Tierra por la acción de los volcanes o en el interior del planeta.

En algunos puntos del área también se encuentran rocas sedimentarias, que surgieron posteriormente por la acumulación de granos de arcilla, barro, arena y bloques de roca. Estos estratos o capas se encuentran inclinados debido a las fuerzas de las placas tectónicas.

El estudio de las formaciones rocosas de la península de Santa Elena atrajo la atención de los científicos extranjeros en los últimos siglos. El primer geólogo nacional que realizó investigaciones en la zona fue Gabriel Dengo Obregón, quien dejó constancia de sus descubrimientos en el mapa geológico de Costa Rica de 1962, que aún tiene vigencia.

A partir del 2005, los estudios han sido efectuados principalmente por espe-

cialistas de la UCR, entre ellos Denyer. Actualmente, existe un grupo de trabajo que publicará próximamente un libro con los mapas geológicos de la región del norte de Costa Rica, incluida dicha península.

La existencia de estas rocas en la península de Santa Elena es única en Centroamérica. “Por sus características es un evento excepcional en la región”, expresó Denyer.

### La ruta geológica

El CICG, con la ayuda del Museo+UCR, desarrolló una aplicación para teléfonos móviles, que acompañe el recorrido por los principales puntos de interés geológico, desde Cuajiniquíl hasta la isla Bolaños, en la frontera con Nicaragua. Esta herramienta tecnológica contiene mapas, fotografías, animaciones, audios y una explicación sobre cada uno de los lugares que se visite.

Para desarrollar ese servicio, se diseñó una ruta geológica y se trabaja para implementar la visita guiada con la participación de la población local.

Adriana Araya Góchez, curadora y encargada de la sección de educación del Museo, afirmó que el objetivo del proyecto de acción social es “contribuir con el desarrollo y educación de las comunidades costeras de esa zona”.

Se busca promover el empoderamiento de las personas que aspiran a crear sus propios proyectos productivos y que trabajan en actividades relacionadas con el turismo.

En un primer taller de capacitación dirigido a un grupo de guías turísticos, pequeños empresarios, mujeres, educadores y estudiantes, realizado en Cuajiniquíl el 20 y 21 de mayo, se abordaron temas relacionados con el manejo de grupos,

herramientas de comunicación y se les entregó material de consulta.

Como parte de la actividad se llevó a cabo un recorrido en bote por los distintos puntos de la ruta geológica, con el fin de probar el funcionamiento de la aplicación y de familiarizarse con distintos sitios.

Patricia Soto Ramos, asistente de dirección del Liceo de Cuajiniquíl y participante del taller, ve en el proyecto un gran potencial educativo, especialmente en este colegio, donde se imparten clases de turismo a los estudiantes de décimo y undécimo año.

“Nos da un elemento nuevo al aplicar la tecnología. Es una herramienta pedagógica para los docentes y los colegiales, que puede contribuir a su formación”, indicó la docente.

El impulso a la actividad turística de la zona es percibido por los pobladores como una necesidad para la generar ingresos, ante la carencia de fuentes de empleo.

Emilio Artavia Vega, quien trabaja en La Cruz con una agencia de turismo, manifestó que la aplicación móvil es una herramienta (similar, por ejemplo, a una guía de aves) en la que los operadores turísticos se tendrán que basar. “Nos va a facilitar el trabajo, porque es versátil y permite varias opciones para vender el producto”, indicó.

Para Artavia, a la ruta geológica se le podrá “sacar mejor provecho” si se promociona entre visitantes extranjeros, en especial de Europa, que se caracterizan por ser un “turismo muy educado”.

Soto sueña con llegar a contar en el futuro con un parque geológico en la comunidad, donde los visitantes puedan tener una experiencia diferente, educativa, que solo pueden proporcionar las formaciones geológicas de las tierras más viejas de Costa Rica. ■

Continúa en la página 8



Las diferentes capas que se observan se formaron durante la acumulación de sedimentos, que luego se endurecieron y se hicieron roca. Foto: Marco Díaz Segura, Museo+UCR.



La geología de la región noroeste de Costa Rica permite entender los procesos que forman las rocas y las masas continentales. Foto: Marco Díaz Segura, Museo+UCR.



En la península de Santa Elena se encuentran rocas muy antiguas que se formaron a 50 kilómetros de profundidad e hicieron un recorrido hacia la superficie debido a fuerzas tectónicas. Foto: Marco Díaz Segura, Museo+UCR.



Grupo de participantes en el primer taller de capacitación sobre la ruta geológica. La información estará disponible en una aplicación para teléfonos celulares. Foto: Marco Díaz Segura, Museo+UCR.