

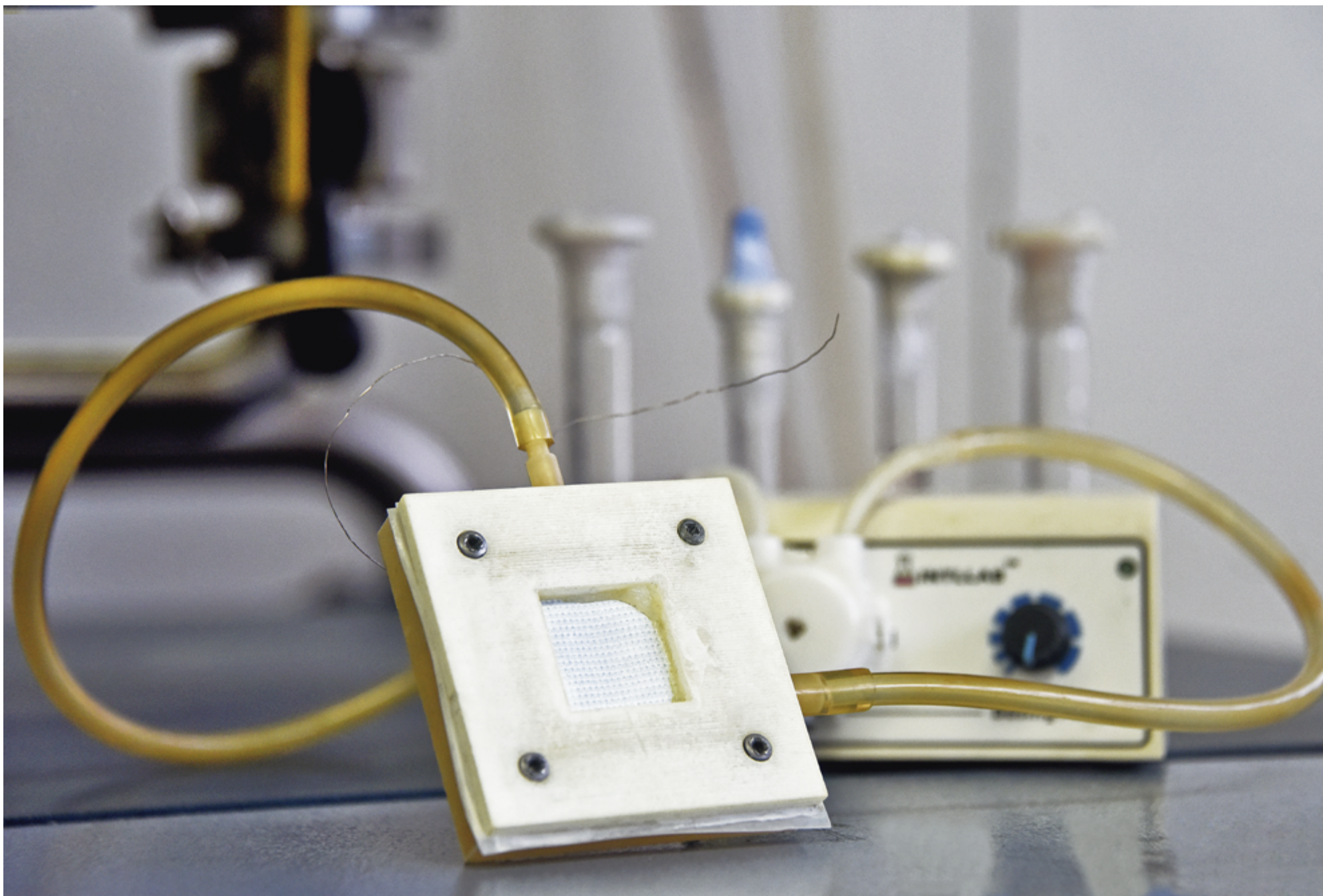


CIENCIA MÁS TECNOLOGÍA

4 de marzo de 2020 - Año 5, n.º 53

Bicicletas eléctricas: el transporte del futuro

Si de movilidad urbana se trata, las bicicletas eléctricas resuelven dos problemas: uno, la emisión de gases contaminantes y otro, el espacio en las carreteras. Con esta idea en mente, en la UCR se investiga para generar nuevas baterías.



El mecanismo de la celda basada en aluminio consiste en dejar pasar el oxígeno, este reacciona con el aluminio y empieza a consumirlo para generar energía. Foto: Laura Rodríguez Rodríguez.

La energía del futuro viene en forma de batería

En Costa Rica, hay más de un millón y medio de vehículos automotores en circulación.

David Esteban Chacón León
david.chaconleon@ucr.ac.cr

La crisis climática que vive el planeta empezó a cambiar, desde múltiples frentes, la manera en la que se investiga y se desarrollan nuevas tecnologías. La revolución energética que acontece actualmente impulsó a distintos investigadores de la Universidad de Costa Rica (UCR) a darse cuenta de que existe la necesidad, en el país, de trabajar en el área de las baterías.

El Centro de Investigación en Electroquímica y Energía Química (CeLeq) de la UCR confecciona algunos prototipos de baterías con la participación de un equipo interdisciplinario, liderado por el profesor de la Escuela de Química e investigador del CeLeq, Diego González Flores.

González hizo su doctorado en la Universidad Libre de Berlín, Alemania, con un proyecto sobre producción de hidrógeno a partir de agua. Su maestría la realizó en la UCR, en electroquímica.

“Es un hecho que nos encontramos en una etapa de transición en el uso de la energía. Cada vez es más importante cómo usamos la energía para movilidad, en nuestros hogares y en la industria, de

una forma más amigable con el ambiente. A nivel internacional, se ha visto que la manera en la que se pueden alcanzar estas metas es con el empleo de baterías”, afirmó el investigador.

Para orientar su estudio, González y su equipo pensaron en los problemas que se observan en el Valle Central —donde existe mayor concentración de habitantes— y llegaron a la conclusión de que la movilidad urbana es un asunto prioritario para atender.

Esta perspectiva los llevó a concursar y ganar los fondos semilla para la investigación de la UCR, lo cual les permitió iniciar con el proyecto.

Decidieron, entonces, enfocarse en las bicicletas eléctricas, en vez de los automóviles, pues pese a que los autos eléctricos solventan los problemas relacionados con la emisión de gases, existe un problema de espacio en las carreteras.

Litio versus aluminio

Lo más común es que las baterías que usamos hoy en nuestra vida cotidiana funcionen a base de litio, un elemento que no es tan abundante y que se está reduciendo cada vez más rápido.

“El hecho de que en el mundo las baterías de litio sean las más utilizadas es



Diego González Flores se incorporó hace tres años a la UCR como profesor de la Escuela de Química e investigador del Celeq, luego de hacer su doctorado en Alemania. Foto: Laura Rodríguez.

bastante circunstancial. En algún momento se empezó a investigar el litio y se vio una solución muy práctica, esto sumado a que en décadas anteriores la explotación de recursos y el manejo de desechos amigables con el ambiente no eran tan importantes”, dijo el científico.

“Las tecnologías poslitio son sumamente importantes para la búsqueda de baterías más amigables con el ambiente, que se puedan reciclar y, en general, mejorar también la capacidad de almacenamiento”.
Diego González Flores,
investigador del Celeq.

El proyecto del Celeq tiene como objetivo desarrollar baterías que trabajen con aluminio en vez de litio, debido a que el primero es un material menos contaminante, es uno de los elementos más abundantes de la corteza terrestre, su distribución no se concentra en lugares específicos (lo cual evita el monopolio), su

explotación es relativamente amigable con el ambiente y es aproximadamente veinte veces más barato que el litio.

El investigador resaltó que “las tecnologías poslitio son muy importantes para la búsqueda de baterías más amigables con el ambiente, que se puedan reciclar y, en general, mejorar también la capacidad de almacenamiento”.

¿Cómo aterrizar las ideas?

El proceso de investigación para crear una batería abarca diversos aspectos y en muchas ocasiones inicia con el estudio de la parte teórica, para luego desembocar en la creación de un prototipo. Para el proyecto, los científicos decidieron hacerlo de una forma distinta.

González y el equipo que dirige fabricaron un prototipo y, a partir de este, se han dedicado a ir “construyendo hacia atrás”, basándose en los factores más importantes. Tras realizar los experimentos correspondientes, seleccionan el aluminio, el material de los electrodos y el electrolito que mejor se adecua al modelo.

Con esta metodología pueden ir construyendo prototipos, mientras que estudian los fundamentos de ciencia básica para

mejorar los diferentes componentes del prototipo.

Energía a base de oxígeno

Las baterías están formadas por dos electrodos: positivo y negativo. Entre estos dos está el electrolito, una sustancia que evita que la energía salga de un solo golpe y, que a la vez, permite que exista conducción eléctrica.

En el modelo que plantean los investigadores para impulsar la bicicleta eléctrica, el electrodo positivo es un electrodo de aire y el negativo es el aluminio.

El mecanismo deja pasar el oxígeno, este reacciona con el aluminio y empieza a consumirlo. Básicamente, la batería respira oxígeno y lo utiliza para producir energía.

“Se estima que, si se pudiera hacer una batería de aluminio que se acerque a su funcionamiento teórico, podría tener mucha mayor cantidad de energía que una de litio”, afirmó González.

LabVolta

Gracias al avance del proyecto y con el apoyo del Celeq, se decidió comenzar las

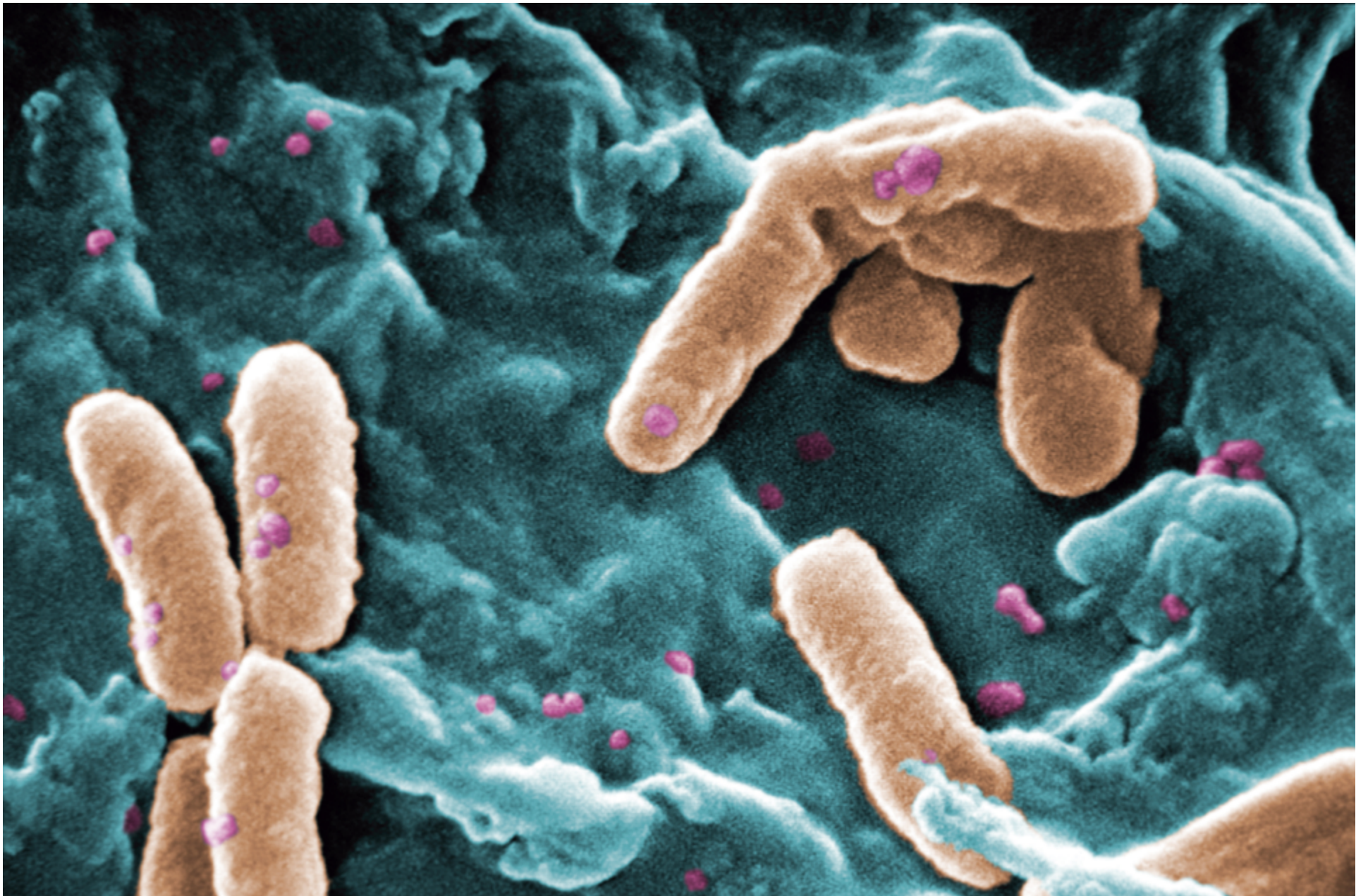
gestiones para establecer un laboratorio de investigación, control de calidad y desarrollo de baterías: el LabVolta.

Este espacio se encuentra en proceso de creación. Al respecto, González indicó que “la idea es que exista un espacio físico interdisciplinario”. Actualmente, están trabajando con investigadores e investigadoras de las escuelas de Física y Química, de la Universidad Nacional (UNA); de Ingeniería en Materiales y Diseño Industrial, del Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC); y de Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Química, de la UCR.

Se espera que en los próximos dos años, el LabVolta comience a trabajar en otras áreas, como en un tipo de batería recargable a base de aluminio, por ejemplo. Sin embargo, todo dependerá del financiamiento y del acceso a recursos económicos.

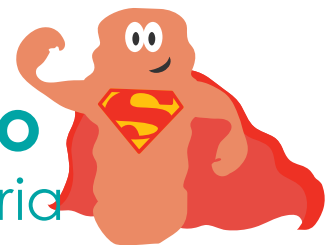
A largo plazo, se valora la posibilidad de crear una batería eléctrica que sea recargable, debido a que en el modelo actual las piezas de aluminio funcionan como un tipo de combustible que se desgasta.

Para González, “lo más relevante sería que pudiéramos construir una batería que funcione como una marca comercial, cuyo desarrollo tecnológico surja en la UCR”. ■



En la UCR se realizó el ensamblaje del genoma completo de una cepa de *Pseudomonas aeruginosa*, una bacteria resistente a la mayoría de los antibióticos. Foto tomada de www.publicdomainfiles.com.

El ensamblaje de un genoma completo nos cuenta la historia evolutiva de una superbacteria



Una innovadora metodología de ensamblaje del genoma de una peligrosa bacteria resistente a los antibióticos permite conocer cómo esta llegó a convertirse en una superbacteria.

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

La resistencia de las bacterias a los antibióticos es un problema de salud cada vez más común, el cual pone en riesgo la vida de muchas personas.

En Costa Rica, las bacterias resistentes a estos medicamentos han puesto a correr a las autoridades en más de una oportunidad ante situaciones críticas en los hospitales, donde existen condiciones propicias para la rápida diseminación de esos microorganismos causantes de infecciones en pacientes.

Entender por qué y cómo las bacterias desarrollan mecanismos para evadir las

sustancias que las pueden matar podría aportar nuevos elementos para su combate y encontrar estrategias para el tratamiento de dichos padecimientos.

Con ese objetivo, en la Universidad de Costa Rica (UCR) se efectuó el análisis del genoma completo de una cepa de *Pseudomonas aeruginosa*, una especie de bacterias de alto riesgo, resistente a la mayoría de los antibióticos. Este es, en el mundo, el primer ensamblaje híbrido del genoma de esta bacteria, mediante el uso de tecnologías bioinformáticas.

El trabajo fue desarrollado en el Centro de Investigación de Enfermedades Tropicales (CIET), de la Facultad de Microbiología, por José Arturo Molina Mora, estudiante del Doctorado en Ciencias, quien contó con la tutoría del especialista en bacterias e investigador de esa Facultad, el Dr. Fernando García Santamaría.

El ensamblaje de las piezas de ADN no es tan sencillo, explicó Molina; por eso, es necesario crear protocolos bioinformáticos que facilitan el trabajo de reconstrucción del genoma. Este material hereditario está

compuesto por millones de pares de letras, muy bien ordenadas, que especifican las instrucciones para el desarrollo y funcionamiento del organismo bacteriano.

En su investigación, Molina utilizó fragmentos cortos y largos de ADN en la reconstrucción del genoma completo mediante dos técnicas, con el fin de obtener mayor exactitud en los resultados. A este tipo de ensamblaje se le denomina híbrido.

“Hay muchos aspectos que ya estaban reportados en la literatura científica. Nosotros los reunimos en un solo criterio y los sometimos a prueba”, comentó el investigador.

Molina evaluó y comparó varios métodos para llevar a cabo el ensamblaje híbrido ante la ausencia de una metodología única que resuelva el ensamblaje del genoma de todas las bacterias.

“La técnica de lecturas cortas de alta fidelidad (*Illumina*) lo que hace es generar piezas de la secuencia de todo el genoma en fragmentos de 101 bases (letras o caracteres). Después, uno tiene que juntar esos fragmentos. Eso es lo que

se llama ensamblar un genoma”, aseguró. El problema de estos pequeños tamaños radica en que existen zonas genómicas complejas que los datos de secuenciación no logran resolver.

En el 2019, en el marco de su tesis doctoral, el investigador hizo una pasantía en China y logró la colaboración de la Universidad de Fudán, en Shanghai, para realizar la secuenciación y análisis con un método diferente: una tecnología de lecturas largas (*Nanopore*). Este permite secuenciar el ADN en fragmentos de menor fidelidad, pero de mayor tamaño que los de *Illumina* (que oscilan entre miles a cientos de miles de bases) y que logran resolver las zonas genómicas de alta complejidad.

“Tratamos de sacar lo mejor de ambas metodologías para hacer el ensamblaje. Este se hace con las piezas de ambos tamaños para lograr mayor fidelidad aun en las zonas complejas del genoma”, añadió.

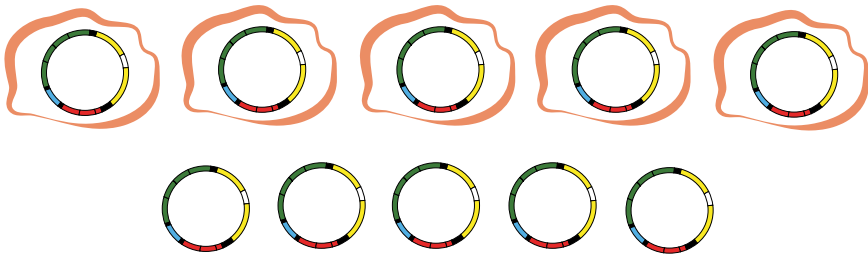
Para el Dr. García, este es un trabajo novedoso dado que se usaron distintas técnicas para ensamblar una molécula muy

¿Cómo se ensambla el genoma de una bacteria?

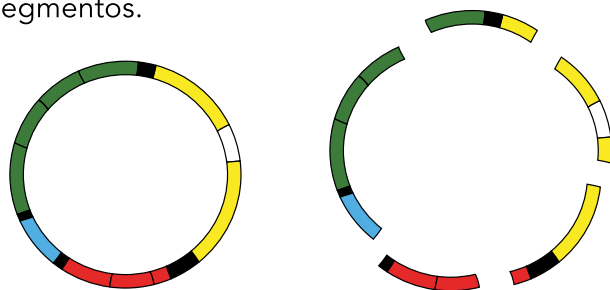
Ejemplo de un genoma de la especie *Pseudomona aeruginosa*, que se constituye a partir de un cromosoma.

Etapas:

1. Extracción del ADN: se extraen múltiples copias provenientes de varias células de la misma cepa bacteriana.



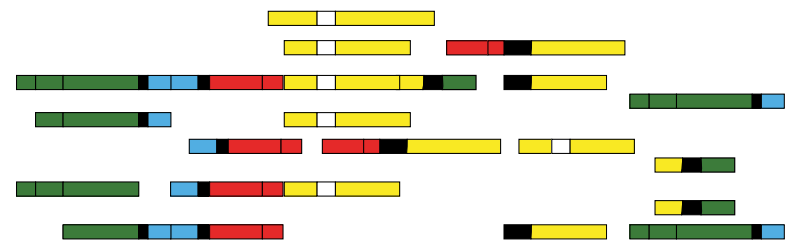
2. Fragmentación: esta se hace al azar en millones de segmentos.



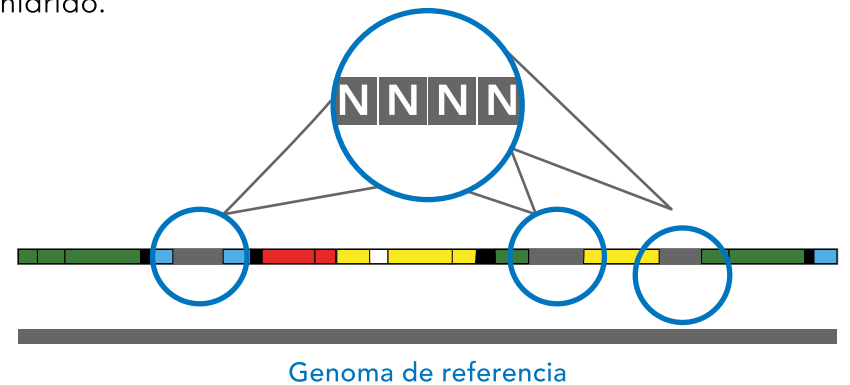
3. Secuenciación de cada fragmento: se secuenciaron cerca de 50 millones de fragmentos de solo un cromosoma. Este paso se efectúa con tecnología de alto rendimiento.



4. Ensamblaje de contiguos (contigs): son fragmentos que se empalman, como cuando se arma un rompecabezas, para obtener la secuencia del cromosoma. Idealmente, se obtiene una sola secuencia circular (un solo contiguo).



5. Andamiaje (scaffolding): si no se logra una secuencia circular y se obtienen grandes fragmentos, se puede usar un genoma de referencia (genoma similar y ensamblado) para ordenar dichos fragmentos y crear un borrador de genoma. En este caso no fue necesario, ya que se utilizó un ensamblaje híbrido.



Fuente: José Arturo Molina, CIET, UCR.

compleja, a partir de fragmentos (*reads* o lecturas) cortos y largos, y obtener información sobre todo el genoma.

Entre los hallazgos más relevantes, determinaron que la cepa analizada es de alto riesgo, porque "causa muchas infecciones, se transmite fácilmente entre pacientes y es muy resistente a todos los antibióticos".

El estudio sobre el ensamblaje del genoma de la bacteria fue publicado en enero pasado por la revista científica *Scientific Reports (Nature)*.

Resistencia a los antibióticos

En diversas investigaciones efectuadas desde el 2008 en la UCR, se ha identificado en algunas cepas de *Pseudomona aeruginosa* un mecanismo especial de resistencia a un tipo de antibióticos de amplio espectro, los carbapenemas.

Se trata de una proteína producida por el mismo microorganismo, la metalo-β-lactamasa (MBL), la cual desactiva el efecto de esos antibióticos utilizados como el último recurso para combatir las infecciones. Este

proceso genera una ruptura química de la molécula y, de esta forma, el antimicrobiano pierde sus propiedades y deja de funcionar.

"Cuando ya no se puede contar con los carbapenemas, porque las bacterias se volvieron resistentes, prácticamente no hay más antibióticos a los que se pueda recurrir para tratar las infecciones", dijo García.

Después de aislar más de 600 bacterias en hospitales del país, los investigadores determinaron que la mayoría (80 %) contenía el mecanismo de resistencia a los carbapenemas.

La resistencia a este grupo de antibióticos es muy importante, según explicó García, ya que usualmente estos se utilizan para las infecciones más severas, como las invasivas, en pulmón, en sangre y en tejidos blandos (piel, mucosas y tejido muscular).

Precisamente, la Organización Mundial de la Salud (OMS) clasificó en el 2017 a la *P. aeruginosa* con resistencia a carbapenemas entre los tres grupos principales de bacterias más complicados para combatir, por su resistencia a estos medicamentos.

Para el experto, una de las razones de la resistencia de las bacterias a los antimicrobianos es el abuso de estas sustancias. Por lo tanto, reducir su prescripción contribuiría a resolver el problema, como lo han hecho

en Europa algunos países nórdicos.

"Entre más antibióticos uno utilice, más resistentes van a ser nuestras bacterias", advirtió el microbiólogo.

Sin embargo, en Latinoamérica, incluida Costa Rica, es difícil controlar el uso de los antibióticos debido a la forma en que nosotros utilizamos los medicamentos, en particular las prácticas de prescripción médica, la medicina veterinaria y la producción pecuaria.

La superbacteria

La reconstrucción de la arquitectura del material genético de la *P. aeruginosa* representó para los científicos una serie de retos y de preguntas. Uno de los aspectos que más llamó su atención es que la bacteria estudiada tiene 7.1 millones de pares de letras, un millón más que la mayoría de las *Pseudomonas*.

Los investigadores seleccionaron una cepa proveniente del Hospital San Juan de Dios, a la que llamaron AG1, y le aplicaron pruebas para estudiar su ADN. La sorpresa para ellos fue encontrar dos genes de resistencia a las MBL, en vez de uno, como es lo usual.

"En ese momento, ese resultado era un poco raro, porque usualmente las bacterias tienen solo un gen de resistencia a este tipo de antibióticos", recordó García. Ante la duda, repitieron el estudio y se volvió a obtener la misma conclusión.

Dentro de los hallazgos más interesantes está que el ensamblaje del genoma completo de esa cepa de *P. aeruginosa* revela que esa bacteria ha sufrido al menos 57 eventos genéticos a lo largo de su historia. Esto permitirá comprender cómo llegó a convertirse en una superbacteria, es decir, un microorganismo que evade todos los antibióticos.

Esto significa que ha acumulado genes de resistencia a esas sustancias, posiblemente porque ha tenido una evolución intrahospitalaria de mucho tiempo y ha estado expuesta a gran cantidad de medicamentos.

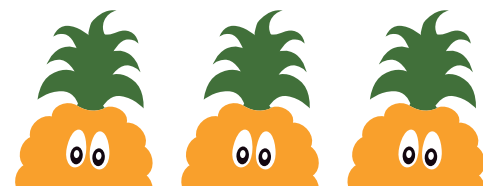
Los investigadores identificaron, además, una inversión de los genes en comparación con otras bacterias. En otras palabras, el microorganismo analizado tiene un orden de genes diferente al de otras *Pseudomonas*. "Esto nos da mucha información para entender más en detalle el funcionamiento genético y bioquímico de esta superbacteria", concluyó García. ■



Los residuos de la industria piñera representan una gran amenaza para el ambiente. Sin embargo, una novedosa forma de contribuir a reducir sus efectos es elaborar fibras a partir de sus desechos. Foto: Karla Richmond.

Piña:

la novedosa fuente de fibras textiles



En Costa Rica, se generan unos 4.28 millones de toneladas de desechos de piña al año y los costos asociados a su manejo oscilan entre USD 1 000 y USD 2 500 por hectárea, dependiendo del tipo de manejo, según datos del 2017.

*Bianca Villalobos Solís
bianca.villalobos@ucr.ac.cr*

Mundialmente, Costa Rica es líder en la exportación de piña fresca. Esto se traduce en una ganancia anual de USD 900 millones, de acuerdo con cifras del año 2017 de la Cámara Nacional de Productores y Exportadores de Piña de Costa Rica (Canapep). Esa producción, aparte de representar una fuente de empleo e ingresos económicos para el país, también significa un gran reto en cuanto al manejo de desechos orgánicos y el impacto que tienen en el ambiente.

El rastrojo (desecho orgánico que surge como resultado de su cultivo) se genera

luego de la primera cosecha, la cual se da de los 14 a 16 meses, en caso de que hubiese influencia de efectos climáticos o enfermedades.

Igualmente, puede surgir después de la segunda siembra, que comprende un período entre los 27 y 29 meses, y en muy pocos escenarios se llega a un ciclo que cumpla tres cosechas. Al año, se generan cerca de 4.28 millones de toneladas de este desecho en Costa Rica.

Los restos de la piña son conocidos por producir un gran impacto negativo en el ambiente y el tratamiento inadecuado de estos equivale a malos olores, proliferación de plagas e, incluso, enfermedades.

El manejo del rastrojo es muy variado, tanto por parte de las empresas agroalimentarias como en los laboratorios científicos. Dos de las técnicas llevadas a cabo en Costa Rica y que pretenden tener un efecto positivo en el ambiente, ante la crisis climática actual, son la producción de biocombustibles y la creación de fibras textiles a partir de este desecho.

El Laboratorio de la Unidad de Recursos Forestales (Reforesta) del Insti-

tuto de Investigaciones en Ingeniería (INII), de la Universidad de Costa Rica (UCR), se adentró en el estudio y uso del rastrojo de piña como materia prima para confeccionar un textil no tejido, reforzado con biopolímeros (macromoléculas presentes en los seres vivos).

El objetivo consiste en que dicho material sea funcional y ecológico con características específicas de resistencia, textura y apariencia para ser utilizado en la elaboración de piezas artesanales.

De la tierra al laboratorio

Existen varios métodos de formación de los tejidos, incluso es una técnica que se ha puesto en práctica en varios lugares del mundo y de la que es posible obtener distintos resultados. Por ejemplo, el cuero textil hecho a base de las fibras de las hojas de piña, conocido en el mercado como Piñatex.

Actualmente, esta técnica se desarrolla en la UCR de forma manual, sin requerir del uso excesivo de dispositivos.

“El rastrojo recolectado tiene que estar conformado por hojas largas y verdes, sin partes secas. Después, se le aplica un proceso de decortinado y extracción para remover las ceras y demás, y se pone a secar a temperatura ambiente. Luego, la fibra se peina para quitarle las impurezas más grandes”, explicó el estudiante de ingeniería química, Eddy Jirón García, quien participa en el proyecto.

Jirón agregó que una vez peinada la fibra, se le aplican los tratamientos en húmedo o en seco. En húmedo, las fibras se cortan con un máximo de 4 mm de longitud y se hidratan con agua y almidón, con ellas se forma una hoja de fibras como si se estuviese haciendo papel. En seco, las fibras se cortan en pedazos de hasta 4 cm y se empieza a cardar; es decir, a formar el tejido en seco.

Como resultado de lo anterior se obtiene una lámina esponjosa y gruesa (con el método en seco) o una hoja delgada y uniforme (con el método en húmedo), a las cuales se les puede agregar o no el biopolímero. En Reforesta incorporan el polímero de ácido poliláctico (PLA, por sus

¿Cómo impacta a Costa Rica la producción de piña?

La magnitud del cultivo de piña en el territorio nacional coloca a Costa Rica como el principal exportador mundial de piña fresca.

Las iniciativas enfocadas en el tratamiento efectivo de los desechos, como la producción de fibras textiles o biocombustibles, benefician enormemente al medio ambiente, además de ser fuentes de generación de empleo e ingresos.



Las exportaciones de piña rondan los **USD 900 millones** al año.

Se generan **4.28 millones** de toneladas de rastrojo (desecho orgánico del cual se obtienen las fibras textiles) al año.

El costo asociado por hectárea para la gestión del rastrojo es de **USD 1 000 a USD 2 500**.

Existen **43 000** hectáreas dedicadas al cultivo de piña.

Región Huetar Norte: concentra un **47 %** de la producción nacional.

Hay **550** productores y un empleo directo a **30 000** personas.

Datos del 2017

Fuentes:

Estudio *Impacto y oportunidades de biorrefinería de los desechos agrícolas del cultivo de piña (Ananas comosus) en Costa Rica* (UNED).

Cámara Nacional de Productores y Exportadores de Piña de Costa Rica.

Diseño: Rafael Espinoza.

siglas en inglés) en forma de polvo, para dar mayor resistencia y rigidez al producto. En caso de que se deseen características diferentes, es posible prescindir de esta sustancia.

En la parte final del proceso, se prensa la lámina a alta temperatura y a una elevada presión, con el objetivo de que sea más resistente y compacta. Más adelante, se saca el tejido y se deja enfriar.

El laboratorio de la UCR contó con la colaboración del Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC), el cual le facilitó la decortadora para el proceso de obtención de la fibra. Asimismo, usó el rastrojo de la segunda cosecha de piñas orgánicas cultivadas en San Carlos, Alajuela, gracias a la ayuda de la Universidad Técnica Nacional (UTN).

“La idea con la UTN es generar algún tipo de producto. Podríamos coordinar con la misma comunidad y artesanos, para que si se logra sacar un material, ellos mismos tengan la capacidad de poder crearlo y comercializarlo”, mencionó la investigadora del proyecto, la M. Sc. Karina Rodríguez

Mora, también profesora de la carrera de Ingeniería Química en la Sede del Caribe de la UCR.

“El Dr. Pedro Casanova Treto, miembro de esta iniciativa, se encargó de hacer el equipo que nosotros ocupábamos para que la fibra pudiera contar con fuerza y resistencia. También en el laboratorio se ha trabajado con tintes y pigmentos. Los primeros son sintéticos de cuatro tipos diferentes y permiten que la fibra pueda ser verde o amarilla, por ejemplo”, agregó la investigadora.

Este proyecto ganó el concurso Conexión Humboldt (#ConexionHumboldt), el cual se realizó en octubre del 2019 en Alemania, como parte de la conmemoración del 250 aniversario del natalicio del científico alemán Alexander von Humboldt. El estudiante Eddy Jirón fue el único costarricense en recibir el reconocimiento y es uno de los 15 jóvenes latinoamericanos que viajó hasta el país europeo, para representar al equipo que participa en dicha investigación. Este proyecto destacó por su gran aporte al ambiente.

Costo ambiental de la industria textil

La industria de la moda acapara la atención de los ambientalistas por las alarmantes cifras sobre su negativo impacto en el planeta, según han revelado diversos estudios. De acuerdo con la Conferencia de la Organización de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (Unctad), dicha industria es la segunda más contaminante en el mundo.

Este sector produce más emisiones de carbono que todos los vuelos y envíos marítimos internacionales juntos. Además, cada año utiliza 93 000 millones de metros cúbicos de agua para la producción de prendas, volumen suficiente para satisfacer necesidades de cinco millones de personas.

Confeccionar unos *jeans* equivale al uso de 7 500 litros de agua, cantidad que bebe en promedio una persona durante siete años. La producción de ropa y calzado

es responsable del 8 % de la emisión de gases de efecto invernadero y del 20 % del desperdicio de agua a nivel global. Aunado a ello, cada segundo se entierra o quema una cantidad de textiles semejante a un camión de basura.

Una de las alternativas para disminuir el costo ambiental de esta industria es promover cambios en las formas de producción y consumo, mediante programas de reciclaje, devolución de prendas y un mejor cuidado de la ropa, así como renunciar al modelo de “comprar, usar y desechar”.

En el marco de producción textil, el proyecto de Reforesta representa una novedosa apuesta con respecto a la incorporación de desechos orgánicos y el desplazamiento de materiales contaminantes en la creación de ropa, calzado y accesorios. ■

UCR

Ahora, puede escuchar a
las investigadoras e investigadores de
la Universidad de Costa Rica, quienes le contarán
sobre sus proyectos y estudios de vanguardia.

Ciencia (en todo)

Podcast



Escúchenos en



Apple Podcasts

Google Podcasts



Spotify

Ciencia en todo es una iniciativa de la Vicerrectoría de Investigación
y de la Oficina de Divulgación e Información de la Universidad de Costa Rica.