

EXPERIMENTA

Revista de divulgación científica de la Universidad de Antioquia

Edición

16

Creando piel en un laboratorio

Resistencia bacteriana: más allá del ambiente hospitalario

Saccharomyces cerevisiae, del vino a los sensores electroquímicos

Dormidera y cola de caballo: plantas al borde del camino con potencial antibacterial

Murciélagos: estigmatizados pero indispensables para la preservación de la vida



UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

Portada

Células de levadura dispuestas sobre nanotubos de carbono de pared múltiple oxidados después de modificar el electrodo de carbono impreso.

Fotografía: Isabel Acevedo Restrepo

Diseño portada

Juliana Morales Urrego

www.udea.edu.co/experimenta

Nos interesa saber tu opinión sobre esta publicación. Escríbenos tus sugerencias y comentarios a revistaexperimenta@udea.edu.co



Edici

10

En su interés por describir la diversidad biológica, los científicos se han preguntado cuántas especies de microorganismos existen sobre la Tierra, y han llegado a una desalentadora conclusión: no lo sabemos. Hasta hace poco se estimaba que había alrededor de 10 millones de especies vivas sobre el planeta, pero este número se basa solo en lo que se puede ver a simple vista. Las especies más pequeñas como bacterias, algas, hongos, arqueas, protistas, son las formas de vida más abundantes y se ha sugerido que es posible que existan desde algo más de 5 millones, hasta alrededor de 1 billón (10^{12}) de especies de microorganismos. De tal tamaño es nuestro desconocimiento. El impacto de los microorganismos sobre nuestras vidas también es diverso: los hay perjudiciales, que nos enferman y nos matan y los hay que nos salvan la vida. De algunos de ellos depende que tengamos alimentos como pan y yogur o bebidas como vino y cerveza, mientras otros arruinan alimentos y bebidas. Con base en esta realidad, para la edición 16 de *Experimenta* invitamos a los investigadores a compartir sus proyectos relacionados con el fascinante mundo de los microorganismos.

En nuestra sección «Trayectorias», investigadores del grupo Malaria nos relatan la historia de este grupo de investigación que lleva más de cuatro décadas de trabajo alrededor del parásito, el huésped, las formas de transmisión, la prevención y el tratamiento de la malaria. En la sección «Vidas para el conocimiento», la investigadora María Teresa Rugeles nos comparte su historia de vida como viróloga, con importantes realizaciones en el estudio del virus de la inmunodeficiencia humana, lo que no le impide ser una mamá de tiempo completo, fuente de inspiración para sus hijas. Investigadores del Instituto de Química detectaron señales electroquímicas en levaduras, análisis útil para el control y el monitoreo de bioprocesos como los que se desarrollan en la producción de vino. De la Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Alimentarias nos revelan impactantes realidades de los microorganismos, tan omnipresentes en nuestras vidas y tan desconocidos. Investigadores de la Facultad de Ingeniería desarrollaron alternativas basadas en extractos vegetales para contrarrestar la resistencia a los antibióticos. En el mismo sentido, investigadores de la Escuela de Microbiología estudiaron la dinámica de la resistencia bacteriana desde la perspectiva de una sola salud, es decir, desde los diferentes entornos: el clínico, el comunitario y el ambiental.

El Grupo de Investigación GEOBIOMIC nos comparte un artículo sobre los murciélagos, esos «ratones ciegos» que constituyen casi el 20 % de todos los mamíferos de la Tierra, y cuya observación hace parte de un proyecto que investiga sobre poblaciones de murciélagos adyacentes a la construcción de la autopista Conexión Pacífico 2. Investigadores del Grupo Economía de la Salud, de la Facultad de Economía, celebran los 20 años del Observatorio de la Seguridad Social, en el cual han analizado el sistema de salud y seguridad social colombiano, brindando descripciones, estadísticas, contextos y proyecciones que ayudan a la comprensión del sistema y a la toma de decisiones. Investigadores del Grupo de Ingeniería de Tejidos y Terapias Celulares han elaborado sustitutos de piel con un componente inmune para evaluar el potencial sensibilizante de sustancias químicas. En la Facultad de Ingeniería desarrollaron un reactor a escala milimétrica para el aprovechamiento del aceite de trementina utilizado en la producción de fragancias, desarrollo promisorio para la industria nacional. Desde el Instituto de Física nos comparten un artículo que explora el fenómeno de la refracción negativa obtenida de manera natural.

En nuestra habitual sección «Lecturas para el asombro», encontramos el libro *El ojo del observador* que nos cuenta cómo en la Holanda del siglo XVII descubrimientos en el campo de la óptica influyeron sobre dos genios de la ciudad de Delft: el descubridor de la microscopía Antoni van Leeuwenhoek y el pintor Johannes Vermeer. En el cuento, Juan se entera de que existe un verdadero batallón de pequeños seres vivos que lo mantienen saludable. Y el Alkimista nos ilustra sobre datos curiosos relacionados con artículos de esta edición.

Revista Experimenta

Publicación de la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Antioquia
ISSN 2357-3503

John Jairo Arboleda Céspedes
Rector

Luz Fernanda Jiménez Segura
Vicerrectora de Investigación

Carmenza Uribe Bedoya
Directora

Lina Alexandra Gómez Henao
Editora

Comité editorial

Carmenza Uribe Bedoya
Bernardo Bustamante Cardona
Luz Marina Restrepo Múnera
Sara Cristina Vieira Agudelo
Mario Víctor Vázquez Ceballos
Gloria Valencia Bustamante
Luz Adriana Ruiz Marín

Producción y diseño

Ángela González Restrepo
Juliana Morales Urrego
Dirección de Comunicaciones
Universidad de Antioquia

Corrección de texto

John Sebastián Otálvaro Pérez

Ilustraciones

Carolina Gomes

Fotografía

Cortesía de los grupos de investigación y autores

La Revista Experimenta es una publicación de la Universidad de Antioquia que tiene como objetivo la divulgación de la actividad científica desarrollada en la Institución. Los artículos aquí publicados tienen fines educativos y divulgativos; por tanto, el contenido de esta publicación podrá ser utilizado únicamente con fines académicos y educativos, no comerciales, de acuerdo con la norma de propiedad intelectual.

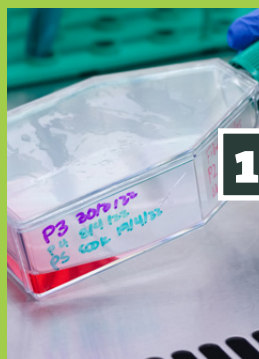
Universidad de Antioquia

Vicerrectoría de Investigación
Recepción de correspondencia: Calle 70 No. 52 - 21
Teléfono (+574) 2195190
revistaexperimenta@udea.edu.co
www.udea.edu.co/experimenta
Apartado Aéreo 1226
Medellín, Colombia

2022

Con ten do

Edición
16

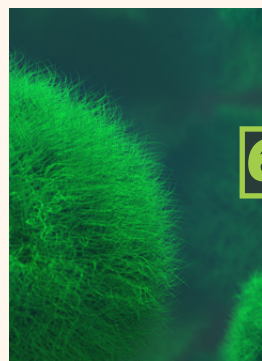


Creando piel en un laboratorio

- 6** Resistencia bacteriana, más allá del ambiente hospitalario
- 12** Detrás de la refracción negativa natural
- 16** Creando piel en un laboratorio
- 22** *Saccharomyces cerevisiae*, del vino a los sensores electroquímicos
- 28** María Teresa Rugeles López
Transitando por caminos paralelos
- 38** Dormidera y cola de caballo:
plantas al borde del camino con potencial antibacterial
- 44** Grupo Malaria: dedicados a los territorios y a la salud
- 54** Los sistemas de salud bajo el observatorio del GES
- 64** Los microorganismos: un mundo de revelaciones
- 70** Murciélagos: estigmatizados pero indispensables para la preservación de la vida
- 76** Reacciones químicas a pequeña escala:
una gran estrategia para la transformación del aceite de trementina
- 82** La reinención de la mirada
- 86** Un combate de gigantes en la vida de Juan

**38**

Dormidera y cola de caballo:
plantas al borde del camino
con potencial antibacterial

**64**

Los microorganismos:
un mundo de
revelaciones

A microscopic view of various bacteria, including long, rod-shaped ones and smaller, more rounded ones. One rod-shaped bacterium in the center has a bright green, glowing spot on its surface. The background is a light blue color with some faint, larger-scale patterns.

Resistencia bacteriana, más allá del ambiente hospitalario

Daniela Montoya Urrego

Microbióloga y bioanalista, magíster en Microbiología.

Juan José Velasco Cataño

Microbióloga y bioanalista.

Lorena Salazar Ospina

Microbióloga y bioanalista, magíster en Microbiología.

Johanna Marcela Vanegas Múnera

Microbióloga y bioanalista, doctora en Epidemiología. Escuela de Ciencias de la Salud de la Universidad Pontificia Bolivariana.

Érika Andrea Rodríguez Tamayo

Laboratorista clínico por Microbióloga y bioanalista.

Judy Natalia Jiménez Quiceno

Bacterióloga, doctora en Ciencias Básicas Biomédicas. jnatalia.jimenez@udea.edu.co
Integrantes Grupo de Investigación en Microbiología Básica y Aplicada —Microba—,
Escuela de Microbiología de la Universidad de Antioquia.

Integrantes Grupo de Investigación



La resistencia bacteriana es una problemática mundial que tradicionalmente se ha relacionado con la salud humana y el ambiente hospitalario; pero, realmente es un problema multifactorial que también está presente a nivel comunitario y ambiental. Conocer sobre este tema y generar estrategias educativas desde diferentes entornos es una necesidad.

Los antibióticos son medicamentos usados para el tratamiento de infecciones causadas por bacterias y constituyen uno de los grandes hitos en la medicina moderna. Desde su descubrimiento, la práctica clínica se fortaleció mejorando la posibilidad de realizar cirugías, trasplantes, optimizando el tratamiento para enfermedades crónicas como el cáncer y disminuyendo las muertes por infecciones bacterianas en toda la población. Desafortunadamente, el uso excesivo e inadecuado de antibióticos ha ocasionado un incremento de bacterias resistentes, las cuales son capaces de evadir su acción y no pueden ser eliminadas con el tratamiento. Ante la emergencia de infecciones causadas por microorganismos multirresistentes, la Organización Mundial de la Salud —OMS— ha advertido sobre la llegada de una era post-antibiótica, donde no existirá tratamiento efectivo para combatir las enfermedades infecciosas causadas por bacterias.

Recientemente, se ha puesto en evidencia las profundas consecuencias de la resistencia bacteriana, convirtiéndose en una de las mayores amenazas para la medicina moderna; por lo que se ha convertido en un problema de salud pública mundial que se encuentra priorizado por la OMS. Las bacterias resistentes a los antibióticos, también denominadas «superbacterias», son una pandemia creciente que, en el 2019, cobró la vida de más de 1.27 millones de personas en todo el mundo, de acuerdo con datos publicados en la revista médica *The Lancet* en su edición de enero de 2022. De no tomar acciones de forma adecuada podrían causar diez millones de muertes anuales para 2050, además de provocar daños económicos catastróficos. Estas infecciones tienen serias implicaciones clínicas, puesto que disminuyen las opciones terapéuticas y dificultan la administración de un tratamiento seguro y efectivo. Además, ocasionan un aumento en la morbilidad y la mortalidad de los pacientes, a la vez que provocan mayor tiempo de hospitalización, lo que incrementa los costos en el sistema de salud y el riesgo de diseminación de estas bacterias en el hospital y en la comunidad.

La presencia de bacterias resistentes suele asociarse a entornos hospitalarios, los cuales fueron considerados durante muchos años como sus principales reservorios, debido al alto uso de antibióticos. Sin embargo, la resistencia bacteriana no está restringida a estos lugares, el uso inadecuado de antibióticos en la comunidad y en otras actividades humanas, como la ganadería, la agricultura, la acuicultura, la medicina veterinaria, entre otras, ha mostrado que la resistencia bacteriana es una problemática de carácter multifactorial, donde la comunidad

Resistencia bacteriana Problema multifactorial

Uso frecuente de Antibióticos como productores de crecimiento en animales de consumo humano



Presencia de Antibióticos y bacterias resistentes como contaminantes emergentes y en el ambiente



Agguas residuales con Bacterias Resistentes y riesgo de diseminación

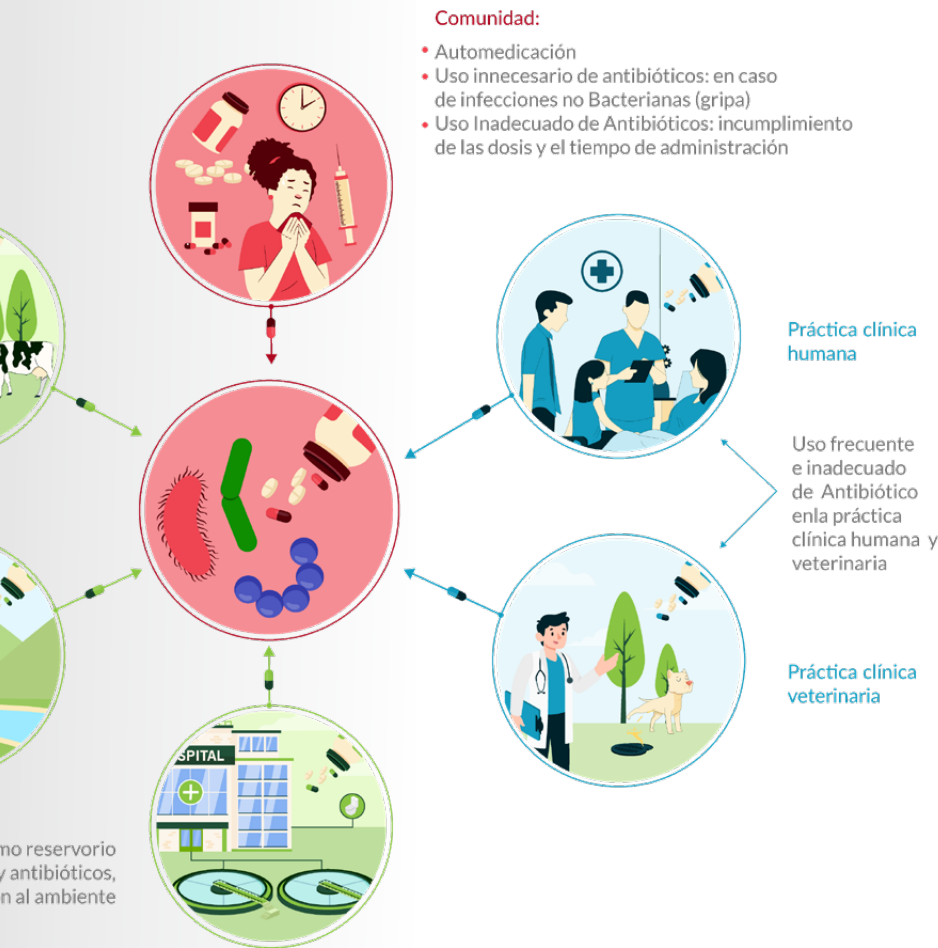
y el ambiente juegan un papel protagónico. El uso inadecuado de los antibióticos ha ocasionado una alta presión de selección, que favorece el incremento y diseminación de bacterias resistentes en estos entornos.

Particularmente, el comportamiento de la comunidad juega un papel trascendental en el desarrollo de resistencia bacteriana; en este escenario las conductas de uso innecesario e inadecuado de antibióticos, como la automedicación, la utilización de antibióticos en casos de infecciones no bacterianas como la gripe, el incumplimiento en la

La resistencia bacteriana: del entorno hospitalario al comunitario

Las investigaciones realizadas en diferentes hospitales de la ciudad de Medellín han permitido detectar altos porcentajes de resistencia a antibióticos betalactámicos, la familia de antibióticos más importante y más frecuentemente empleada en la práctica clínica. Este panorama muestra la grave problemática de resistencia bacteriana en Medellín, la cual se ha caracterizado por ser endémica y presenta unas de las cifras más alarmantes reportadas en América Latina.

De manera importante, los estudios adelantados por el grupo de investigación no solo han encontrado bacterias resistentes causando infecciones en pacientes hospitalizados, sino que también han detectado la presencia de bacterias resistentes colonizando pacientes con enfermedades crónicas y personas sanas sin contacto previo con el hospital. De esta manera, con el fin de comprender el comportamiento de la colonización por bacterias resistentes entre el ambiente comunitario y hospitalario, se evaluó la presencia de estos microorganismos en pacientes en hemodiálisis y en sus convivientes residenciales, debido a que esta población se encuentra en un tránsito constante entre sus hogares y los centros de salud. Adicionalmente, los pacientes en hemodiálisis se exponen frecuentemente a diferentes antibióticos y requieren acompañamiento cons-



administración de las dosis y el tiempo de tratamiento, son prácticas frecuentes y reflejan el desconocimiento de la población general frente a esta problemática. Con relación al ambiente, las aguas residuales y PTAR (plantas de tratamiento de aguas residuales), tienen un rol relevante, dado que se consideran uno de los principales receptores de desechos que albergan antimicrobianos y bacterias resistentes a antibióticos provenientes de actividades humanas (aguas residuales domésticas, hospitalarias y residuos industriales). Estas aguas son una fuente de resistencia bacteriana, y constituyen un peligro potencial para la naturaleza y para la salud humana y animal.

En este sentido, la línea de investigación en epidemiología molecular y resistencia bacteriana del grupo Microba de la Universidad de Antioquia, ha centrado sus investigaciones en entender el comportamiento y la dinámica de la resistencia bacteriana desde la perspectiva de una *sola salud*, es decir, desde los diferentes entornos: el clínico (humano y veterinario), el comunitario y el ambiental.

tante de sus familiares, compartiendo espacios, hábitos y objetos. Los resultados del estudio realizado evidenciaron altos porcentajes de colonización en los pacientes y sus convivientes residenciales, además de una relación genética alta entre las bacterias encontradas de cada uno de ellos. Estos hallazgos sugieren un intercambio de bacterias entre los pacientes y los miembros de la familia, situación que refleja la importancia de la comunidad en la dinámica de la resistencia.

El medioambiente también es afectado por la resistencia bacteriana

Así mismo, a nivel ambiental se realizó un estudio en aguas residuales provenientes de una PTAR del Área Metropolitana durante 6 meses, donde se detectó la presencia de bacterias resistentes a betalactámicos, tradicionalmente responsables de las infecciones en hospitales y en la comunidad, y de bacterias ambientales resistentes a estos antibióticos, tanto a la entrada (afluente) y a la salida (efluente) de la PTAR. Estos resultados evidencian cómo las aguas residuales son un reflejo de la problemática de la resistencia bacteriana en la población, demostrando la diseminación de las bacterias resistentes desde el hospital y la comunidad hacia el medio ambiente, lo que a su vez muestra el impacto de la presión selectiva antibiótica en entornos ambientales y las consecuencias al equilibrio ecológico.

Adicionalmente se evidencia cómo las PTAR no reducen completamente la resistencia bacteriana y que sus efluentes podrían tener un papel en su diseminación, representando una gran amenaza para la salud pública y ambiental.

En este sentido, resulta de gran importancia articular la vigilancia tradicional de la resistencia bacteriana en hospitales y la comunidad, con la vigilancia basada en aguas residuales, en la denominada epidemiología basada en aguas residuales, y enfocar esfuerzos en el diseño de nuevas tecnologías para la remoción de bacterias resistentes en el agua. De otro lado, en el plan de acción mundial contra la resistencia antimicrobiana, la OMS resalta la necesidad de vigilar y mejorar los conocimientos sobre el tema, tanto en profesionales del área de la salud como en la comunidad, para abordar esta problemática desde diferentes frentes, incentivar a los Gobiernos a mejorar las políticas de salud pública que regulen el uso de estos medicamentos e intervenir en prácticas inadecuadas en los hogares, como el consumo de antibióticos sin fórmula médica, la automedicación, la adecuada eliminación de antibióticos y la baja adherencia al tratamiento.

La educación: una de las herramientas para contener la problemática

Continuando con el enfoque de una sola salud, Microba se ha preocupado por identificar los conocimientos, actitudes y prácticas —CAP— que tiene la población acerca del uso de antibióticos y la resistencia bacteriana, con el objetivo de identificar conceptos, creencias y hábitos total o parcialmente equivocados. Una vez identificados, se trabaja en una intervención dirigida hacia los vacíos de conocimiento de la comunidad, proporcionando información con estrategias comunicativas y de educación que favorezcan el cambio de comportamientos en la comunidad. Los resultados más relevantes, obtenidos en el estudio tipo CAP realiza-

La resistencia bacteriana es una **pandemia silenciosa. Se estima que en el mundo han muerto 1.27 millones de personas por esta causa para el 2019.**

do, mostraron que cerca del 80 % de los participantes identificó incorrectamente las situaciones en las cuales se deben usar antibióticos y cuándo estos tienen un efecto terapéutico. Lo anterior muestra el bajo nivel de conocimiento que presenta la población sobre el uso de estos medicamentos y la necesidad de establecer estrategias de educación. A la luz de estos resultados, el grupo de investigación ha implementado estrategias de comunicación e intervenciones

en la comunidad, con el fin de socializar estrategias para la prevención de infecciones y concientizar sobre el uso adecuado de antibióticos y la resistencia bacteriana. Estamos convencidos de que las intervenciones deben orientarse desde el ámbito educativo, para proporcionar herramientas que impacten las poblaciones y permitan cambios significativos a largo plazo, entendiendo que estos cambios de comportamiento son cruciales en la contención de la mencionada problemática. X

Glosario

Agua residual: cualquier tipo de agua cuya calidad y seguridad está afectada negativamente por contaminantes generalmente de origen antropogénicos (alteración que causa una acción humana sobre el medio ambiente).

Betalactámicos: son la familia de antibióticos más usados para el tratamiento de las infecciones bacterianas. Actúan específicamente en la pared de las bacterias provocando su muerte. Esta familia ocasiona menos efectos tóxicos en los pacientes y se divide en los siguientes grupos: penicilinas, cefalosporinas, monobactámicos y carbapenémicos.

Colonización: la colonización se presenta cuando las bacterias están presentes en diferentes sitios corporales del ser humano, sin causar algún tipo de síntomas o manifestaciones clínicas de infección. Estos microorganismos pueden convivir con el ser humano por periodos de tiempo prolongado, lo que podría facilitar la diseminación a otras personas o favorecer el desarrollo de infecciones futuras en las personas colonizadas.

Comorbilidad: coexistencia de dos o más enfermedades en un mismo individuo, generalmente relacionadas.

Endémico: enfermedad que se presenta de manera habitual y estable en una región o país.

Epidemiología basada en aguas residuales: es un enfoque que se fundamenta principalmente en la extracción, detección y posterior análisis e interpretación de biomarcadores en aguas residuales, proporcionando un medio de recopilación de datos para estudios epidemiológicos con el fin de evaluar la salud pública de una población y brindando información de la salud de las comunidades. Esta metodología se viene utilizando para apoyar la vigilancia y seguimiento de enfermedades infecciosas y resistencia bacteriana.

Hemodiálisis: tratamiento médico que se realiza a pacientes con insuficiencia renal, que consiste en eliminar artificialmente las sustancias nocivas o tóxicas de la san-

gre mediante un riñón artificial (equipo de diálisis).

Morbilidad: estado de enfermo, de discapacidad o mala salud debido a cualquier causa.

Presión de selección: cualquier causa que reduzca el éxito reproductivo de una población en una proporción significativa ejerce una potencial presión evolutiva o presión selectiva. Los antibióticos disminuyen una población bacteriana significativamente; sin embargo, ejercen una presión selectiva permitiendo el crecimiento de bacterias resistentes, favoreciendo su multiplicación y eliminando aquellas bacterias sensibles.

Planta de tratamiento de agua residual —PTAR—: son biorreactores a gran escala que llevan a cabo una serie de procesos físicos, químicos y biológicos, y fueron diseñadas con el objetivo de disminuir la cantidad de contaminantes presentes en las aguas residuales realizando una limpieza o remoción de la mayoría de ellos, para que pueda ser devuelto de forma segura a nuestro medio ambiente.

Reservorios: nicho ecológico donde un microorganismo vive y se multiplica.

Relación genética: similitud en el perfil de genes entre dos o más microorganismos.

Microba ha trabajado durante varios años en el desarrollo de proyectos asociados a la resistencia bacteriana, financiados por MinCiencias (Código 111577756947-Contrato 799 de 2018) y por el Comité para el Desarrollo de la Investigación —CODI— de la UdeA (CODI 2017-15526, 2017-16256 y 2017-16341).

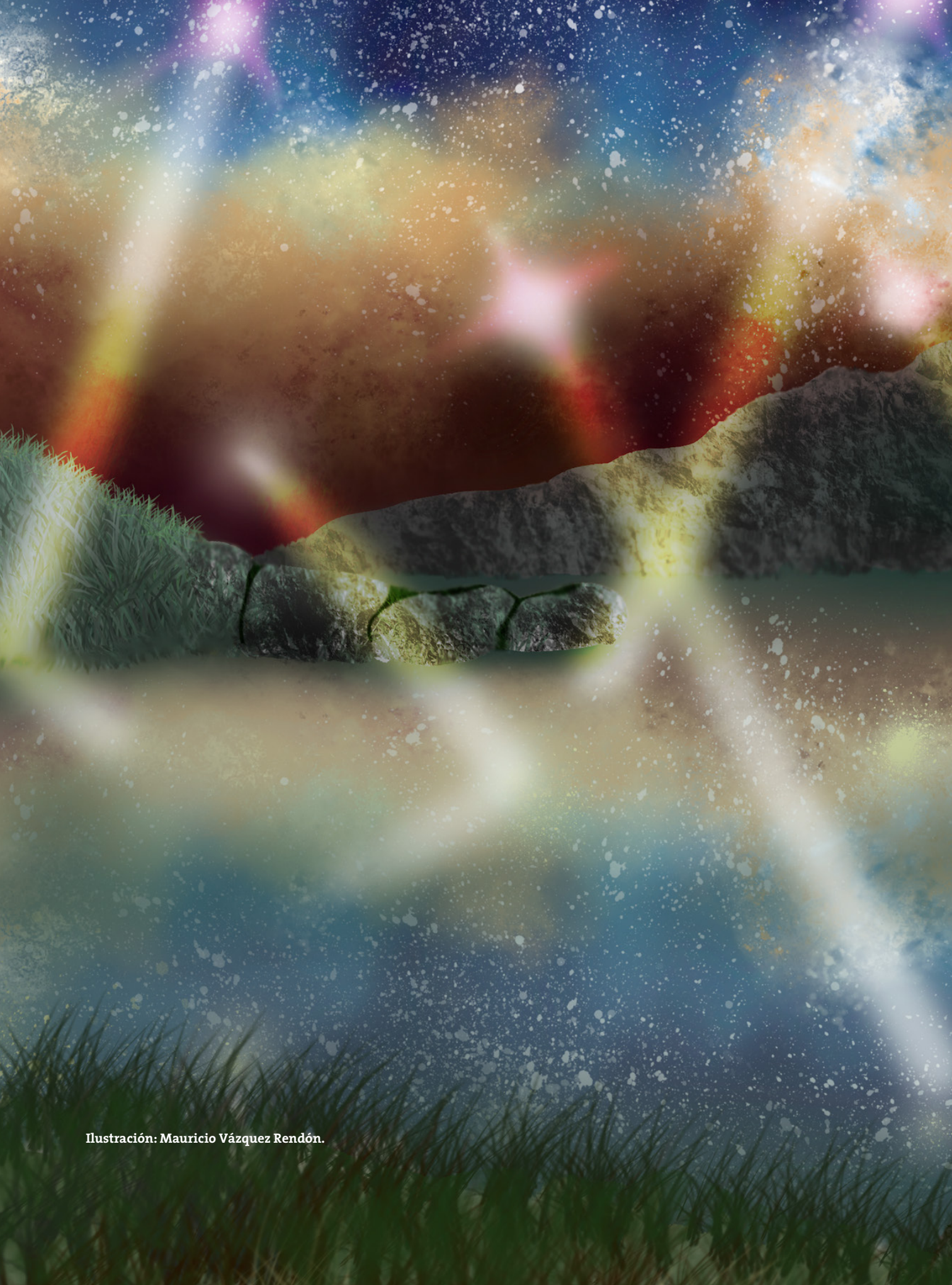


Ilustración: Mauricio Vázquez Rendón.



Detrás de la refracción negativa natural

Juan Diego Mazo Vásquez

Físico. Estudiante de la maestría en Óptica y Fotónica. Grupo Teórico de Ciencias de los Materiales. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia.
Premio Investigación Estudiantil Universidad de Antioquia 2020, primera categoría.

Los modelos matemáticos nos permiten describir lo que pasa en escalas muy pequeñas. En esta investigación se usaron para explorar cómo se comportaría la luz al interactuar con un gas donde los electrones están libres y responder si esta interacción pudiese causar, de manera natural, una refracción negativa.

E

s un día caluroso. El sol radiante hace que el clima esté perfecto para darse un chapuzón en la piscina. De repente notamos que en el fondo de la piscina hay una moneda; tratamos de localizarla y nos sumergimos para recogerla. En el momento en que nos zambullimos, nos damos cuenta de que no se encuentra precisamente donde creíamos que estaba.

La explicación a este fenómeno se debe a que la luz que llega a nuestros ojos no sigue una trayectoria recta, sino que se desvía al cambiar el medio en el cual se propaga, por ejemplo, cuando pasa del agua al aire. Este fenómeno se conoce como **refracción**.

La desviación de la luz debido al cambio de medio en que se propaga es, de cierto modo, algo cercano a nuestros sentidos porque lo podemos presenciar cotidianamente de varias maneras, como cuando introducimos un lápiz en un vaso de agua y vemos como si se «quebrara». La luz no sigue la trayectoria que minimiza la distancia, sino la que hace que el tiempo de recorrido sea mínimo. Y aunque la física ha logrado comprender el mecanismo de refracción, aún no tenemos del todo claro muchos aspectos relacionados con otro caso: cuando la luz se desvía en la dirección contraria; es decir, el fenómeno de refracción

positiva se da cuando la luz se refracta en la misma dirección en la que llega, mientras que, en la negativa, la luz se desvía en la dirección opuesta.

La idea de la refracción negativa la formuló el físico ruso Viktor Veselago, quien en 1968 propuso la posibilidad de que existieran sustancias que pudieran desviar la luz en la dirección opuesta a la original. Con esto se abrieron las puertas a la investigación de los metamateriales, tanto desde la teoría como desde la experimentación, debido a que la refracción negativa conduce a otros múltiples fenómenos ópticos interesantes y se puede emplear para diseñar dispositivos como antenas y lentes.

En los años noventa, el físico estadounidense John Pendry propuso la construcción del primer metamaterial, que constaba de una estructura formada por anillos metálicos que, sometida a ciertas condiciones, permitía recrear el fenómeno de refracción negativa. En los años posteriores se han realizado múltiples modificaciones al modelo de Pendry para desarrollar antenas con mejor calidad de recepción y transmisión de señales como radio o luz visible. Además, se ha investigado la posibilidad de implementar paneles con metamateriales para aumentar, por ejemplo, la capacidad de procesamiento de dispositivos tecnológicos como los procesadores de los computadores, o aplicaciones en la industria militar para mejorar técnicas de camuflaje.

Sin embargo, a pesar de que se han logrado diseñar metamateriales artificiales, hasta el momento no se conoce de alguno cuyo origen sea natural. Por esta razón, desde el Grupo Teórico de Ciencias de los Materiales de la Universidad de Antioquia, estudiamos si en un gas de electrones —denominado gas de Fermi relativista— la luz pudiera manifestar refracción negativa, considerando que en los últimos años se ha postulado que este puede ser un buen candidato.

Un gas de Fermi relativista está compuesto por electrones, los cuales se consideran que no interactúan entre sí, que se encuentra en altas densidades y temperaturas, y está presente, por ejemplo, en el plasma que se encuentra en las estrellas. Cuando este gas interactúa con la luz los electrones comienzan a vibrar y a dispersar la luz en diferentes direc-



En la izquierda vemos un ejemplo de refracción positiva; en la derecha vemos una representación de cómo se vería la refracción de la luz si el agua fuese un metamaterial, es decir, un ejemplo de refracción negativa. Imagen: Phys.org.



ciones y, bajo ciertas condiciones, podría manifestar refracción negativa.

Para entender cómo la luz es dispersada por la presencia del gas se recurren a las ecuaciones que gobiernan los campos electromagnéticos y la relatividad especial. Además, se estudia el comportamiento del índice de refracción, el cual es una cantidad que determina cómo es la propagación de la luz dentro del medio dependiendo de varios factores, como la temperatura, la densidad de partículas y la frecuencia de la radiación que incide. En el caso de los materiales que conocemos cotidianamente se encuentra que el índice de refracción es un número positivo, pero para el caso de los metamateriales es de esperarse que sea negativo para que pueda ocurrir la refracción negativa.

En el caso del gas de electrones encontramos que el índice de refracción es un número complejo, es decir, no es un número positivo ni negativo, y por tanto no se puede concluir que ocurra refracción negativa. Pese a lo anterior, el hecho de que sea un número complejo da cuenta de la cantidad de energía que la luz le entrega a las partículas y que, junto con la energía que estas adquieren por la temperatura, se emplea en la creación de antipartículas en el gas.

Por otro lado, uno de los resultados más importantes de la investigación del grupo es que cierta porción de la luz que interactúa con el gas de electrones no se desvía de su dirección original, es decir, que se propaga como si no hubiera partículas presentes.

Además de esto se encontró que, si el gas está bajo ciertas condiciones de temperatura y la luz que incide sobre este tiene determinadas frecuencias, es posible que la onda de luz se propague en la dirección contraria a la que se propaga la energía de dicha onda, lo cual es una de las implicaciones de las ideas de Veselago. Sin embargo, para tener conclusiones más precisas es necesario realizar investigaciones experimentales para verificar los resultados teóricos que obtuvimos.

Los resultados, aunque son preliminares por la falta de corroboración experimental, también nos pueden dar ideas sobre qué ocurre en el medio interestelar y en las estrellas. Además, siendo un modelo relativamente sencillo y con varias consideraciones, se encuentra que la física que subyace es valiosa para el entendimiento de muchos fenómenos y podría ser útil para el desarrollo industrial. ✕

Glosario

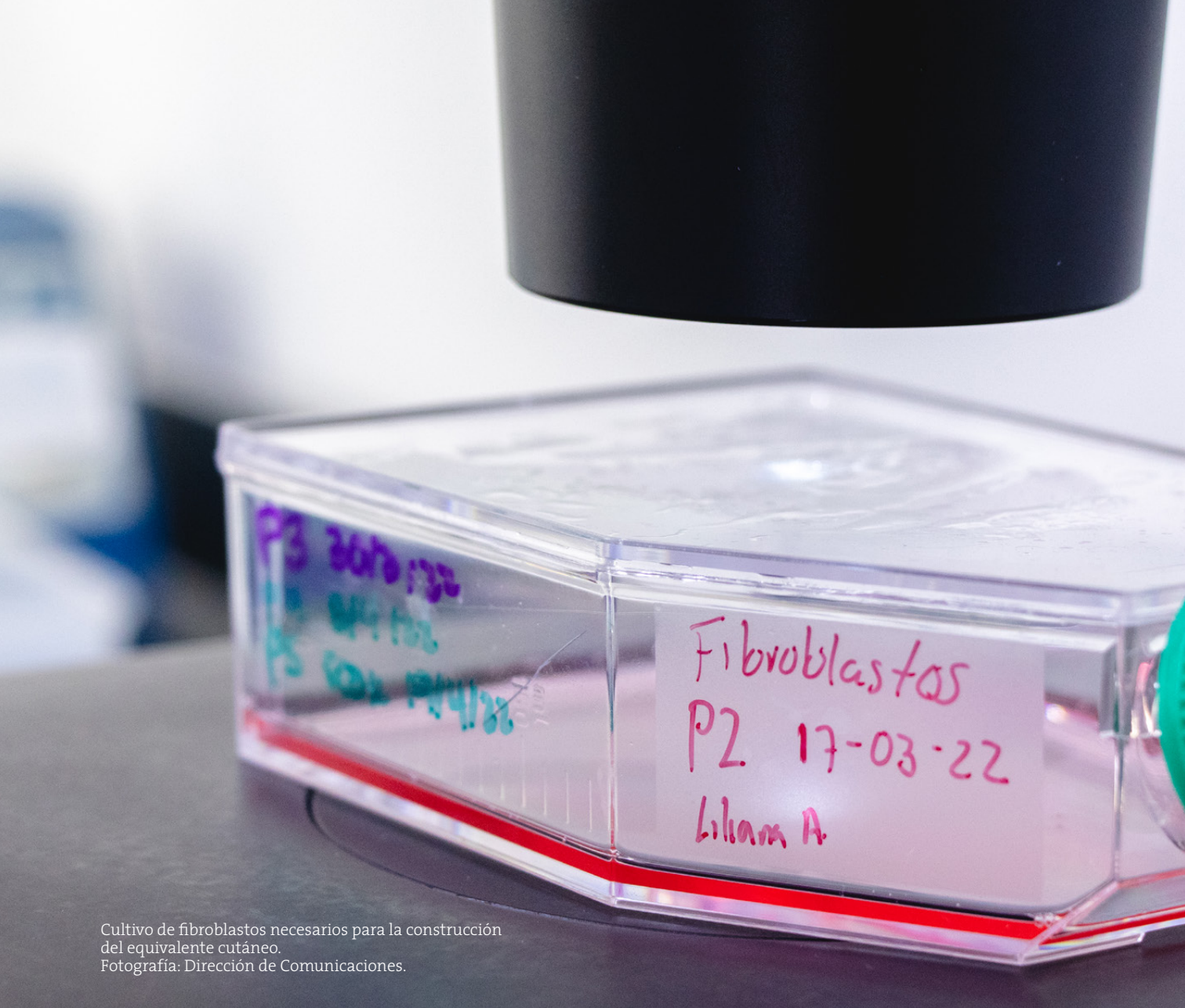
Antena: parte de un radio o un televisor desde el cual se transmiten ondas a la atmósfera o al espacio.

Metamaterial: tipo de material que posee propiedades que usualmente no ocurren naturalmente, como el índice de refracción negativo.

Número complejo: número que tiene parte real y parte imaginaria.

Refracción: cambio de la dirección sufrida por una onda cuando pasa de un medio a otro.

Verificar experimentalmente estos resultados es muy difícil, porque requeriría recrear un sistema que esté bajo las mismas condiciones que el material de las estrellas y tener la capacidad de medir cómo se comporta la luz con la presencia del gas en condiciones muy específicas.



Cultivo de fibroblastos necesarios para la construcción del equivalente cutáneo.
Fotografía: Dirección de Comunicaciones.

Creando en un lab



Catalina Gaviria Agudelo

Bioingeniera, magíster en Ingeniería Biomédica, candidata a doctora en Ciencias Básicas Biomédicas.

Integrante del Grupo Ingeniería de Tejidos y Terapias Celulares —GITTC— de la Universidad de Antioquia y del grupo Laboratory of Genomic Instability in Development and Disease de la Universidad de Groningen.

Floris Fojjer

Biotecnólogo, doctor en Biología Molecular. Coordinador del grupo Laboratory of Genomic Instability in Development and Disease.

Luz Marina Restrepo Múnera

Bióloga, doctora en Ciencias. Profesora de la Facultad de Medicina y coordinadora del Grupo Ingeniería de Tejidos y Terapias Celulares —GITTC— de la Universidad de Antioquia.

Los sustitutos de piel son constructos hechos a partir de células humanas y pueden ayudar a estudiar la piel de las personas y a probar sustancias potencialmente dañinas, lo que hace que sean una poderosa alternativa al uso de animales de laboratorio.

do piel poratorio

Aunque parezca increíble, cada hora perdemos más de 1 millón de células muertas de la superficie de nuestra piel. Por eso, es necesario que constantemente nazcan nuevas células para reemplazar a aquellas perdidas y formar la capa más externa de la piel: la epidermis. Esta es la parte de la piel que se puede ver y está compuesta en su mayoría por células llamadas queratinocitos, que se dividen constantemente y cambian de función y forma mientras se dirigen a la superficie de la piel. Allí se quedan brevemente y luego comienzan a morir y a desprenderse, haciendo que todo el ciclo se repita.

Bajo la epidermis encontramos la capa de la piel más interna conocida como dermis. Se compone principalmente de células llamadas fibroblastos, los cuales se encargan de producir proteínas y otros componentes que forman la red donde residen las células, es decir, la matriz extracelular —MEC—.

Estas dos capas trabajan juntas para cubrir todo el cuerpo y protegernos contra agentes externos nocivos. Curiosamente, hasta hace poco se pensaba que la piel no tenía papel inmune y que era solo una envoltura que protegía los órganos del cuerpo. Sin embargo, ahora se sabe que participa activamente en el sistema inmune gracias a la presencia de las llamadas células dendríticas. Estas interactúan con agentes externos y pueden poner en marcha una respuesta inmune.

Productos de uso diario, como cremas, jabones o tratamientos para el cabello, pueden afectar la piel y producir sensibilización, es decir, una reacción de las células dendríticas en la piel que da lugar a una respuesta alérgica como resultado de exposiciones posteriores. Por tal motivo, es muy importante determinar el potencial de sensibilización de cualquier producto antes de que pueda ser comercializado.

Actualmente, la mayoría de las investigaciones para evaluar el riesgo de una sustancia se llevan a cabo en animales. Sin embargo, dados los cuestionamientos éticos que suscita el uso de los animales de experimentación y el hecho de que la piel animal no es una fiel representación de la piel humana, en los últimos años se han venido desarrollando métodos alternativos para estudiar la respuesta de la piel a estas sustancias potencialmente dañinas. Por esto, en el Grupo de Investigación Ingeniería de Tejidos y Terapias Celulares —GITTC— de la Universidad de Antioquia se ha venido trabajando en la generación de sustitutos de piel, que se componen de células cultivadas en el laboratorio y organizadas de tal forma que imitan la estructura y función de este órgano.

Elaboración de sustitutos cutáneos

En el GITTC realizamos un estudio en el que buscamos crear sustitutos de piel con un componente inmune para evaluar el potencial sensibilizante de sustancias químicas. El primer paso fue obtener las células. Para esto, partimos de sangre y de fragmentos de piel obtenidos de biopsias o cirugías reductoras. Gracias a tratamientos con enzimas, encargadas de romper las uniones entre célula y célula y entre las células y la MEC, pudimos obtener queratinocitos y fibroblastos de las biopsias. Por otro lado, dado que la sangre contiene muchos tipos distintos de células, utilizamos el método de gradiente de densidad para separar las diferentes



Proceso de construcción del equivalente cutáneo.
Fotografía: Dirección de Comunicaciones.

poblaciones celulares con base en su densidad. Así, en primer lugar, obtuvimos una mezcla de linfocitos y monocitos, que son células especiales del sistema inmune. Luego, aislamos los monocitos por medio de la separación magnética. En este caso, se utilizan esferas magnéticas que se adhieren específicamente a los monocitos que luego son aislados gracias a un imán.

Entonces procedimos con la construcción del sustituto de piel. Para esto, debíamos recrear tanto la dermis como la epidermis. Para la dermis elaboramos un gel de fibrina, donde incorporamos los fibroblastos. La fibrina es una proteína del plasma sanguíneo y participa en la formación de coágulos de sangre. En nuestro estudio tomamos plasma sanguíneo, incorporamos los fibroblastos e imitamos el proceso de coagulación gracias a la adición de calcio, obteniendo así un gel con fibroblastos embebidos y con características similares a las de los coágulos. Este se convirtió en nuestro sustituto dérmico.

Para la creación de la epidermis, utilizamos el gel de fibrina como soporte para sembrar en unos casos queratinocitos y en otros queratinocitos y monocitos. Estos cultivos fueron alimentados por 21 días, pues este es el tiempo en el cual los queratinocitos crecen y cambian de función, formando la epidermis.

El potencial de los monocitos en los sustitutos de piel

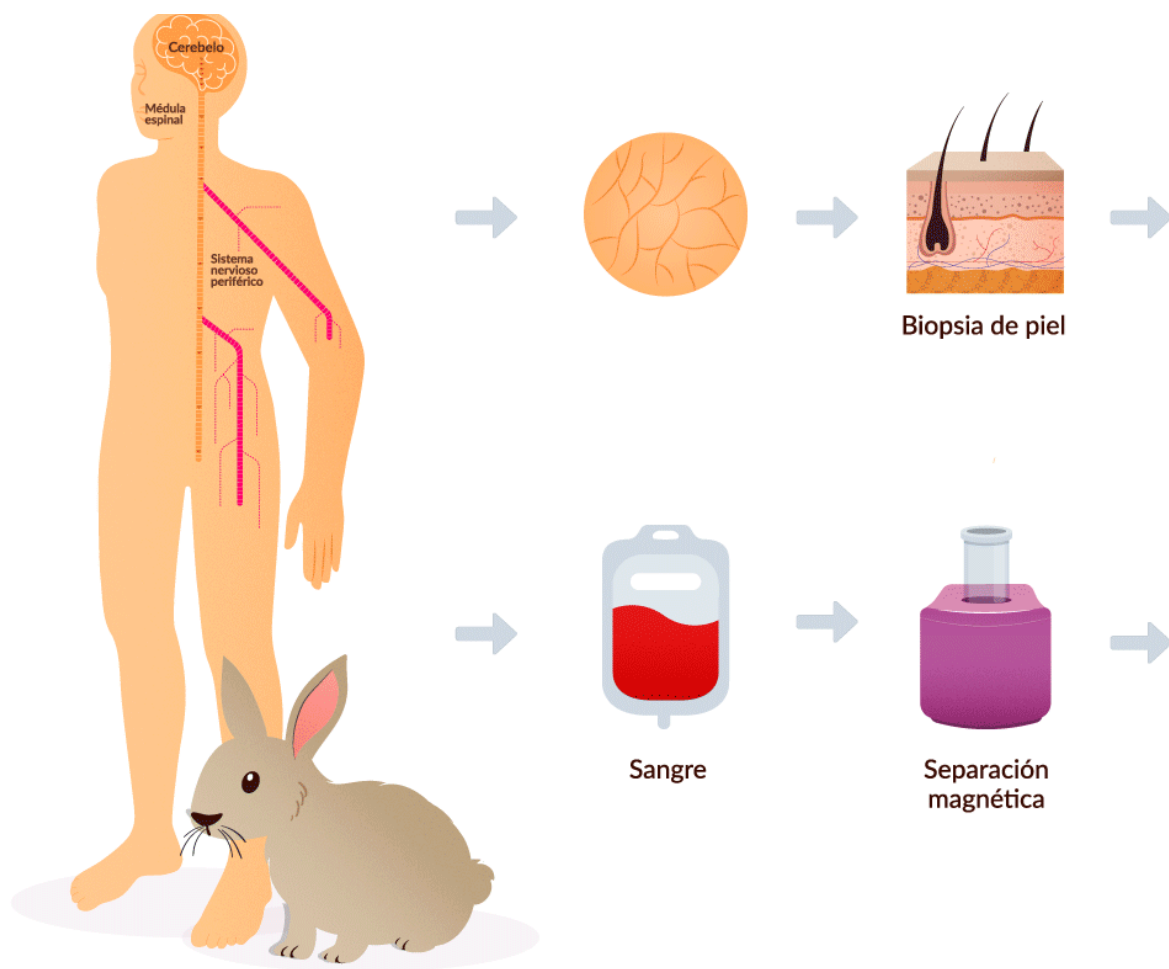
Luego de analizar los sustitutos de piel, comprobamos que el sustituto presentaba características físicas similares a las de la piel humana y que la presencia de queratinocitos y fibroblastos llevó a los monocitos a convertirse en células dendríticas, es

decir, células del sistema inmune encargadas de iniciar la respuesta de sensibilización. Como era de esperarse, estas no se encontraron en los cultivos generados solo con queratinocitos. Este resultado indicó que es posible utilizar monocitos para obtener sustitutos cutáneos para estudiar la inmunología de la piel.

Entonces evaluamos la capacidad de los sustitutos de piel para responder a sustancias sensibilizantes. Para esto aplicamos formaldehído y cloruro de manganeso, dos conocidos sensibilizantes. A la vez aplicamos solución salina como sustancia control, lo que nos permitió controlar que los efectos detectados no fueran resultado de otras condiciones de cultivo.

Cuando un sensibilizante entra en contacto con la piel, las células dendríticas se activan y migran hacia los nódulos linfáticos, pasando por la dermis. Por este motivo, decidimos analizar la localización de dichas células en nuestros sustitutos luego de la exposición a las sustancias de prueba. Observamos que para los sensibilizantes hubo una migración de células dendríticas, exhibiendo una localización diferente a la del control.



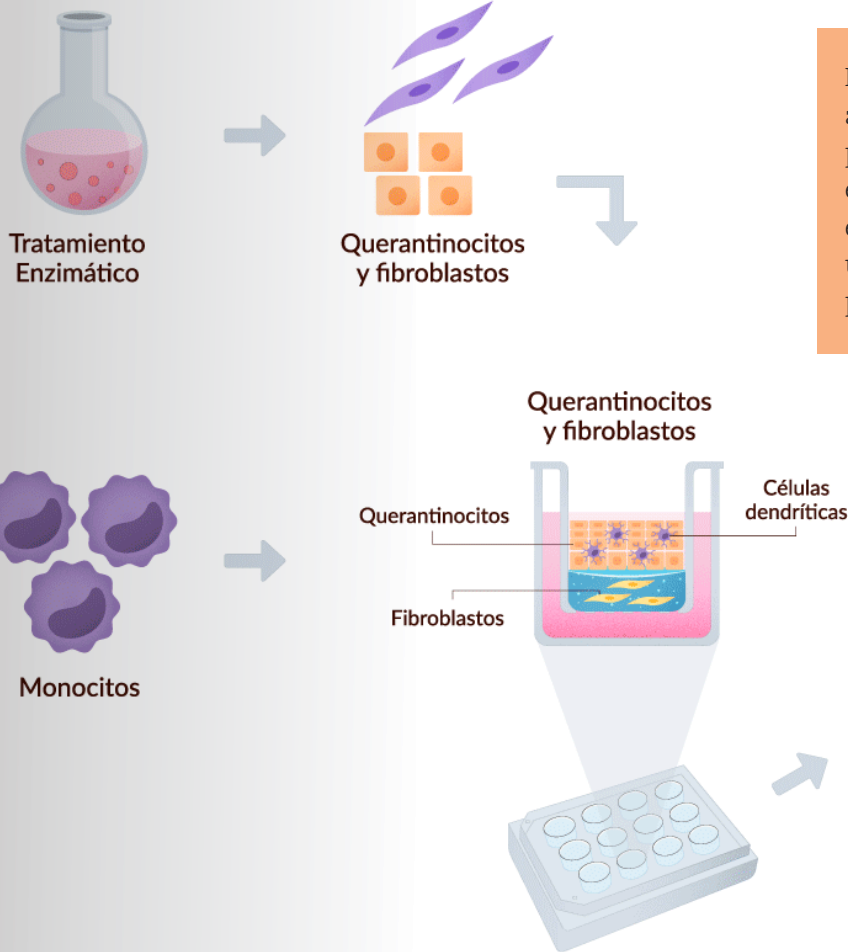


La promesa de los sustitutos de piel con células del sistema inmune

Los resultados de nuestro estudio indicaron que sustitutos de piel compuestos de queratinocitos y fibroblastos pueden promover la diferenciación de monocitos en células inmunes de la piel. Esto se debe probablemente a las moléculas y factores liberados por queratinocitos y fibroblastos que «ordenan» a los monocitos convertirse en células dendríticas, seguramente de diferentes tipos. Adicionalmente, estas células pudieron migrar a través del gel de fibrina como respuesta a la sensibilización, de manera similar a lo que sucede en la piel humana.

Hasta donde sabemos, esta metodología no había sido utilizada antes y representa un método más simple para obtener células dendríticas en sustitutos o equivalentes de piel. Adicionalmente, se destaca la posibilidad de obtener distintos tipos de células inmunes en un sustituto y a partir de un solo precursor como los monocitos, mejorando así los modelos de piel actuales.

Además del sistema inmune, los sustitutos de piel cuentan con numerosas aplicaciones en diferentes campos. Por ejemplo, además de sensibilizantes, se pueden utilizar también para evaluar sustancias irritantes o corrosivas, para modelar enfermedades como cáncer o psoriasis (y así desarrollar posibles tratamientos), para estudiar la pigmentación



Los sustitutos de piel son una innovadora alternativa para estudiar cómo reaccionaría la piel ante medicamentos o tratamientos. Con esto se podría reemplazar la experimentación en animales como conejos, ratones o cerdos, usados tradicionalmente en las etapas previas a la experimentación en humanos.

de la piel (adicionando otro tipo de células llamadas melanocitos) e incluso como injertos de piel para las personas que han sufrido quemaduras.

En la actualidad, los modelos de piel humana disponibles comercialmente tienen altos costos e involucran largos trámites de importación y legalización para poder ser utilizados en Colombia, y su transporte puede dar lugar a una posible pérdida de la calidad del producto. Adicionalmente, la mayoría se componen solo de queratinocitos, lo que excluye su uso en el campo de la inmunología. Es así como, con este proyecto, buscamos obtener un modelo local que permita el desarrollo y comercialización de productos en Colombia.

Glosario

Células dendríticas: tipo especial de célula inmunitaria que procesa antígenos (molécula que induce una respuesta inmunitaria) y los presenta a otras células del sistema inmune.

Enzima: proteína que acelera la velocidad de las reacciones químicas en los seres vivos.

Gradiente de densidad: fluido cuya densidad cambia y que se utiliza en la separación de diferentes tipos de células por centrifugación.

Plasma sanguíneo: porción líquida de la sangre.

Nódulos linfáticos: estructuras que filtran las sustancias conteniendo células del sistema inmune. X

Saccharomyces cerevisiae, del vino a los sensores electroquímicos

Isabel Acevedo Restrepo

Química, doctora en Ciencias Farmacéuticas y Alimentarias.

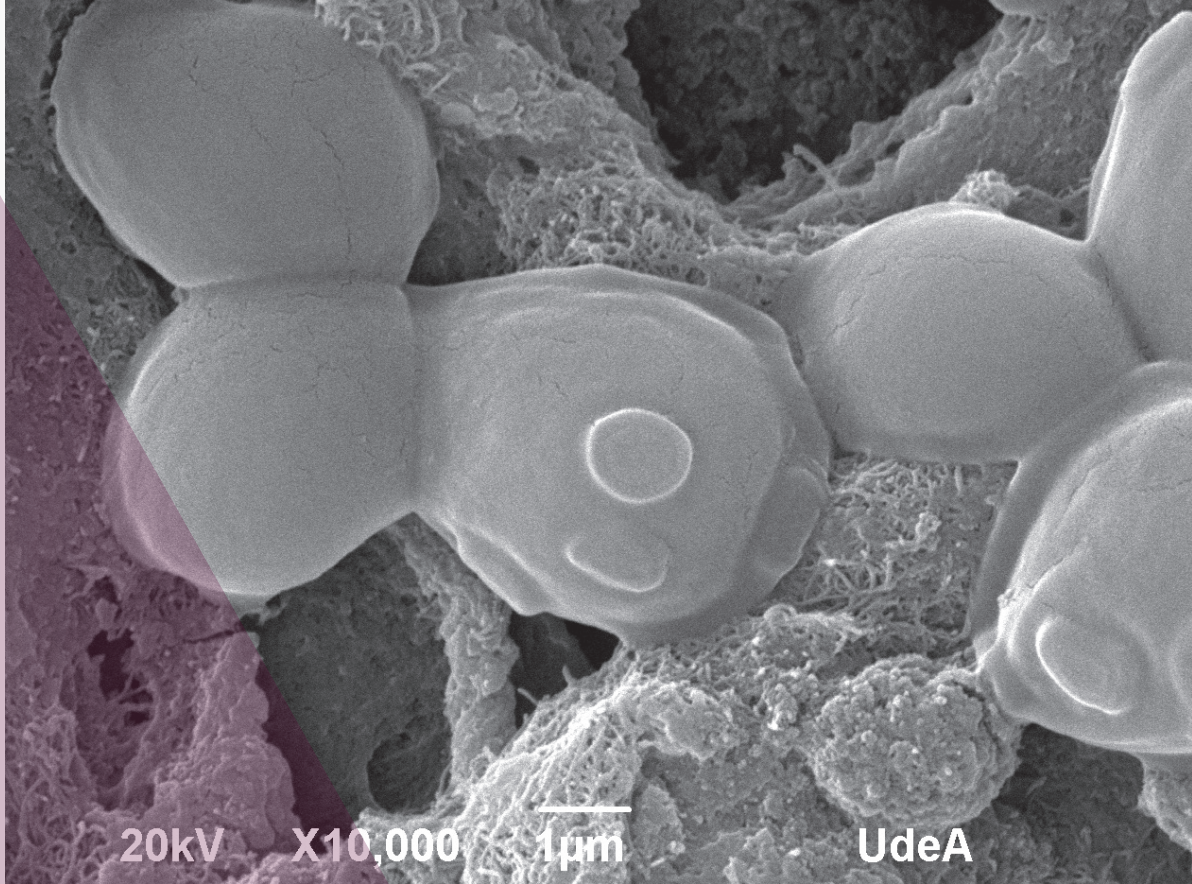
Lucas Blandón Naranjo

Químico, doctor en Ciencias Químicas.

Integrantes de la Línea Electroquímica del Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares –GIEM–, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia

El GIEM ha diseñado un sensor electroquímico que permite medir la levadura que nos ha dado el vino, la cerveza y el pan, pero que además nos ha ayudado en el diseño de medicamentos y otras aplicaciones. Aunque parezca simple, el sensor es un desarrollo tecnológico que abre puertas para el estudio del comportamiento de *Saccharomyces cerevisiae* empleando nuevas metodologías.

res



Células de levadura dispuestas sobre nanotubos de carbono de pared múltiple oxidados después de modificar el electrodo de carbono impreso.
Foto cortesía del proyecto.

E

n días difíciles cuando una diminuta criatura, imperceptible a simple vista, ha sembrado el terror y el caos en todo el planeta y nos ha obligado a replantear nuestra cotidianidad, vale la pena resaltar la labor de aquellos microorganismos que, por el contrario, nos han facilitado la existencia.

Dentro de ese universo microscópico sobresale una levadura: *Saccharomyces cerevisiae*. Ella podría ser considerada la reina entre las más de 1500 especies de levadura (de las cuales aproximadamente un 80 % poseen aplicaciones biotecnológicas), pues es conocida precisamente por su amplio uso en diferentes bioprocesos y por su estrecha relación con los humanos. Desde épocas remotas hemos estado utilizando este microorganismo ovalado en la preparación de deliciosos elixires como el vino y la cerveza, exquisitos alimentos como el pan, o en aplicaciones más complejas y sofisticadas como en la producción de proteínas y precursores para la elaboración de medicamentos.

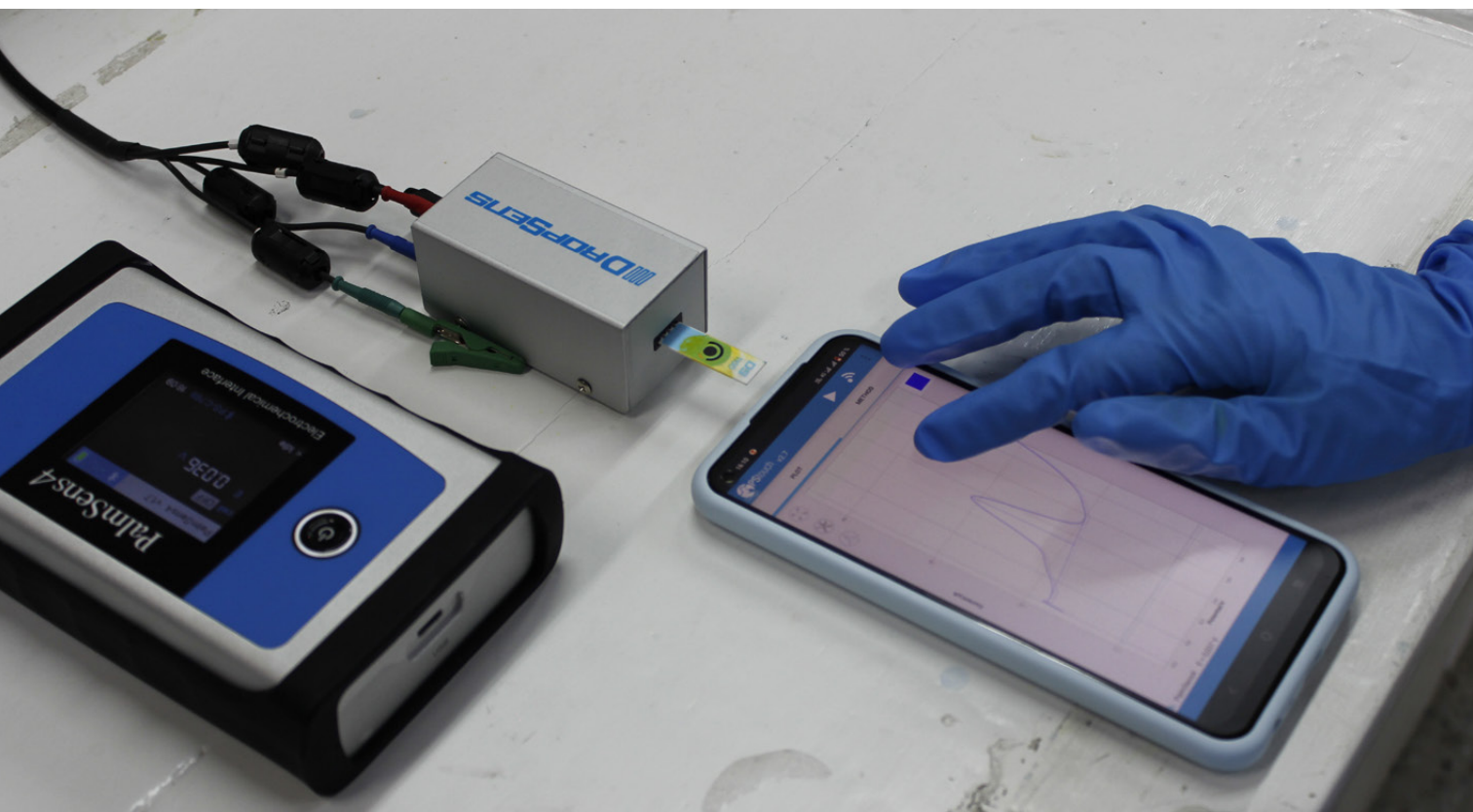


Foto: cortesía del proyecto.

Tal ha sido la importancia de *Saccharomyces cerevisiae* que incluso algunos antropólogos han llegado a considerar la producción de bebidas alcohólicas como la causa por la cual el hombre primitivo decidió establecerse y convertirse en agricultor cuando, hace aproximadamente unos 6000 años a. e. c. unos recolectores curiosos probaron el contenido de recipientes de cosecha en los que las uvas se fermentaron espontáneamente, y desde entonces prefirieron continuar consumiendo las uvas transformadas en aquel delicioso elixir y disfrutar de sus agradables efectos, por lo que la fermentación prevaleció y se desarrolló a través de diferentes generaciones y en distintas culturas. Durante el periodo 4000 - 2000 a. e. c. los egipcios descubrieron cómo hacer pan con levadura; si bien para la época no se tenía claro cómo se llevaban a cabo las fermentaciones, ahora se sabe que es *Saccharomyces cerevisiae* la responsable de estos procesos bioquímicos.

Este microorganismo benéfico perteneciente al reino *Fungi* y a la familia de los ascomicetos, con forma elipsoide y cuyo tamaño oscila entre los 5 - 10 milímetros, está en constante interacción con nosotros y lo podemos encontrar en diferentes ambientes (en el suelo, en los árboles, en las plantas, en las frutas); también ha sido, de lejos, la eucariota

más estudiada, por lo que ha servido para comprender la biología de este tipo de células.

Saccharomyces cerevisiae es de gran interés biotecnológico ya que no solo facilita la fermentación para la preservación de alimentos, sino que también es clave para el desarrollo de diferentes bioprocesos, facilitando la obtención de productos de alto valor agregado como proteínas, aminoácidos, antibióticos, vacunas, células, aditivos para alimentos, biopesticidas, o biocombustibles; es de gran utilidad para reconocer los mecanismos de ciertas enfermedades, formulaciones fitosanitarias, biorremediación, bio-

control, así como en la producción de enzimas y diferentes sustancias químicas. Además, ha favorecido avances importantes en diferentes campos como la biología celular, la ingeniería genética y la bioquímica.

Dada la cantidad de aplicaciones que posee esta levadura, es importante saber aspectos sobre su comportamiento durante los bioprocesos, con el fin de garantizar el buen desarrollo y desempeño de estos, lo que implica diseñar técnicas que permitan su control y monitoreo. Y si bien existen muchas metodologías para estos fines, es precisamente allí cuando *Saccharomyces cerevisiae* pasa de los toneles a los sensores electroquímicos.

El reto de medir un ser vivo minúsculo

Un sensor electroquímico es un dispositivo que permite relacionar la presencia de una sustancia con una variable que puede ser de corriente eléctrica, voltaje o conductividad. Los sensores electroquímicos son herramientas analíticas conformadas por un electrodo de trabajo como elemento de transducción (el proceso de cambiar una señal de respuesta por un valor interpretable por una persona, como un termómetro digital que recibe una señal térmica y la transforma en un impulso eléctrico que se «traduce» en un número en grados Celsius), y un elemento de reconocimiento químico o biológico. La interacción entre el elemento de reconocimiento y el analito de interés, da lugar a un cambio químico que es traducido por el elemento de transducción en una señal eléctrica, que puede ser monitoreada a través de diferentes técnicas electroanalíticas. Un ejemplo de este tipo de dispositivos es el medidor de glucosa en sangre, que correlaciona el contenido de esta molécula con la corriente generada por su reacción sobre el sensor. Esta corriente se traduce en un valor numérico que nos permite conocer si los niveles de glucosa son adecuados o si, por el contrario, debemos tomar medidas especiales para controlarlos.

La versatilidad de los sensores electroquímicos los hace muy ventajosos puesto que ofrecen muchas opciones: posibilitan realizar mediciones descentralizadas, sensibles, selectivas, rápidas, a bajo costo, sin necesidad de hacer complicados pretratamientos de muestra; y el tamaño de la muestra es pequeño, incluso del orden de microlitros (μL), lo que minimiza costos, además del uso de reactivos y materiales contaminantes.

Ahora bien, los sensores electroquímicos usualmente se diseñan para la medición de sustancias químicas (glucosa, oxígeno, dopamina, etc.), pero la medición de microorganismos es otra cosa ¡porque son seres vivos! El reto entonces es imaginarse cómo puede un microorganismo ser el causante de una reacción química que dé como resultado una respuesta eléctrica que pueda ser medida y correlacionada con la presencia de este. Esto parece complicado, pero si tenemos en cuenta que todos los seres vivos somos un reactor que produce miles de millones de reacciones químicas por minuto, tiene sentido que algunas de estas sustancias químicas puedan ser medidas por el sensor y a su vez, ser correlacionadas con la cantidad de microorganismos presentes en un medio.

Un sensor a la medida de una levadura

La idea de estudiar un microorganismo desde el punto de vista electroquímico, surgió gracias a experiencias de trabajos realizados en la línea de Electroquímica del Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares —GIEM—, en los cuales fue posible determinar, mediante el diseño de sensores electroquímicos, moléculas biológicas como el NADH, una biomolécula presente en unos 300 procesos metabólicos entre los que se encuentran las fermentaciones etanólicas y la respiración; y la manguiferina, uno de los principales metabolitos que se encuentran en el mango y que tiene propiedades antioxidantes.

El electrodo de trabajo puede ser de diferentes materiales, configuraciones y tamaños. Actualmente se destacan los electrodos impresos (SPE), los cuales son desarrollados a partir de la impresión de diferentes materiales, como por ejemplo grafito, sobre un sustrato que generalmente es plástico o cerámico; el electrodo resultante integra los elementos

necesarios para llevar a cabo las determinaciones electroquímicas sobre una misma plataforma. Los SPE se han convertido en una alternativa electroquímica llamativa por su versatilidad y múltiples ventajas como la facilidad de disposición, simplicidad, respuesta rápida, portabilidad, alta sensibilidad, capacidad para operar a temperatura ambiente, no requieren pulidos previos, son desechables, por mencionar solo algunas ventajas. En general, el éxito de los SPE reside en la posibilidad de combinar su facilidad de modificación, operación y portabilidad, con metodologías electroquímicas económicas y sencillas.

Para modificar los electrodos, existen distintos elementos de reconocimiento, entre los que se destacan los nanotubos de carbono de pared múltiple oxidados, ya que por sus características fisicoquímicas mejoran la inmovilización y la reactividad química de biomoléculas, además de incrementar la sensibilidad y promover la transferencia de electrones. La modificación de los electrodos de trabajo se realiza con el fin de conferir selectividad, sensibilidad, mejorar los límites de detección y cuantificación, e incluso obtener señales de especies que en principio no son electroactivas.

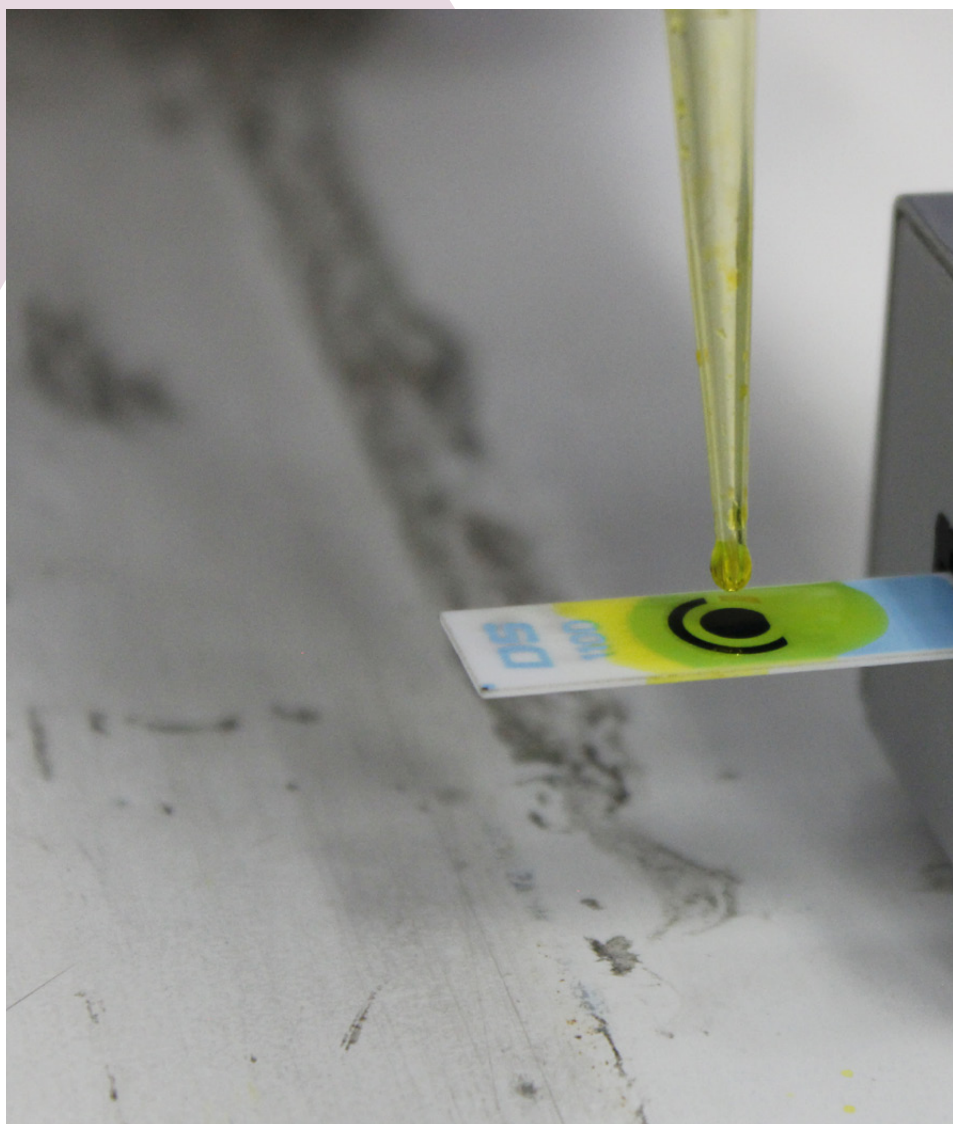


Foto: cortesía del proyecto.



Dentro del proyecto «Estudio Electroquímico de Fermentaciones de Interés Industrial», llevado a cabo en el grupo GIEM, se utilizó un electrodo de carbono impreso, cuya superficie fue modificada mediante la adición de nanomateriales carbonáceos y Nafion® (un polímero sintético con propiedades iónicas), lo cual permitió obtener una señal eléctrica indicadora de la presencia de la levadura, mostrando que el método electroquímico puede ser una alternativa válida, especialmente si se tiene en cuenta la sencillez y rapidez del método, frente a otras metodologías habitualmente empleadas para cuantificar levadura.

Estos resultados, además de ser útiles desde el punto de vista del control y monitoreo de bioprocesos, son muy interesantes si tenemos en cuenta que las determinaciones electroquímicas usualmente se realizan a moléculas orgánicas o inorgánicas, pero este resultado da cuenta de que también es posible estudiar el comportamiento de entidades vivas como es el caso

de *S. cerevisiae*, lo cual es muy prometedor para esa gran cantidad de procesos en los que el trabajo con microorganismos, específicamente con *S. cerevisiae*, es de interés.

Entretanto, mientras que vamos estudiando el comportamiento de *Saccharomyces cerevisiae* de forma aislada y durante bioprocesos, como por ejemplo las fermentaciones etanólicas, haciendo uso del sensor electroquímico diseñado y de técnicas electroanalíticas, disfrutemos de un buen libro y una deliciosa copa de vino. ✕

Glosario:

Bioproceso: proceso en el que intervienen microorganismos vivos para que se den cambios físicos o químicos.

Analito: sustancia química que puede detectarse, identificarse o cuantificarse cuando se realiza el análisis químico de una muestra específica.

Electrodo de trabajo: lugar donde ocurre la transferencia de electrones en una reacción electroquímica.

María Teresa Rugeles López

Transitando por caminos paralelos

Carmenza Uribe Bedoya

Química. Directora de la revista *Experimenta*. Profesora jubilada de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia.



Fotografías: Dirección de Comunicaciones.

«D

aniela me cambió la vida. El proyecto más hermoso que he hecho se llama UIncluye, una oportunidad de mejorar la calidad de vida de jóvenes con discapacidad intelectual». Sorprende este testimonio de María Teresa Rugeles, una mujer que lleva más de tres décadas dedicada a la investigación en un área particularmente compleja, la inmunovirología, en la cual es referente nacional e internacional de los estudios de los mecanismos inmunológicos relacionados con el VIH-SIDA, y que recientemente ha tenido gran visibilidad debido a que en su grupo de investigación se aisló y se caracterizó, por primera vez en Colombia, una cepa temprana de SARS-CoV-2 durante la pandemia de 2020.

Y es que la vida de María Teresa ha transitado por numerosos caminos paralelos; en todos ella ha sabido sortear dificultades y exhibir esa gran capacidad que tienen algunos seres humanos: estar presente para los demás. Es por eso por lo que, al conversar con María Teresa durante casi tres horas, me queda claro que detrás de la brillante investigadora hay una mujer sensible y con una gran capacidad para el afecto.

A María Teresa la conocí cuando ella desarrollaba su programa de doctorado en Ciencias Básicas Biomédicas y fui su profesora del curso Físicoquímica de Macromoléculas. Era una joven sencilla, callada, muy atenta y con una disciplina férrea, la que le permitía asumir con altura las complejas tareas del curso. Nunca supe que no era nacida en Medellín, ni tampoco que ya tenía experiencia laboral en la Universidad del Valle, porque no lo mencionó. Lo que hablaba por ella era la dedicación juiciosa al curso, característica que aún la define, ya que es la disciplina la que le ha permitido desarrollar una admirable carrera científica en una universidad como la de Antioquia, en la que la investigación es el centro del quehacer institucional. Esta es la historia de María Teresa Rugeles López, la investigadora notable, la mujer honesta, la mamá valiente.

María Teresa nació en Bucaramanga y creció entre Bucaramanga y Medellín. Es la menor de los nueve hijos de Joselin Rugeles, médico de la Universidad de Antioquia, y Sofía López, quien trabajaba en una fábrica de textiles propiedad de la familia. Ser la menor le significó haber sido



protegida y apoyada en sus proyectos de vida, no solo por sus padres sino por sus hermanos mayores. Acepta que de niña no tuvo la idea de ser científica, pero lo que sí desarrolló fue su espíritu de servicio, puesto que le llamaba la atención todo lo biomédico, los primeros auxilios, fue *scout* e hizo parte de la Cruz Roja Juvenil. Como hija de médico, tuvo la idea de estudiar medicina; sin embargo, las cosas no se dieron y por ello se matriculó en el Colegio Mayor de Antioquia en la carrera de Bacteriología y Laboratorio Clínico. Reconoce el gran apoyo de su familia, especialmente de su mamá, para quien el estudio de sus hijos siempre fue prioridad.

María Teresa, la estudiante

La práctica de la carrera de Bacteriología la desarrolló como practicante de bromatología en la Facultad de Salud Pública de la Universidad de Antioquia, y en el hospital de Caldas, donde realizó su práctica clínica. «Lo que me gustó desde el pregrado fue la inmunología y la hematología; quería hacer una maestría en uno de esos temas. Pero me di cuenta de que yo no servía para la bacteriología clínica porque no fui capaz siquiera de aprender a sangrar los pacientes, me daba pesar...». Al graduarse como bacterióloga, el camino que emprendió fue el que finalmente le significó formarse como investigadora. Se casó y en 1985 inició su maestría en Inmunología en la Medical University of South Carolina. De allí destaca el trabajo con el doctor Gabriel Virella y sus primeros cursos sobre método científico.

Regresó a Colombia a trabajar como asistente de investigación en el laboratorio de virología de la Facultad de Medicina de la Universidad del Valle con el doctor César Arango, infectólogo, en un proyecto sobre HTLV-1. Estuvo allí desde 1987 hasta 1993, tiempo en el que adquirió importante experiencia en el estudio de la respuesta inmune a los virus. En 1993 un giro se presentó en su vida, puesto que se presentó la oportunidad de trabajar en el laboratorio de virología del Departamento de Microbiología y Parasitología de la Universidad de Antioquia, gracias a su experiencia con líneas celulares

y cultivo de virus. Pronto se matriculó como estudiante de doctorado en el programa de Ciencias Básicas Biomédicas. Tomó los cursos del doctorado y realizó una pasantía de seis meses en el Thomas E. Starzl Transplantation Institute de la Universidad de Pittsburgh, durante la cual publicó seis artículos. Su formación doctoral la realizó bajo la tutoría del doctor Jorge Ossa Londoño y su tesis de doctorado, *Mecanismos de tolerancia y quimerismo en pacientes trasplantados*, recibió la distinción *cum laude*. El 21 de noviembre de 1997 se graduó como doctora en Ciencias Básicas Biomédicas.



María Teresa Rugeles, la investigadora

En febrero de 1998 María Teresa se vinculó a la Universidad de Antioquia como docente ocasional y posteriormente como profesora de tiempo completo a través de su participación en una convocatoria en virología. Desde entonces se ha desempeñado como docente de pregrado y posgrado dictando clases, inicialmente en los programas de Biología y Medicina Veterinaria y posteriormente en el programa de Medicina. *«La docencia de pregrado ha significado tener los mejores estudiantes conmigo. He formado más de 30 estudiantes entre maestría y doctorado y puedo decir que casi todos ellos me han superado. Son muchachos con los que trabajé a partir de su segundo semestre de pregrado y que logré entusiasmar presentándoles la investigación como una opción de vida. Disfruto mucho la docencia del pregrado en Medicina, porque es la oportunidad de mostrar a los estudiantes que la básica importa mucho, y si algunos no se dedicaron a la investigación, puedo decir que los que pasaron por mi laboratorio tienen una mejor perspectiva para el manejo de los pacientes».*

Su formación como investigadora se complementó en los años 2001 y 2002 al realizar una pasantía posdoctoral en el Instituto Nacional del Cáncer de los NIH de los Estados Unidos en Bethesda, bajo la dirección del doctor Gene Shearer, con quien trabajó en la inmunología del virus de la inmunodeficiencia humana.

Desde 1998 es la líder del Grupo de Inmunovirología, actualmente el de mayor desarrollo en Colombia en investigación sobre el virus de la inmunodeficiencia humana. El VIH es uno de los temas de investigación que la han marcado. «Al VIH llegué por el profesor Francisco Javier Díaz, a quien conocía de la Universidad del Valle. Él me sugirió la temática, presentamos un proyecto a una convocatoria de menor cuantía de la Universidad de Antioquia, el cual fue aprobado, y como yo traía la experiencia de haber trabajado con HTLV-1 en la Universidad del Valle, no fue difícil hacer el cambio».

Varios profesionales de la salud, entre ellos María Teresa, establecieron en el año 2002 la Fundación SíFuturo, motivados por la amenaza a la continuidad de los programas de salud orientados a los niños que viven con VIH/SIDA y las dificultades que surgieron con la implementación de la Ley 100 de 1993, que recortó los fondos de salud pública. El propósito de esta Fundación es ayudar a mitigar los problemas de estos niños y de sus familias, de modo que se atiendan sus necesidades y derechos. El trabajo con VIH no ha sido solamente de orden científico, porque María Teresa se ha acercado a pacientes infectados y ha hecho parte de programas sociales para esta clase de pacientes.

Pero no solo en VIH se ha destacado el trabajo de María Teresa. Su grupo de investigación saltó a los titulares de los medios de comunicación cuando aisló e identificó una cepa temprana del virus SARS-CoV-2

Uno de los tutores de María Teresa fue Jorge Ossa Londoño, pionero de la investigación en la UdeA. Él orientó su tesis de doctorado, que recibió la distinción *cum laude* en 1997.

en medio de la pandemia que sorprendió al mundo entero en 2020. «Cuando empieza a aparecer la pandemia, Francisco Javier Díaz, una de las personas que más sabe de cultivo de virus en el país, me animó a cultivar el SARS-CoV-2. Él había realizado recientemente una pasantía de seis meses en bioseguridad y empezamos a reforzar la nuestra. Tuve la oportunidad de conseguir la muestra de un paciente infectado con covid y empezamos el proceso de aislamiento. Hicimos la inoculación un miércoles de abril de 2020 y el siguiente domingo a las 6 de la mañana ya sabíamos que teníamos el virus aislado. Este hecho nos ha originado un mundo de posibilidades, porque además tenemos la ventaja de contar con varias personas entrenadas en bioseguridad. Nos han llamado de tres iniciativas de vacunas. Ese mismo día en la tarde teníamos empresarios al teléfono solicitando evaluar desinfectantes. Hemos realizado numerosas pruebas de evaluación antivirales».

En octubre de 2021 María Teresa hizo parte de una misión Gobierno-academia-empresarios que viajó a India con el fin de conocer aspectos científicos y tecnológicos alrededor de la producción de vacunas en las empresas líderes de ese país, teniendo en cuenta que este responde por cerca del 60 % de las vacunas que se producen hoy en el mundo, incluyendo algunas de las que se usan para covid-19. De la visita se concluyó que India presenta condiciones de desarrollo científico, tecnológico y económico que pueden ser fuente para establecer con ellos desarrollos conjuntos para mutuos beneficios.

Mariaté, la mamá

«Te quiero mucho, te amo. Gracias por todas las cosas que me das en mi vida. Yo me voy a portar muy bien para que estés muy feliz», son las palabras de Daniela, la hija menor de María Teresa, expresadas en un video publicado para mostrar balances del Programa UIncluye, proyecto considerado por María Teresa como el más hermoso de su vida, y del que Daniela hace parte. Daniela nació con una discapacidad cognitiva que fue descubierta en su niñez. A pesar de que los expertos hicieron pronósticos pesimistas, ha sido la paciencia y el amor de María Teresa los que han logrado que su hija haya alcanzado un desempeño cognitivo y social sorprendente. En uno de los videos de balance del programa, Daniela cuenta lo que ha aprendido: «Sé tender la cama, cocinar hamburguesas y postres porque soy independiente. Mi papá me enseña con cariño y con amor. Soy responsable».

UIncluye es un programa para la disminución de barreras en jóvenes con discapacidad intelectual, este busca su inclusión en el contexto educativo, social y ocupacional, basado en el enfoque de las inteligencias múltiples. La iniciativa fue financiada a través de un proyecto de Colciencias en una convocatoria cuyo objeto fue «romper barreras educativas en gente con discapacidad». Entre los objetivos del proyecto

están aportar a los jóvenes elementos para desempeñarse con autonomía en aspectos como salud y bienestar, participación y ciudadanía, comunicación e integración, contexto y movilidad, gestión financiera, ocio y tiempo libre. Es un conjunto de actividades que apoya no solo a los jóvenes sino también a sus familias para el ingreso a la vida adulta, con lo cual se pretende que los jóvenes se integren de manera satisfactoria a las actividades de la vida diaria, ganando autonomía e independencia. El programa inició en 2016 a través de una prueba piloto que se desarrollaría en tres años: el primero de construcción del modelo educativo, el segundo de intervención y el tercero de análisis de los resultados.

«Esperábamos que tuvieran unas capacidades lectoescritoras y de lógica matemática mínimas e iniciamos con ellos en 2017. Ahora vamos por la segunda cohorte, y algunos de los de la primera están en práctica laboral. Lo que hicimos fue montar un programa con lo que les gusta, pero, sobre todo, darles herramientas para desempeñarse socialmente. Hemos tenido apoyo de la SIU y de las facultades de Ciencias Farmacéuticas y Alimentarias, de Educación, de Artes, de Ciencias Agrarias, y de las fincas de la Universidad», afirma María Teresa.

María Andrea, su hija mayor, había nacido antes de que María Teresa iniciara en el programa de doctorado. Durante el mismo, María Teresa tuvo otros dos embarazos —el primero de ellos fallido— en una etapa especialmente crítica de su desarrollo académico. María Andrea es abogada, directora de asuntos legales corporativos de una importante empresa antioqueña. «Mi mamá no es una mamá tradicional. A ella no le queda grande nada. He sido testigo de su capacidad para afrontar las dificultades, de su perseverancia y su disciplina en todos los proyectos que emprende, de su pasión por la investigación y la academia y de su entrega a los estudiantes y a la Universidad de

Antioquia, de su búsqueda constante por hacer felices a quienes la rodeamos. Además de ser una mamá excepcional, es una mujer completa, plena. Aunque asumió la maternidad con todo el amor posible, no permitió que fuera la única etiqueta que la definiera. Nunca se disculpó por hacer lo que le apasionaba, ni por levantarse antes que las gallinas a disfrutar de su trabajo, y esa, en mi opinión, es la mejor enseñanza que una madre le puede dejar a su hija».

María Teresa considera que su papel como mamá no fue desempeñado con todo el tiempo



que hubiera querido. Recuerda cómo su hija mayor siempre se quejaba de los afanes con que había que hacer las labores cotidianas porque siempre había algo académico o del grupo de investigación que reclamaba a su mamá. «Esto es verdad, yo siempre estaba de afán. Nunca pudimos ni siquiera merchar en calma. Pero a mis hijas no les faltó nada porque la familia, su papá y especialmente mi mamá apoyaron cuando fue necesario. Tal vez me arrepiento de que, con el pelo hermoso que tienen mis hijas, nunca aprendí a hacer una trenza bien hecha».

María Teresa vista por los demás

Toda persona es, de alguna manera, un enigma para los demás, y a veces los juicios que se hacen sobre la personalidad de la gente pueden llegar a ser injustos o incompletos. María Teresa es de la clase de personas que solo expresa opiniones sobre su entorno cuando es necesario, y lo hace con respeto y sensatez; por ello, para tener una idea más completa de una investigadora como ella, hay que trabajar muy cerca y vivir con ella el día a día. Estas son las impresiones que sobre María Teresa tienen algunas personas que la rodean:

La investigadora Paula Velilla, integrante del Grupo de Inmunovirología, la considera una persona disciplinada, eficiente y responsable, que da apoyo incondicional a los estudiantes y aporta no solo a su formación académica, sino también a su formación integral. Siempre está dispuesta a ayudar, lo cual, sumado a su inteligencia, le ha permitido empezar y desarrollar con éxito diferentes proyectos de índole investigativo, pero también social.

Claudia Rugeles, su hermana, quien también hace parte del Grupo de Inmunovirología, define a María Teresa en tres palabras: apasionada, comprometida y disciplinada. Además, destaca su compromiso con las causas sociales, en particular su aporte a la fundación SíFuturo y a UIncluye.

Tulio Lopera, estudiante de Microbiología y joven investigador en el Grupo de Inmunovirología, ve a María Teresa como una mujer fuerte que sabe defender sus ideales y superar obstáculos, y que posee un espíritu cooperador que la ha llevado a tenderle la mano a numerosos investigadores.

Mateo Medina, estudiante de Medicina y alumno de María Teresa, la considera un referente y habla de ella como su segunda madre en la academia, puesto que, en un contexto tan exigente, ella siempre se preocupa por el desarrollo personal de sus estudiantes.

Su colega y amigo, Pablo Patiño, destaca sus valores más relevantes: compromiso absoluto con las tareas que asume, calidad de su tra-

Su trabajo investigativo sobre el VIH la llevó a fundar, junto con otros profesionales, SíFuturo, una fundación que trabaja por mejorar las condiciones de vida de los niños y sus familias afectados por esta enfermedad.

bajo académico y social, honradez y rectitud en su actuación y el amor y entrega por quienes tiene cerca, lo cual la ha llevado a ser adalid de iniciativas altruistas.

El investigador Luis Fernando Echeverri, con quien María Teresa ha emprendido proyectos conjuntos, expresa: «No sabría decir qué fue primero en el complejo y ocupado mundo diario de María Teresa Rugeles, el corazón o el cerebro; lo cual quiere decir que tal vez de su pasión por la ciencia alrededor del virus del VIH le salió esa fibra humana de preocuparse también por los niños más desfavorecidos por el destino y favorecidos por el virus. O su obcecación por tratar de hacer un mundo cuasi-normal para aquellos a quienes otros perciben como poseedores de una absoluta limitación intelectual».

María Teresa Rugeles López, un compendio de vida

«Siento una gran paz interior, no creo que haya quedado algo por hacer. Todo lo que quise hacer en la Universidad lo hice con el apoyo de muchas personas que me facilitaron las cosas. He tenido buenas relaciones con los decanos, con los vicerrectores de Investigación, con los directores de la SIU. Lo importante para mí ha sido la personalidad de los que me rodean, aprecio mucho la calidad humana de la gente, y sé que, por encima de una persona brillante, debe haber una gran persona. Destaco el papel que cumplió en mi vida el doctor Jorge Ossa, quien era considerado una persona con temperamento difícil, pero que para mí es una muy buena persona de quien aprendí la ética en la investigación. Siempre compartí sus ideales, él tenía una gran capacidad para compartir, me enseñó a apoyar a todo el mundo y me decía que, si alguien tenía que volar, que volara, y que no estuviera amarrado a nosotros sus profesores. Me enseñó a asumir las diferencias desde el respeto. Lo más difícil de toda mi carrera fueron los dos embarazos que tuve durante el doctorado. Creo que la inteligencia que más he desarrollado es la emocional, soy muy apegada a mis hijas. Perder una hija fue traumático, y la condición de Daniela exigió lo mejor de mí. El proyecto UIncluye es el proyecto de mi vida, porque me ha permitido no solo acompañar y apoyar a mi hija, sino también ayudar a crear un espacio de aprendizaje para otros jóvenes. Me siento orgullosa de los estudiantes que he formado, muchos de ellos de estratos bajos, a quienes la investigación les cambió la vida. La pandemia fue muy difícil porque dejé de ver a la familia, mandé a Daniela para donde su hermana y a mi mamá la visitaba una vez a la semana, mientras el trabajo del laboratorio era intenso. Fueron momentos muy difíciles, de mucho desgaste emocional

Para María Teresa, la docencia es una de las actividades que desarrolla con más dedicación. Asegura que los estudiantes que ha formado en maestría y doctorado la han superado.

por la soledad en que los viví. Ya tengo lista la fecha de mi retiro, pienso que debo abrir camino a mis estudiantes porque mientras yo esté en el grupo, a ellos no les va a llegar su momento. Creo que ya cumplí, a la Universidad, a mis estudiantes, al país». X

Más de 160 artículos publicados en revistas especializadas hacen parte de la producción científica de María Teresa Rugeles, en conjunto con otros investigadores y con sus estudiantes de maestría y doctorado. Pero todo investigador tiene sus favoritos, y para María Teresa, las publicaciones que marcaron verdaderos puntos de giro en su carrera son:

Rugeles, M. T., Trubey, C. M., Bedoya, B. I., Pinto, L. A., Oppenheim, J. J., Rybak, S. M., y Shearer, G. M. (2003). Ribonuclease is partly responsible for the HIV-1 inhibitory effect activated by HLA alloantigen recognition. *AIDS*, 17(4), 481-486. www.doi.org/10.1097/00002030-200303070-00002

Rugeles, M. T. y Shearer, G. M. (2004). Alloantigen recognition in utero: dual advantage for the fetus? *Trends in Immunology*, 25(7), 348-352. www.doi.org/10.1016/j.it.2004.04.007

Estos dos artículos son producto de su pasantía posdoctoral y fueron trabajados en el laboratorio del doctor Gene Shearer, en la Universidad de Pittsburgh.

Díaz, F. J., Aguilar, W., Flórez, L., Valencia, G., Laiton, K., Franco, C., Álvarez, D., Mercado, M., y Rugeles, M. T. (2020). Aislamiento y caracterización de una cepa temprana de SARS-CoV-2 durante la epidemia de 2020 en Medellín, Colombia. *Biomédica* [Revista del Instituto Nacional de Salud], 40(Supl. 2), 148-158. www.doi.org/10.7705/biomedica.5834

En este artículo se reporta el aislamiento del SARS-CoV-2, y María Teresa lo destaca por la trascendencia que en su momento tuvo este desarrollo.

Dormidera y cola de caballo:

plantas al borde del camino
con potencial antibacterial

Mauricio Esteban Sánchez

Ingeniero químico, magíster en Ingeniería, mauricio.sanchez@udea.edu.co

Diana María Trujillo

Ingeniera química, dmaria.trujillo@udea.edu.co

Grupo de Investigación en Simulación, Diseño, Control y Optimización de proceso —SIDCOP— del Departamento de Ingeniería Química de la Universidad de Antioquia.



La frecuente aparición de cepas de microorganismos con resistencia a los antibióticos genera un incremento de infecciones bacterianas y enfermedades de difícil tratamiento; aumentando la necesidad de desarrollar alternativas basadas en extractos de origen vegetal para prevenirlas y combatirlas.

Dormidera cerrada.
Foto: cortesía del proyecto.

Los microorganismos son los seres más primitivos y abundantes que existen en la Tierra; se encuentran en el aire, el agua y el suelo; participan activamente en el funcionamiento de los sistemas biológicos y están en permanente interacción con el ser humano, los animales, las plantas y el medio donde habitan.

Los gérmenes son aquellos microbios que dañan la salud humana: virus, hongos, protozoos y bacterias, entre las cuales están *Escherichia coli* (*E. coli*) y *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*). La primera bacteria se encuentra en los intestinos de las personas y los animales, en el medio ambiente y en ocasiones en los alimentos y el agua sin tratar. Sin embargo, hay una variedad que puede causar cuadros gastrointestinales graves, infecciones urinarias, enfermedades respiratorias e infecciones del torrente sanguíneo en el ser humano. *S. aureus* es causante de infecciones por la penetración de la bacteria desde la piel a los tejidos profundos cuando se presentan lesiones cutáneas, traumáticas o quirúrgicas; dichas infecciones suelen ser supurativas y tienden a producir abscesos. Debido a su amplia versatilidad es capaz de causar enfermedades de amplio espectro, desde infecciones menores de la piel hasta infecciones invasoras delicadas como osteomielitis, bacteriemia, infecciones del sistema nervioso central, del tracto respiratorio, del tracto urinario y el síndrome de choque tóxico, también infecciones gastrointestinales. Así se evidencia que estamos diariamente expuestos a dichos microorganismos y sus riesgos.

La propiedad antimicrobiana de las sustancias extraídas de algunas plantas tiene gran importancia en aplicaciones médicas, cosméticas, alimentarias, en el control de plagas, entre otras. Dicha propiedad se atribuye a compuestos como flavonoides, taninos, fitoalexinas, piretrinas,

musanolonas, terpenos y aceites esenciales; estos se conocen como metabolitos secundarios y las plantas los producen mediante secuencias de reacciones químicas que ocurren en un orden específico, denominado metabolismo secundario. Aunque estos metabolitos no cumplen funciones vitales, sirven como protector de los rayos ultravioleta del sol, cumplen con funciones de defensa contra predadores y patógenos, atraen a los insectos polinizadores y varían de acuerdo con las interacciones de la planta con el medio ambiente.

Históricamente, los productos naturales han desempeñado un papel importante en el mejoramiento de la salud humana y la calidad de vida de las personas. Aunque la popularidad de la medicina herbaria registró una marcada disminución después de la introducción de drogas químicas usadas en la medicina convencional, las hierbas medicinales están nuevamente ganando interés debido a sus atributos naturales, ecológicos y la posibilidad de lograr un verdadero alivio de la condición de la enfermedad sin recurrir a sustancias sintéticas. Los efectos secundarios nocivos, el alto costo de las otras formas de tratamiento y su poca disponibilidad en las poblaciones pobres de zonas remotas también son razones para el creciente uso de la milenaria medicina herbal, con más de 3000 años de tradición en países como India y China.

Colombia es un país con gran diversidad de especies vegetales, muchas de ellas consideradas como maleza, sin embargo, sus metabolitos secundarios poseen propiedades muy útiles para el beneficio del ser humano, lo que genera una oportunidad de alcanzar altos impactos ambiental, social y de crecimiento económico.

Basado en dichas oportunidades, desde el grupo SIDCOP de la Universidad de Antioquia realizamos un estudio con las plantas conocidas comúnmente como cola de caballo (*Equisetum arvense*) y dormidera (*Mimosa pudica*), para determinar si los extractos etanólicos y mezclas tienen actividad antibacteriana frente a cepas de *E. coli* y *S. aureus*, y de esta manera explorar su potencial para el desarrollo de nuevos productos de alto valor

con eventuales aplicaciones en los campos agrícola, cosmético, alimentario y médico. Este proyecto se enfocó en la obtención de extractos alcohólicos bajo condiciones específicas de temperatura, relación alcohol/material vegetal, tiempo de contacto, origen de las plantas y mezclas de diferentes extractos a varias composiciones con el fin de determinar su posible efecto para potencializar la inhibición del crecimiento de bacterias *E. coli* y *S. aureus*; las condiciones de ensayos de este trabajo no se han visto reportadas en otros estudios.

POTENCIAL ANTIBACTERIAL

Plantas al borde del camino

Propiedades

- Sales de silice (mineral indispensable en la formación de tejido conectivo, uñas y huesos)
- Acelera la regeneración del tejido conectivo dañado
- Activa la formación de colágeno
- Aumenta la elasticidad de los tejidos
- Actúa como antiirreumático

Tratamientos

- Edemas postraumáticos y estéticos
- Afecciones inflamatorias y bacterianas del aparato urinario.
- Cálculos renales
- Fragilidad ósea
- Lavado de heridas mal cicatrizadas
- Dermatitis atópica

Efectos

- Crecimiento de nuevos cabellos
- Fortalece los folículos pilosos
- Aumenta la circulación sanguínea del cuero cabelludo
- Insecticida y fungicida ecológico

Propiedades

- Antimicrobianas
- Sedantes eméticos
- Tónicas

Tratamientos

- Alopecia
- Diarrea
- Insomnio
- Infecciones urogenitales

Efectos

- Antidepresivos
- Anticonvulsivos
- Contra venenos
- Diurético
- Cuidado de la piel

COLA DE CABALLO
(*Equisetum arvense*)

DORMIDERA
(*Mimosa pudica*)

El tamizaje fitoquímico de los extractos etanólicos de cola de caballo y dormidera permitió verificar la presencia de metabolitos secundarios como flavonoides, saponinas, taninos y triterpenos.

Para la realización de este estudio se recolectó el material vegetal en el municipio de Gigante, Huila; se secó, limpió y molió. Después se realizó la extracción alcohólica del material seco, introduciendo las hojas secas de cada especie en alcohol etílico al 96 % durante 72 horas a temperatura ambiente. Los extractos se purificaron mediante calentamiento para evaporar el solvente a presión atmosférica (destilación simple) y en presencia de vacío (destilación al vacío). A los extractos y sus mezclas se les realizaron pruebas fitoquímicas cualitativas con el fin de identificar metabolitos secundarios. Se hicieron ensayos de antibiograma disco-placa para determinar su potencial de inhibición en el crecimiento de bacterias y pruebas de microdilución en caldo para hallar la concentración mínima inhibitoria frente a cepas de *E. coli* y *S. aureus*. Se utilizaron como control positivo, para comparar su efectividad, los antibióticos gentamicina y clindamicina.



Cola de caballo.
Foto: cortesía del grupo



Con los resultados de este estudio se determinó el potencial antibacterial de diferentes extractos de *Mimosa pudica*, *Equisetum arvense* y sus mezclas frente a *E. coli* y *S. aureus* para posibles usos en el desarrollo de nuevos productos de alto valor económico en las industrias farmacéutica, alimentaria, nutracéutica, cosmética y cosmeceútica. Se evidenció, mediante las pruebas realizadas, que las mezclas de los extractos tienen un efecto que permite potencializar la actividad antibacterial, puesto que mostraron los mejores resultados en la inhibición del crecimiento para las dos cepas bacterianas.

Con base en los resultados mencionados se abre una ventana exploratoria muy interesante en relación con múltiples aplicaciones para mezclas de extractos de dormidera y cola de caballo, las cuales podrían aportar en el cuidado de las personas y el control de plagas en la agricultura orgánica.

Entre las posibles aplicaciones se pueden mencionar:

- Conservante de alimentos perecederos, como carnes, quesos procesados y productos enlatados.
- Antibiótico de fácil digestión para tratar infecciones urinarias, respiratorias, gastrointestinales y cutáneas, antibiótico con poca probabilidad de que las bacterias generen resistencia.
- Conservante para productos cosméticos.
- Compuesto activo en productos cosmeceúticos y nutracéuticos. **X**

Glosario

Destilación simple: técnica de separación térmica de mezclas para separar sus componentes.

Destilación al vacío: proceso de destilación a presión reducida que busca separar mezclas a bajas temperaturas.

Antibiograma disco-placa: método usado para determinar la sensibilidad bacteriana a los agentes antimicrobianos.

Cosmeceútica: industria que produce cosméticos con activos mucho más concentrados que los cosméticos clásicos, por lo que tienen una penetración más profunda y requieren de la prescripción y seguimiento por parte de un dermatólogo o un especialista en el cuidado de la piel.

Nutracéutica: industria que produce un alimento o parte de él, de origen animal o vegetal, el cual ejerce una función farmacéutica beneficiosa para la salud, además de nutrir al organismo.

Cepas: grupo de microorganismos de una misma especie provenientes de una muestra o célula específica.

Los autores agradecen el apoyo financiero del Comité para el Desarrollo de la Investigación (CODI-PR19-02-07) y al Grupo de Investigación en Simulación, Diseño, Control y Optimización de Procesos —SIDCOP— del Departamento de Ingeniería Química de la Universidad de Antioquia por el apoyo y asistencia técnica brindada.



Grupo Malaria: dedicados a los territorios y a la salud

Carmenza Uribe Bedoya

Química. Directora de la revista *Experimenta*. Profesora jubilada de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia.



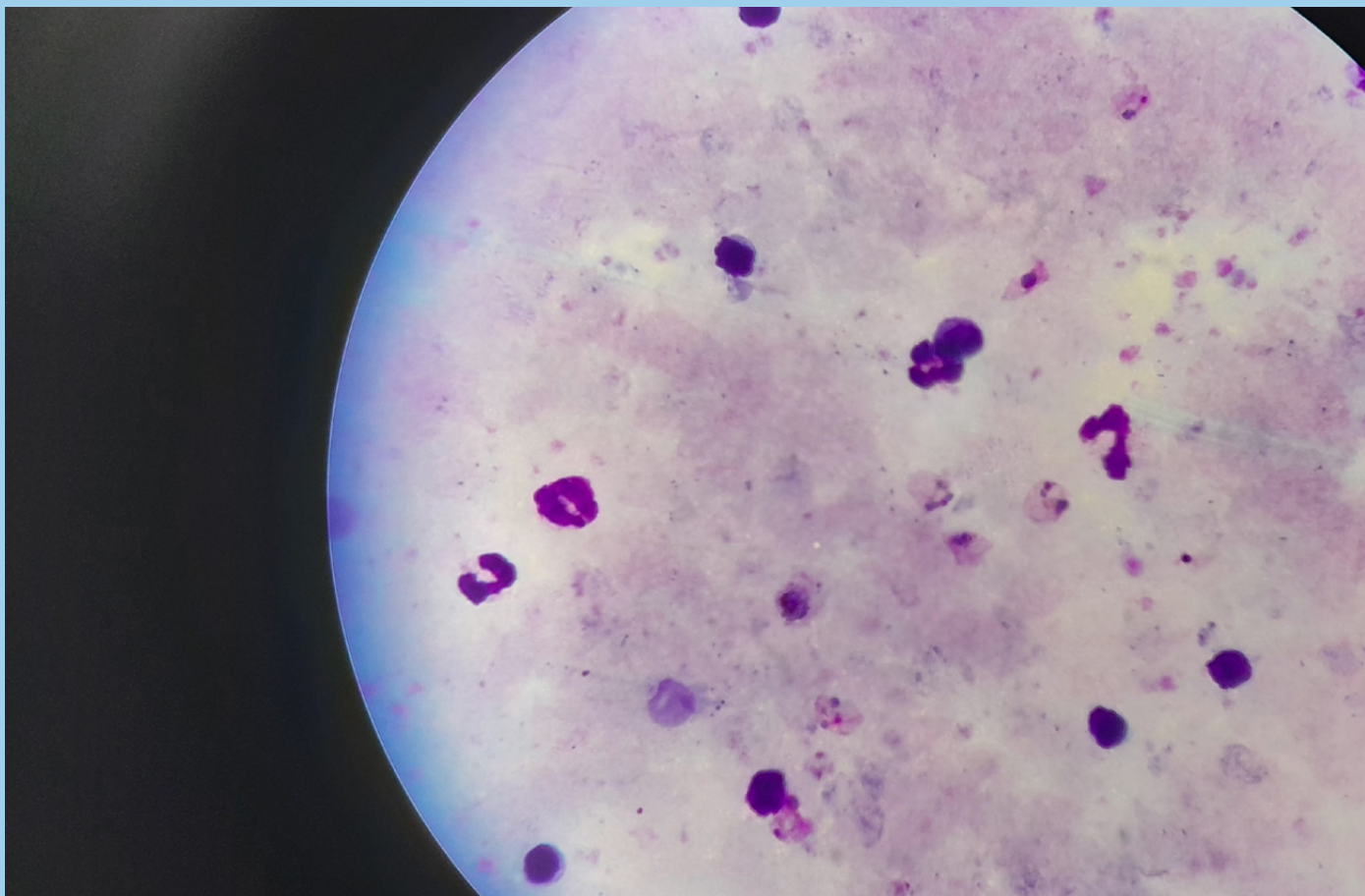
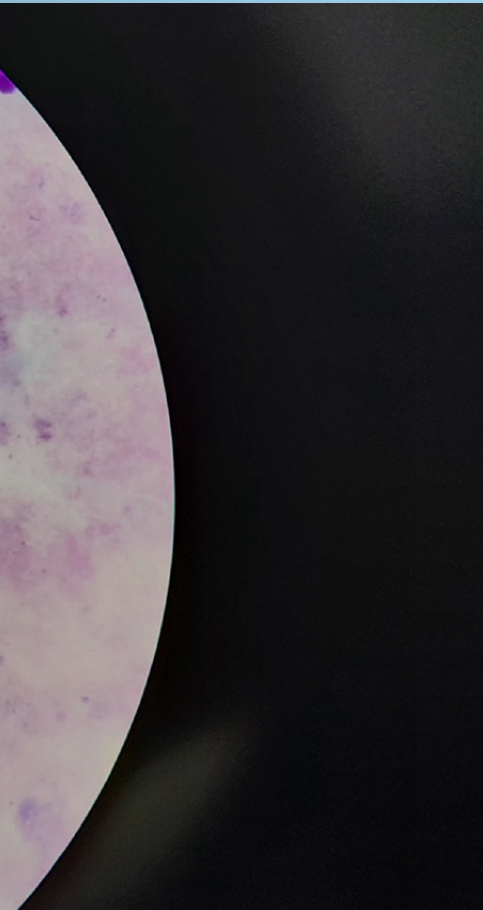


Imagen en microscopio de *Plasmodium vivax*, parásito causante de la malaria.
Foto: cortesía del Grupo Malaria.

U

na nueva medicina. Así define la profesora Silvia Blair lo que le aprendió al doctor Héctor Abad Gómez en su primer encuentro, ella como estudiante de medicina, él como su profesor. «Llegó a clase vestido de traje y corbata, nos preguntó por nuestros intereses, como si nuestra llegada lo entusiasmara. Esa fue mi primera sorpresa: ¡ser bien recibidos!, con un saludo y una carcajada transparente. Nos preguntó a cada uno el nombre y cómo nos sentíamos como estudiantes. Nos habló de la enfermedad como un proceso que se gestaba de forma relacional entre aspectos sociales, económicos, culturales y biológicos. Nos dijo también que esas enfermedades de la pobreza se podían



prevenir mejorando la calidad de la leche y la alimentación, adecuando las casas donde las personas vivían, haciendo acueductos y alcantarillados y evitando la contaminación de las aguas».

Ideas nuevas como «*La epidemiología ha curado más enfermedades que la terapéutica*» o una visita al antiguo basurero de Moravia, donde el doctor Abad les enseñó a hacerse preguntas pertinentes cuyas respuestas muestran que las enfermedades no son solo fisiológicas sino un conjunto de hechos culturales, sociales, epidemiológicos; deslumbraron a la profesora Silvia y le mostraron que había otra forma de vivir la carrera que estaba estudiando, se convirtieron en su impronta personal, y le dieron elementos para desempeñarse profesionalmente con una mirada diferente del ejercicio de la medicina, y en particular de las enfermedades. Y esta, podría decirse, fue la génesis del Grupo Malaria.

La creación de un grupo de investigación tiene, por lo menos, dos momentos fundamentales: uno, la elaboración mental de una idea o de un proyecto de saber que luego se convertirá en el proyecto de vida de un científico, quien convencerá a otros de acompañarlo; y un segundo momento, cuando el grupo es una realidad, bien sea porque se inscribió administrativamente en un sistema de investigación, o bien porque se ubicó físicamente en algún laboratorio de experimentación o presentó un primer proyecto de investigación. Entre los dos momentos puede transcurrir poco tiempo, algunos meses, o mucho tiempo, años o décadas.

El inicio del Grupo Malaria vendría mucho después, cuando se puso en marcha un proyecto de saber incipiente, una idea simple pero retadora: la malaria, idea que aún es el centro de interés de un conjunto grande de personas, las que fueron, las que son y las que van llegando hoy al grupo, más de tres décadas después. Pero entre la inspiración y los hechos que hoy le dan forma al Grupo de Investigación Malaria, hay una larga historia.

Malaria: la inspiración y el surgimiento del proyecto de saber

El primer contacto con el tema lo tuvo Silvia Blair cuando fue profesora del curso Malaria, de la sección de parasitología de la Facultad de Medicina a principios de los 80. «Yo empecé a dictar el curso de malaria sin ninguna experiencia en el tema, ni en lo docente. Simplemente dictaba las clases, me estresaba mucho, estudiaba mucho y pensé que no podía pasarme la vida repitiendo y repitiendo lo que había en los textos. Yo tenía información, pero no conocimiento».

Curiosamente los estudiantes compartían su desazón porque pensaban que el curso se iba en aprender a diagnosticar y a tratar, pero sin hacerse preguntas ni profundizar en la verdadera naturaleza de la enfermedad. Con base en las inquietudes compartidas se inició una serie de encuentros, enriquecedora costumbre que aún hoy conservan los

grupos de investigación: reuniones en las que se elaboran preguntas, se realizan discusiones, se lee literatura científica y se intercambian apreciaciones sobre temáticas puntuales relacionadas con el gran tema de interés. Y todo esto concluye, la mayoría de las veces, en el diseño de proyectos de investigación.

Dos proyectos iniciales marcaron la unión de un grupo de personas; todavía no se llamaban grupo de investigación, sino que eran profesionales entusiastas e inquietos por la enfermedad. La Organización Mundial de la Salud – OMS – le aprobó al doctor Saúl Franco un proyecto a largo plazo, con buenos recursos financieros, denominado «Malaria y vivienda». Su pregunta de investigación: ¿cómo se comporta la malaria en distintos modelos de casas en Urbabá?, entendiendo por casas, su forma de vida. Un proyecto que dio luces en el camino de abordar el problema. Más adelante se llevó a cabo el proyecto «Malaria congénita» junto con una patóloga, un clínico y un pediatra. Paralelo a estas actividades se desarrollaba la pregunta por las plantas, puesto que diferentes comunidades de diversas latitudes del país empleaban plantas para el tratamiento de la enfermedad, y el grupo se empezó a hacer preguntas sobre si estas costumbres ancestrales tenían un sustento científico.



Fotografía: Dirección de Comunicaciones.

En medio de esta discusión llegó el año 1987 plagado de violencia y amenazas, año en el que fue asesinado el doctor Héctor Abad. Varios profesores, entre ellos la profesora Silvia Blair, debieron abandonar la ciudad. Silvia estuvo durante un año en Bogotá en el laboratorio del doctor Moisés Wasserman, con quien compartía el interés por la malaria. «Allí aprendí a hacer experimentos de laboratorio, aprendí de cultivos y también aprendí a pensar. Escribí un proyecto sobre búsqueda de plantas antimaláricas y lo presentamos a CVC Holanda, junto con un estudiante del Instituto Nacional de Salud. Regresé a Medellín en 1988 y elaboramos el primer paquete de proyectos sobre búsqueda de plantas antimaláricas en Tumaco, al cual se unieron químicos, botánicos y mi-



crobiólogos». Este proyecto se desarrolló entre 1989 y 1990, y concluyó con un libro que contiene la síntesis bibliográfica sobre publicaciones relacionadas con la malaria, las plantas y el saber de los curanderos. Puede decirse que esta publicación marcó el inicio del Grupo Malaria en una Universidad que todavía no tenía sistema de investigación y en la que las dificultades administrativas marcaban la marcha de los laboratorios de investigación que iban surgiendo en las dependencias universitarias.

Líneas que se cruzan para construir saber

Un aspecto clave en la conformación y permanencia en el tiempo de un grupo de investigación, es tener claro su proyecto de saber, en este caso la malaria. Pero el proyecto de saber se desglosa en líneas de investigación que le van dando forma a las ópticas que sobre el problema principal tienen los investigadores, y que se van convirtiendo en intereses particulares para cada integrante, de acuerdo con su disciplina de formación. Puede decirse que el Grupo Malaria, más que interdisciplinario, es sobre todo transdisciplinario, puesto que no solo personal del área de la salud se ha integrado a sus proyectos —médicos, microbiólogos, nutricionistas—, sino también investigadores de las ciencias básicas —químicos, biólogos, botánicos — y de las ciencias humanas — antropólogos —.

Históricamente las primeras líneas de investigación se relacionaron con el entorno de la malaria y plantas antimaláricas. Dice la profesora Silvia: «No teníamos conocimiento sobre plantas, nos acercamos a las cosmovisiones de las comunidades a través de un componente antropológico. Por un lado, seguimos investigando plantas, pero no solo acerca de los conocimientos de las comunidades, sino estudiando su química, su genotoxicidad, su respuesta in vitro y profundizando. Del estudio de las plantas surgieron sublíneas: genotoxicidad, antropología -saber tradicional- parasitología y cultivos in vitro. Se abrieron también las líneas clínicas: patología, inmunología, malaria congénita, malaria en el embarazo, línea clínico-básica y de respuesta a los medicamentos. El Servicio Seccional de Salud planteó que los parásitos no estaban respondiendo a los medicamentos, entonces empezamos a evaluar medicamentos, hicimos estudios de susceptibilidad-resistencia, de cultivos in vitro y a aportar conocimientos a la OPS, entidad financiadora, al Ministerio de Salud y a la Dirección Seccional de Salud».

La dinámica de aparición de las líneas o de refinamiento en las preguntas sobre las mismas, la describe Adriana Lucía Pabón, investigadora del Grupo Malaria: «Cuando se inició la línea de plantas antimaláricas, estudiantes de química hacían su trabajo de grado con nosotros y cuando íbamos a congresos surgían las preguntas: ¿cuál es la toxicidad y genotoxicidad de esas moléculas?, ¿cuál es el metabolito activo?, ¿qué otros efectos se pueden esperar? Esto permitió que se nos abriera el panorama, se plantearan nuevas preguntas y, por lo tanto, nuevos proyectos». Lo que estaba surgiendo era una red o un sistema de intereses

alrededor del tema central malaria y prácticamente cada resultado obtenido originaba aún más preguntas.

Nuestro saber cabe en una mano

La profesora Silvia expresa los grandes vacíos que persisten en el abordaje de la enfermedad. Hay miles de publicaciones, grandes desarrollos de la biología molecular y la genética y, a pesar de esto, no sabemos muchas cosas. Por ejemplo, por qué unas personas mueren y otras no. Por qué a unas personas les da malaria cerebral y a otras no. Por qué hay gente que camina tranquila por la calle con cien mil parásitos y aún con pruebas positivas y no se enferma, pero otras personas con mil parásitos se mueren. Por qué unas personas hacen resistencia y otras no. Por eso concluye: nuestro saber cabe en una mano.

Adriana y Alberto nos recuerdan que el ser humano convive desde hace miles, posiblemente millones de años, con el parásito, y por lo tanto el objetivo no debería ser eliminarlo sino aprender a convivir con él. Revisando la lista de países que han erradicado la malaria o que nunca la han tenido, se observa el gran valor que significa tener condiciones de vida limpias, con servicios públicos y condiciones de higiene garantizadas.

Los objetivos de la OMS han variado con los años, y aunque anteriormente se tenía como objetivo eliminar el parásito, estos objetivos han virado hacia algo más realizable, el control. Existe una estrategia mundial para el control de la malaria, denominada «técnica mundial 2016-2030»; lo que busca es que, frente a la presencia de la enfermedad, las personas dispongan de sistemas sanitarios que los atiendan oportunamente. Con seguridad alimentaria, atención oportuna, entornos limpios o reducción de la exposición a los mosquitos, los objetivos mundiales se deberán empezar a cumplir.

Líder: amalgama de científico y gestor

Durante tres décadas la profesora Blair fue la cara visible del grupo frente a la Universidad, a la sociedad, a las comunidades y a las entidades externas. Su formación en malaria, como enfermedad y como realidad social, le permitió ser el modelo para otros profesionales que se unieron a ella como coinvestigadores, y para el gran número de estudiantes de pre y posgrado que han pasado por el grupo. La profesora Silvia ha sido para el Grupo Malaria una muestra de lo que es un científico de tiempo completo: alguien para quien su proyecto de saber se ha convertido en su proyecto de vida, gracias a la disposición para hacerse preguntas, plantear hipótesis, pulirlas, sistematizar sus hallazgos y claro, dejar huella y crear escuela. Aunque se retiró administrativamente de la Universidad, sigue acompañando actividades grupales y asesorando a profesores y estudiantes.



Fotografía: Dirección de Comunicaciones.



El profesor Alberto Tobón asumió la dirección del grupo desde 2014 frente al retiro de la profesora Silvia, y continúa con la responsabilidad de mantener el grupo vigente y productivo. Alberto reconoce las grandes dificultades que significan las regulaciones y exigencias administrativas tanto de la Universidad, como de los financiadores. En los años 90, al inicio de las actividades del grupo, hubo una época en la que predominaba la discusión sobre el problema, la elaboración de preguntas, la emoción por incluir cada vez más estudiantes quienes aportaban su propia visión académica aprendida en sus programas universitarios, y, en definitiva, eran épocas de una investigación cotidiana, en las que el líder desplegaba no solo sus conocimientos sino sus estrategias para mantener vivo el grupo. Alberto advierte que hoy los profesores están inmersos en un mar de reuniones y obligaciones no siempre cercanas al interés científico, lo cual afecta la continuidad del trabajo de laboratorio y el acompañamiento a los estudiantes.

Espacios y valores colectivos

Todo grupo de investigación tiene sus propias rutinas, no solo las académicas, técnicas o científicas, sino las rutinas de convivencia. Sin unos mínimos acordados entre todos no sería posible avanzar en lo científico. El profesor Alberto Tobón, actual líder del grupo nos cuenta: «En el seno del grupo hay acuerdos básicos, cada uno tiene sus tareas. Hay confianza entre nosotros y el laboratorio es un espacio colectivo con bienes comunes que todos cuidamos, se comparte y se respeta a los demás. No nos da pena preguntar lo que no sabemos a los que sí saben, y por eso hay interdisciplinariedad. Acogemos con gusto estudiantes de pregrado y posgrado y atendemos incluso sus propias sugerencias sobre nuevos proyectos. Creo que los grandes valores del grupo son el respeto, la confianza y la solidaridad».

Hay, sin embargo, una problemática que expresan los integrantes del grupo, la cual es compartida con otros grupos de la Universidad, y es la dificultad de retener en el grupo a quienes se han formado allí. Esto impide la expresión más básica de cualquier grupo de investigación, o sea la

formación de escuela. Se forman personas que deben abandonar el grupo por la imposibilidad de que la Universidad los vincule. Es algo bastante frecuente en los grupos de investigación, no solo de nuestro país sino de los países de esta parte del mundo donde la ciencia no es prioridad, y los recursos para su desarrollo siguen siendo escasos.

Los interlocutores, la razón de ser final del grupo

Todo este trabajo no tendría sentido para los integrantes del Grupo Malaria, si no fuera porque ahí afuera hay enfermos, niños que mueren diariamente y comunidades enteras azotadas por la enfermedad. El Grupo Malaria se ha caracterizado por un acercamiento constante a las comunidades más necesitadas que sufren este flagelo, y lo hacen con respeto por sus creencias y costumbres.

Gabriel Jaime Vélez, investigador del grupo y quien atiende a pacientes en el consultorio del grupo, ubicado en la Sede de Investigación Universitaria, nos cuenta: «Tenemos una ventaja, nos conocen en muchas partes. Nos preguntan por médicos que ya no via-



Fotografía: Dirección de Comunicaciones.

jan con nosotros. Nuestra labor inicia comunicándonos con los líderes de la comunidad. Nos cuentan sobre lo que creen, lo que piensan, lo que saben. No llegamos con una mirada paternalista, sino que los involucramos en el proceso».

El grupo ha comprendido que su trabajo solo tiene sentido con la participación de las comunidades, por eso procuran siempre conocer sus características, la forma como entienden la enfermedad y establecer buenas relaciones con las autoridades locales.

Nos dice Alberto que hay valores que se aprenden en la casa y otros que se aprenden de los maestros. Malaria es un grupo que ofrece atención gratuita a todos los pacientes que se acercan a buscar ayuda para



diagnóstico y tratamiento de la enfermedad. «Ni más faltaba que siendo la malaria un problema de las comunidades más vulnerables les cobráramos por los servicios», concluye Alberto.

Consideran que a las comunidades hay que entregarles el conocimiento. Como la tradición es que el saber del médico es intocable, la pregunta ha sido cómo entregar los saberes al lego. Para resolver esto, los integrantes del grupo han desarrollado un diálogo de saberes en el que los miembros de la comunidad tienen una voz activa compartiendo sus experiencias y contando lo que saben. Se trata de que sientan que la ciencia es útil para ellos. Esto no es otra cosa que apropiación social del conocimiento.

Una experiencia positiva para el grupo fue la intervención que hicieron en Tutunendo, Chocó, una comunidad afro. Allí trabajaron con la comunidad en prevención de la malaria, y con las mujeres de este corregimiento desarrollaron diferentes actividades que las convirtieron en alfabetizadoras de esta enfermedad. Con ellas diseñaron catálogos para enseñar la prevención de la malaria, señales educativas para ubicar en lugares visibles en todo su territorio y una serie de videos sobre la prevención de la malaria. Las mujeres que participaron se graduaron en un diplomado en Prevención de la Malaria.

Los retos como grupo son: seguir atrayendo a los jóvenes hacia la investigación sobre las enfermedades infecciosas; mantener el estudio de la malaria como tema vigente y necesario para mejorar las condiciones de vida de las comunidades. Llevar conocimiento a las comunidades y que ellas contribuyan a los cambios necesarios.

Sus grandes satisfacciones están en ver que las personas que han pasado por el grupo, en su mayoría, siguen enamoradas de la ciencia, y se desempeñan en educación o como formadores de científicos o como científicos en alguna parte del mundo. Profesionales de una gran calidad académica y humana, con el aprendizaje de lo ético. Quienes pasaron por el grupo son bien recordados en las comunidades, y es común que quien pasó por Malaria, reconozca que los mejores años de su academia fueron los que pasaron con el grupo. Momentos maravillosos de formación que les permiten seguir contribuyendo a la solución de problemas. Uno de los muchos legados de Héctor Abad Gómez, y la impronta de la profesora Silvia Blair representada en una gran empresa del conocimiento, ejemplo para las nuevas generaciones. X

Los sistemas de salud bajo el observatorio del GES

El Observatorio de la Seguridad Social, de la Facultad de Ciencias Económicas de la UdeA, ha hecho seguimiento a la cobertura, el acceso, los mercados en salud, el financiamiento y las instituciones y la gobernanza del sistema de salud colombiano. A 20 años de trabajo continuo, sus publicaciones permiten no solo describir los cambios sino proyectar los retos para el sistema.

Andrea Camila Vivas Molina.

Periodista.

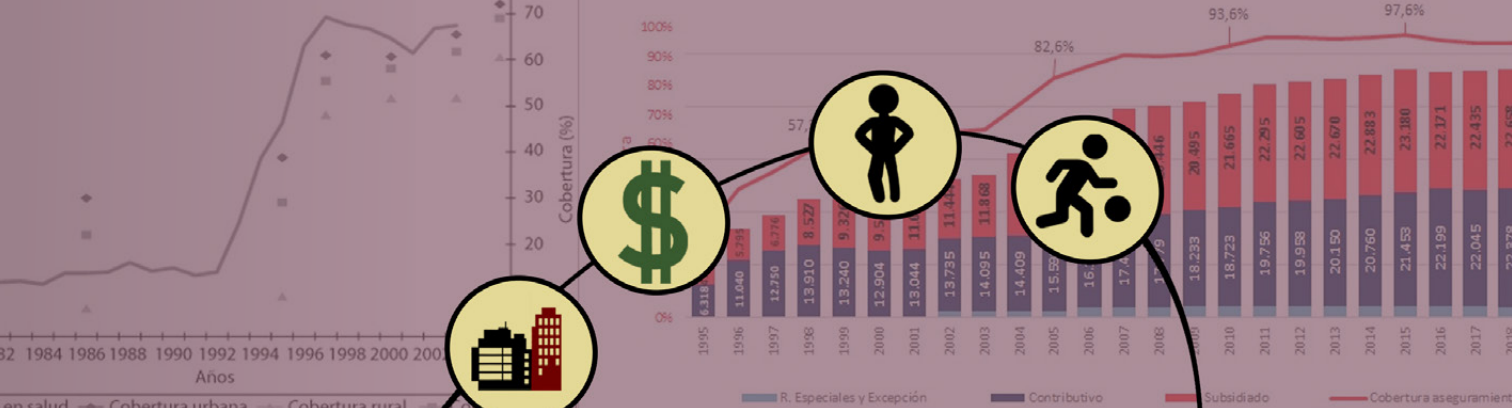
Daysi Sanmartin Durango

Estudiante de maestría en Economía.

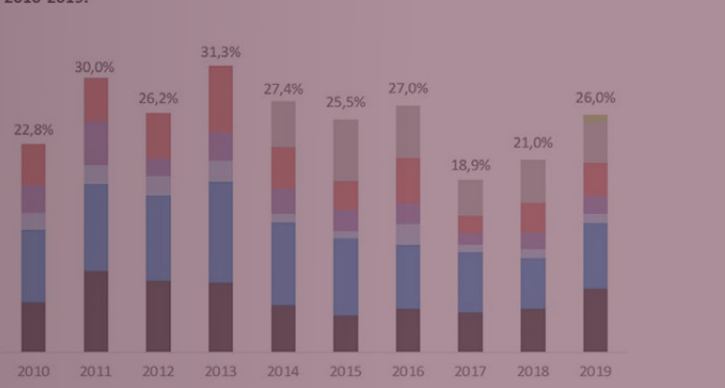
Jairo Humberto Restrepo Zea

Economista, magíster en Gobierno y Asuntos Públicos.

Grupo de Economía de la Salud, Facultad de Ciencias Económicas

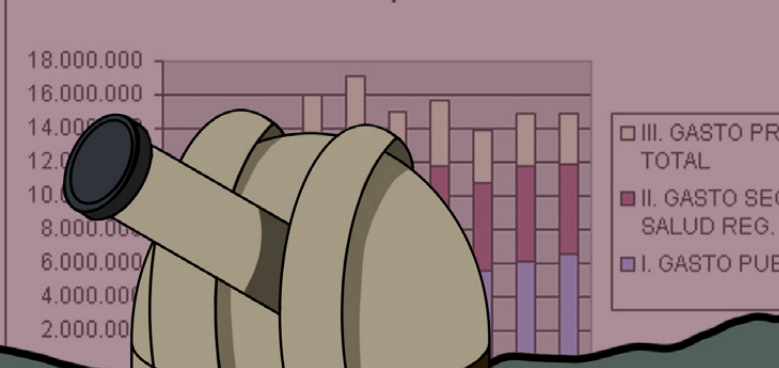


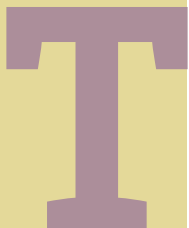
de personas con problemas de salud que no solicita o no recibe atención médica debido a barre 2010-2019.



- Le cubrían o no le autorizaron la atención
- Muchos trámites para la cita
- No lo atendieron
- El centro de atención queda lejos
- Le hacen esperar mucho para atenderlo
- Consultó antes y no le resolvieron el problema
- Mal servicio o cita distanciada

Colombia: Gasto en salud 1993-2002 principales componentes millones de pesos constantes del 2000





odos los hombres necesitan, por naturaleza, saber. Con este enunciado iniciaba Aristóteles su obra *Metafísica* a la que él llamaría posteriormente «la ciencia sobre los primeros principios». Desde entonces, los antiguos griegos y mesopotámicos continuaron preguntándose sobre fenómenos celestes importantes para el ser humano, que no solo les proporcionaban conocimiento para la siembra y recogida de cosechas, sino que además servían para predicciones astrológicas sobre el futuro.

Miles de años más tarde, los astrónomos aún siguen observando desde centros de investigación sofisticados y con herramientas mucho más avanzadas, todo lo que existe en el universo. No obstante, observar lo que está fuera de nuestro planeta no ha sido la única tarea de los científicos. Y es que, antes de partir a otras galaxias y estrellas, los seres humanos observamos nuestro mundo, ese que está lleno de sistemas complejos y fenómenos particulares, dando origen a los observatorios sociales en distintos campos del conocimiento, tales como economía, geografía, ciencias políticas, psicología, antropología, sociología, entre otros.

El Grupo de Economía de la Salud –GES– surgió en 1997 adscrito a la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de Antioquia, siguiendo esta ruta para desarrollar investigación, docencia y extensión en el área de Economía de la Salud, siendo el Observatorio de la Seguridad Social el espacio para divulgar los análisis que realiza el grupo sobre temas



Fotografía Nubia Navarro (@nubikini) en Pexels.

como cobertura, acceso y demanda de servicios de salud, financiamiento, reformas a la salud, entre otros, y que en 2021 celebró sus 20 años.

Cuando se creó el Grupo de Economía de la Salud, se propuso contar con una serie de análisis que dieran cuenta de la evolución del sistema de salud colombiano, pues para entonces la Ley 100 de 1993 había implicado un cambio sustancial en este. A su vez, había un movimiento fuerte a nivel internacional que implicaba transformar los sistemas de salud y darle un campo de aplicación muy importante a la economía. De esta manera, los académicos expertos en el estudio de los sistemas y servicios de salud recibieron un llamado para acompañar el proceso de implementación y dar cuenta de las bondades y debilidades que pudiera tener este nuevo sistema.

Fue así como nació el Observatorio de la Seguridad Social, ocupándose de analizar el sistema de salud y seguridad social, para brindar descripciones, estadísticas, contextos y proyecciones para aportar no solo a su comprensión, sino también a la toma de decisiones. El primer boletín se publicó el 1 de junio de 2001 y llevó por título «Cobertura del seguro de salud en Colombia», dedicado a evaluar cómo iba a evolucionar la cobertura del seguro de salud mediante el uso de gráficas y otra serie de indicadores que permitieran ilustrar al público.

«Justo al inicio, se iba a llamar Observatorio de la Seguridad Social en Salud, pero borramos la palabra salud al final para comprometernos a analizar, además de la salud, la seguridad social; así que también caben temas relativos a pensiones, a seguridad alimentaria, entre otras cosas», menciona el profesor Jairo Humberto Restrepo, coordinador del GES.

Hoy el Observatorio cuenta con 40 números publicados, siendo sus principales líneas de investigación: monitoreo y evaluación del sistema de seguridad social, cobertura y acceso, organización industrial y regulación, financiamiento, y evaluación económica y políticas públicas; en las que prevalece el análisis riguroso y argumentado. Adicional a esto, desde diciembre de 2018 se empezó a realizar una Observación bimestral denominada «El Observador del GES» para análisis rápidos de temas más coyunturales, el cual cuenta con 17 números publicados.

Así funcionan los observatorios sociales

Así como los astrónomos utilizan telescopios para observar el universo, los profesionales expertos en el área de la economía de la salud emplean bases de datos, revisiones teóricas, indicadores y comparaciones internacionales para su comprensión sobre el sistema de salud y pensional colombiano, de manera que pueden generar material de estudio e insumos para la discusión pública en estos campos del conocimiento. Pero también diseñan investigaciones propias para captar información primaria, por ejemplo, mediante encuestas a poblaciones o entidades, entrevistas y reuniones con expertos.

Una vez comprendida y analizada la información, surge una nueva tarea: comunicar sus descubrimientos a un público amplio, y este ha sido sin duda uno de los principales retos para el GES. Según el profesor Restrepo, el esfuerzo más importante es transmitir en lenguaje sencillo y mediante el uso de ilustraciones gráficas, conocimiento que, de no hacerse de ese modo, «se quedaría engavetado».

Una escuela de formación

Más allá de ser una publicación académica importante, el Observatorio es un gran semillero para la formación de profesionales e investigadores. Actualmente la lista es por lo menos de 30 personas que han pasado por él y que hoy en día son expertos en temas relacionados a la economía, trabajan en el sector salud o hacen parte de la academia.

«Yo creo que no solo el Observatorio, sino el Grupo de Economía de la Salud es una escuela. De cierta forma, a uno lo preparan en la universidad, pero el GES ha sido una verdadera escuela. Y la transformación de esa escuela ha sido el Observatorio. Entonces creo que ha sido mi escuela y me ha ayudado mucho tanto en la escritura, en la redacción, en la gramática como en la investigación, en la forma de conocer el universo de la economía de la salud, y esa relación tan importante que hay entre salud y economía», afirma Juan José Espinal, miembro del GES.

Los resultados de 20 años de trabajo

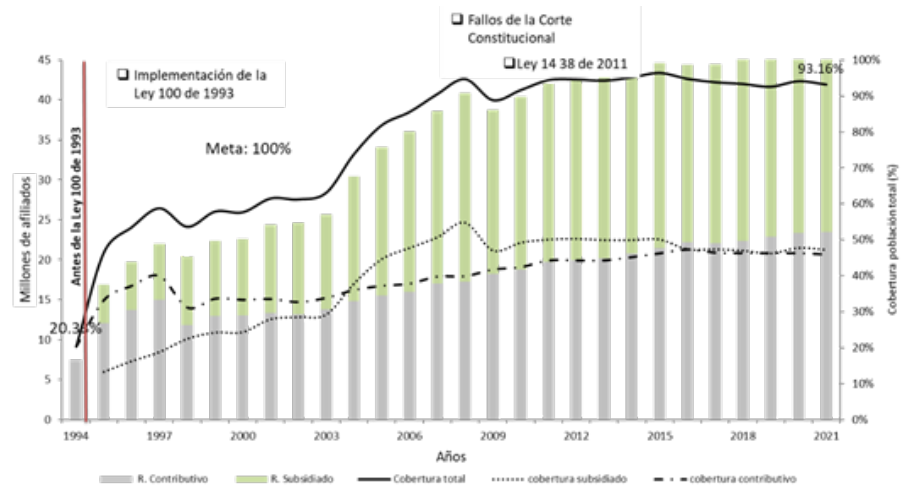
Hoy, luego de 20 años desde que fue publicado el primer número, el reto más importante para el Observatorio es mantener el reconocimiento que ha recibido por parte de la comunidad académica, los entes gubernamentales y la sociedad civil, de modo que la producción académica siga su esencia y puedan seguir ofreciendo al público un conocimiento digerible.

Aunque han sido múltiples los proyectos realizados, así como los aportes a la comprensión del sistema de salud y a diferentes políticas públicas, hoy se pueden resumir algunos de los principales hallazgos del Observatorio clasificados por tipos de temas: análisis permanente, coyunturales y nuevos.

Temas de análisis permanente

1. Cobertura del seguro de salud en Colombia: por más de 20 años se ha realizado un esfuerzo en las tres dimensiones a tener en cuenta en el avance hacia una cobertura universal: po-

blación, servicios y gastos. En ese sentido, se ha observado una evolución creciente de la cobertura, la cual es superior al 90 %. Sin embargo, no se ha logrado la meta prevista en un principio (una cobertura de 70 % para el régimen contributivo y 30% régimen subsidiado), ya que por el peso de la informalidad en el país, la cobertura del régimen contributivo, que corresponde a las personas cotizantes, se ubica entre 40 y 45 %, por lo que dicha meta parece difícil de alcanzar.

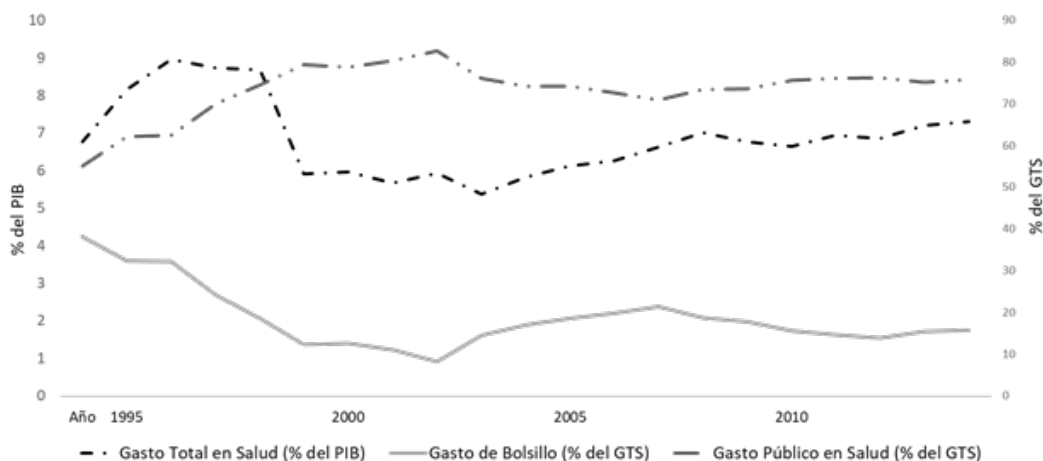


2. Acceso a los servicios de salud: se ha observado que la cobertura no es suficiente, y es necesario empezar a preocuparse por el acceso a los servicios de salud. Cuando se analizan las razones para no acceder a los servicios de salud se puede identificar tres aspectos claves: *i)* el seguro facilita el acceso, las personas afiliadas acceden más a los servicios de salud; *ii)* la falta de ingresos no es una gran limitante para el acceso de las personas afiliadas al seguro de salud y *iii)* predomina el no acceso por «necesidad percibida». De esta manera, si bien el sistema de salud ha cumplido con la cobertura universal del aseguramiento aún tiene la deuda de cumplir la promesa en términos de acceso a los servicios en salud.

3. Mercados en salud: se ha analizado particularmente el mercado de las Empresas Promotoras de Salud (EPS) en Colombia, algunos de los hallazgos principales son: se ha depurado significativamente el número de EPS, es decir, estamos terminando por donde debimos empezar ya que la ley permitió en que en un inicio se creara un número ilimitado de EPS de manera equivocada; las EPS públicas no prosperaron y actualmente predominan las EPS de carácter privado.

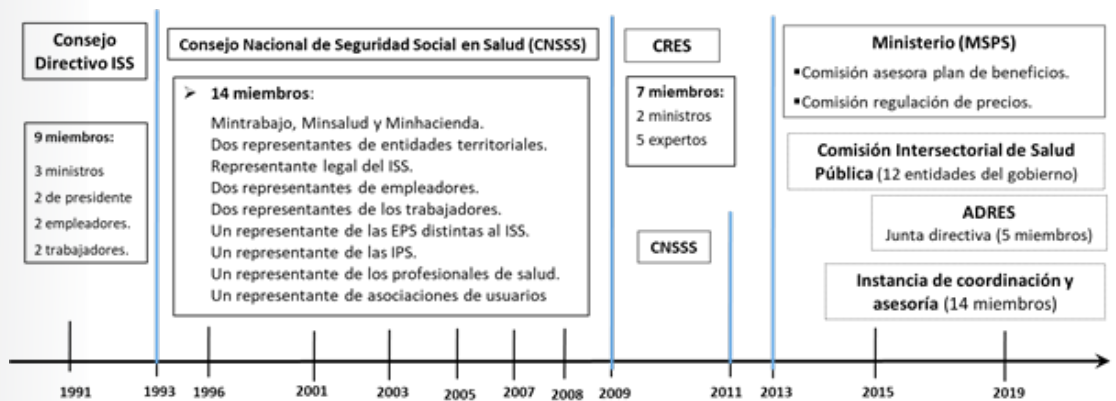
Adicional al mercado de las EPS, se han realizado algunos análisis de oferta y demanda de la consulta preconcepcional, servicios de salud bucal, trasplantes de células hematopoyética, entre otros.

4. Financiamiento: se ha observado una recomposición del gasto en salud con carácter fundamentalmente público, lo cual resulta coherente con los objetivos de cobertura universal. De esta forma, se ha observado que mediante el seguro de salud, las EPS y el sistema pagan por los servicios de salud, lo que permite tener un bajo gasto de bolsillo y garantizar la protección financiera de los colombianos. Sobre este tema, el GES ha adelantado diferentes proyectos referentes a la sostenibilidad financiera, gasto en salud y la prioridad de la salud en Colombia, gasto y presupuesto para la atención de cáncer, gasto en la pandemia por covid-19, entre otros



5. Instituciones y gobernanza: se ha observado que la evolución de los diferentes organismos de dirección del sistema de salud ha tenido tanto avances como retrocesos respecto a las funciones o propósitos de regulación, financiación y concertación. A partir de 1994 hasta la fecha se ha contado con tres organismos diferentes, dicha inestabilidad ha cuestionado la autonomía e independencia de estos organismos generando pérdida de legitimidad en los actores del sistema. De esta forma, se requiere una reingeniería para fortalecer rectoría y gobernanza, con un menor número de entidades administradoras por territorio y una rectoría estatal más fuerte. Así se puede mejorar también la eficiencia, el acceso con calidad y los resultados en salud

Gobernanza del sistema de salud: Puntos nodales



Temas coyunturales

6. Ciudad saludable: el GES en cooperación con la Secretaría de Salud de Medellín lanzó el libro *Medellín y el sueño de ciudad saludable: una ciudad para vivir más y mejor*, con los resultados de una investigación realizada entre 2013 y 2014 sobre el Planteamiento teórico y aproximaciones empíricas sobre el concepto de Ciudad Saludable al caso de Medellín. A partir de este libro, se realizaron otros análisis sobre ciudades saludables a nivel internacional, nacional y su relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) como se muestra en el Observatorio 32.

7. Corrupción: desde el año 2017 el GES se dedicó a analizar temas sobre corrupción en salud en conjunto con Fundación Internacional y para Iberoamérica de Administración y Políticas Públicas (FIIAPP), de este proyecto desprenden algunos mensajes claves como la percepción de la corrupción como muy alta, la tolerancia y aceptación a la corrupción, la brecha entre la percepción y la experiencia no es tan grande como se creía, baja denuncia y poca efectividad, entre otros que se detallan en el observador 36. Además, en el 2020 se desarrolló la encuesta «Gobernanza en el sistema de salud», dirigida a los líderes del sistema de salud, y se encontró que la mayoría de los participantes (72 %) declararon que la corrupción es uno de los principales problemas del sistema.

8. Pandemia: durante la pandemia se realizaron varias actividades relacionadas con el tema. Se realizaron cuatro publicaciones en el observador del GES durante el año 2020 relaciona-

das con el covid-19 analizando la situación a nivel internacional y regional. Además, se publicó el Observatorio 39 dedicado al tema del covid-19 en el que se presentó la situación regional en el país, un contexto en los países de América Latina y los resultados de dos encuestas y algunos eventos realizados. En ese sentido, el GES adelantó tres encuestas relacionadas con el covid-19: «Salud y economía ante la pandemia»; «IPS de Colombia en medio de la contingencia del Covid-19»; y «La economía de los hogares colombianos ante la pandemia».

En la primera encuesta, realizada en mayo de 2020, se lograron evidenciar algunos hallazgos relevantes como: el dilema entre salud y economía, los riesgos para la salud relacionados con el deterioro de la calidad de vida y el aumento de enfermedades crónicas descuidadas por el covid-19, afectaciones sobre la salud mental, reducción del ingreso y consecuencias en la calidad de vida, la desigualdad y vulnerabilidad de los hogares de más bajos ingresos, desacuerdos sobre medidas sanitarias, y preocupación por la transparencia e integridad del sistema en esta situación.

La segunda encuesta fue diligenciada en julio de 2020 por seis IPS, y ante el bajo número de respuesta asumieron los resultados para plantear algunas hipótesis sobre lo que podía estar pasando con la situación financiera de los hospitales públicos y privados del país. Un aspecto a destacar es que el nivel de complejidad constituye un factor determinante en los ingresos y la operación de las IPS. Las IPS podrían presentar desequilibrios financieros producto de la disminución de sus ingresos y los gastos constantes y aunque se beneficiaron con algunas medidas, sentían que los esfuerzos eran insuficientes. Además, pedían mayor acompañamiento, como apoyo técnico y económico, por parte del Ministerio de Salud y Protección Social y de los entes territoriales.

La tercera encuesta se realizó en abril de 2021 para conocer la situación económica de los hogares y la opinión sobre la adopción de una renta básica que ayude a cubrir gastos básicos en los hogares en donde el ingreso no es suficiente. Sobre este asunto, se preguntó también por la disposición de aportar o no a un programa como el de la renta básica. Como en los casos anteriores, fue posible plantear algunas hipótesis que se pudieron en discusión en el marco de un foro sobre políticas públicas con el Departamento Nacional de Planeación. El 40 % de los hogares reportaron que sus ingresos no eran suficientes para suplir sus necesidades básicas, cifra que subió al 88 % para quienes tienen un ingreso inferior al salario mínimo. Ahora, de no ser suficientes los ingresos para suplir las



Fotografía: Olia Danilevich en Pexel.

necesidades, más del 30 % de los hogares en esta situación reportaron requerir al menos un salario mínimo. El 51 % de los encuestados mencionan que estarían dispuestos a aportar una ayuda.

Temas nuevos

9. ODS: desde el Observatorio 32, en el que se celebraron los 15 años del OSS, se viene analizando el paso de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) a los ODS y sus implicaciones sobre la salud a nivel nacional e internacional. Actualmente, se está analizando el avance de Colombia en los ODS más relacionados con la salud, los resultados apuntan a que Colombia en comparación con otros

países de América Latina debe realizar mejora con relación a objetivos como la desigualdad, trabajo decente, crecimiento económico y la vida de los ecosistemas terrestres como se muestra en el Observatorio 38.

10. Cambio climático: el GES analizó la relación entre algunas variables ambientales como temperatura y precipitación acumulada y sus efectos sobre resultados en salud como las tasas de natalidad y mortalidad, los resultados indican que existe una relación negativa entre las tasas de natalidad y las altas temperaturas, es decir, a medida que aumenta la temperatura se reduce la tasa de natalidad. Adicional a esto, actualmente se está trabajando en analizar la relación entre variables meteorológicas con el Covid-19. Esta agenda de investigación en cambio climático y salud permitirán entender mejor los mecanismos que operan cuando ocurren eventos climáticos extremos y generar evidencia que permita guiar la política pública.

Es así como con más de 20 años, el Observatorio se proyecta para seguir aportando a la generación de conocimiento, pero también a su análisis y crítica, reconociendo que esto ha sido posible gracias a la participación de muchos. La invitación es para las nuevas generaciones, estudiantes de posgrado y pregrado, quienes tienen el reto de continuar el trabajo de investigación que el Observatorio de la Seguridad Social realiza, propiciando el diálogo permanente y fomentando el pensamiento crítico y reflexivo sobre la salud y la seguridad social, de manera que incidan en la evolución y desarrollo de futuros profesionales. ✕

Los microo

de

Imagen de virus de gripa.
Fotografía: Alejandro Piñero Amerio en Pixabay.

rganismos: un mundo revelaciones

Ligia Luz Corrales García

Ingeniera de alimentos, magíster en Biotecnología y doctora en Ciencias Bioquímicas.

Docente de la Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Alimentarias, Universidad de Antioquia.

Convivimos con ellos todos los días, están en todas partes: los microorganismos están presentes en la tierra de los zapatos y hasta en lo más profundo de nuestro ser, o sea en nuestros intestinos. Los asociamos con algo negativo, pero la ciencia nos ayuda a conocer su potencial en diferentes áreas como la salud y la industria, por eso es necesario conocer sus paradojas y las verdades que la ciencia ha descubierto sobre estos seres microscópicos.



E

n el año 1676 sucedió algo sorprendente que, de alguna manera, cambiaría el mundo: el holandés Antonie van Leeuwenhoek, utilizando microscopios contruidos por él mismo, observó por vez primera algo absolutamente desconocido: el mundo de los microorganismos.

Leeuwenhoek (1632-1723) fue un comerciante holandés de telas, aficionado a fabricar lentes y que pasó a la historia por sus excepcionales descripciones del mundo microscópico. Lo que él, en su momento, llamó «animálculos», son lo que hoy conocemos como protozoos y bacterias. Fue el primero en ver los glóbulos rojos y los espermatozoides.

Antes de 1676, los seres vivos más pequeños que se conocían eran los insectos diminutos, pero visibles. Pensar que existieran criaturas de tamaño tan pequeño que no pudieran verse, era considerado fruto de alucinaciones.

Y aquí viene otro asunto sorprendente y que podría considerarse una contradicción: en el conjunto de todos los seres vivos, los microorganismos constituyen el grupo más numeroso y, curiosamente, el menos conocido.

Científica poniendo placa de Petri bajo el microscopio.
Fotografía: ThisIsEngineering en Pexels.

Los microorganismos, que son más conocidos en el lenguaje popular como microbios, constituyen un grupo realmente muy grande del cual hacen parte las bacterias, los protozoarios, los virus, los arqueas, los priones y los viroides.

Esta podría no ser la única aseveración sorprendente, existe otra que es aún más reveladora: los microorganismos están presentes en todos los ambientes y son tan importantes que sin ellos no existirían las demás formas de vida, incluyendo la especie humana.

Si haces una encuesta sobre si los microorganismos tienen una connotación positiva o negativa, es bastante probable que el resultado mayoritario sea referido a connotación negativa. Pero un tercer hecho revelador es que no siempre la actividad de los microorganismos es negativa, perjudicial o dañina. Por el contrario, de ellos pueden obtenerse valiosos beneficios.

Y así llegamos a la última certeza: un microorganismo que, a través de siglos, ha sido conocido casi exclusivamente para un uso específico particular (por ejemplo, en alimentos), puede llegar a ser utilizado para otro fin, como en la industria farmacéutica.

Una levadura que durante siglos ha sido usada para producir cerveza, puede ser utilizada para generar el medicamento que contrarreste una enfermedad huérfana

Las enfermedades huérfanas son aquellas crónicamente debilitantes, graves, que amenazan la vida, que tienen una prevalencia menor de 1 por cada 5000 personas y que no

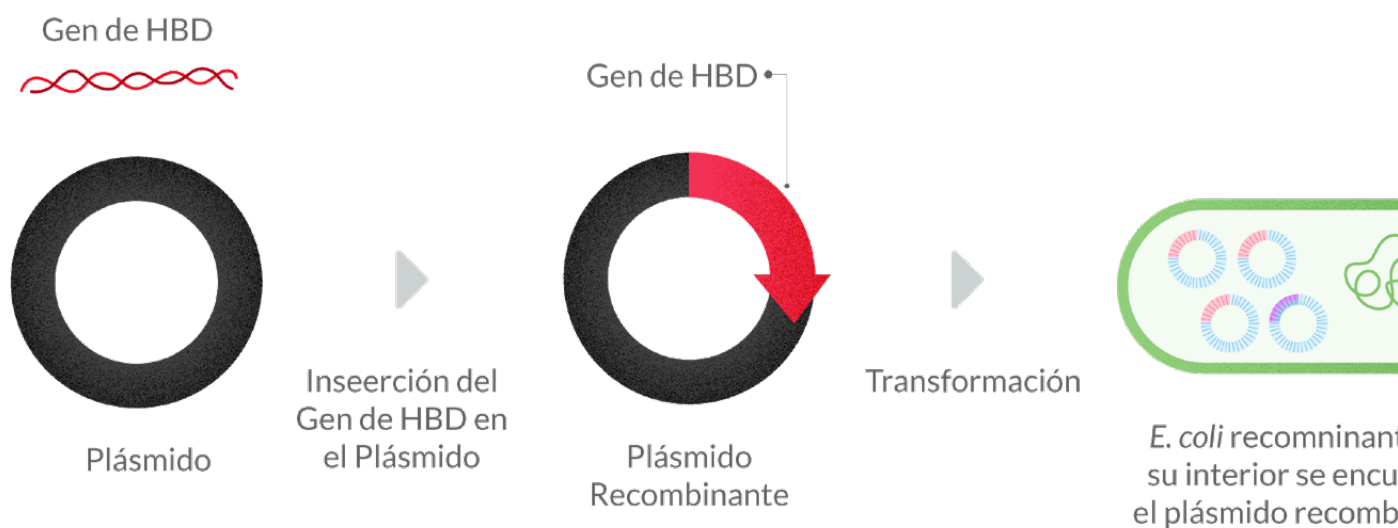
Un microorganismo que, a través de siglos, ha sido conocido casi exclusivamente para un uso específico particular, puede llegar a ser utilizado para otro fin.

tienen causa exacta conocida. En el mundo se han identificado entre 6000 y 7000 enfermedades huérfanas. En Colombia se tienen relacionadas formalmente 2149. Una de ellas es la «obesidad debida a deficiencia congénita de leptina», la cual se caracteriza por presentar hiperinsulinemia^a, hiperfagia^b, obesidad mórbida, trastornos del sistema inmune, edad ósea avanzada, hipotiroidismo hipotalámico e hipogonadismo, que provoca la ausencia de pubertad. Como los medicamentos para su tratamiento son de muy difícil consecución y altísimo costo —cerca de 5000 USD la dosis requerida por paciente/mes—, en la Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Alimentarias logramos producir la hormona leptina recombinante usando una levadura llamada *Pichia pastoris* (se lee «piquia» y de manera abreviada se nombra «*P. pastoris*»). En el futuro, esto podría facilitar la producción de medicamentos para el tratamiento de dicha enfermedad.

Una bacteria que es conocida por generar una grave enfermedad puede servir para potenciar una actividad antimicrobiana benéfica

La *Escherichia coli*, también conocida como *E. coli*, es una bacteria que se encuentra habitualmente en el intestino del ser humano y de otros animales de sangre caliente. Aunque la mayoría de las cepas son inofensivas, algunas pueden causar graves enfermedades. La infección que produce la *E. coli* generalmente se transmite por consumo de agua o alimentos contaminados, tales como carne poco cocida y leche cruda.

Pero la bacteria no solamente tiene implicaciones negativas. En los años 2010 y 2013, durante el desarrollo de los estudios de doctorado, usamos la bacteria entero-patógena *E. coli* como una «fábrica» para la producción de unos antibióticos llamados β -defensinas humanas (conocidas como HBD, y que pueden ser de tipo 1, 2, 3... hasta 31). Estos antibióticos se producen naturalmente en el cuerpo humano para ayudarlo a luchar permanentemente contra la invasión de microorganismos patógenos que siempre están a nuestro alrededor. Entonces, ¿por qué «fabricarlos» fuera del cuerpo humano si están ya en él? Porque resultaría una tarea imposible, ya que se requerirían 800 litros de hemofiltrado de sangre para extraer menos de un par de miligramos de HBD-1, o se necesitarían 50 gramos de escamas de piel de pacientes con psoriasis para obtener dos miligramos de HBD-3.



Esquema del proceso de inserción de un gen para la obtención de un plásmido recombinante. Dicho proceso permite la obtención de proteína recombinante HBD con actividad antimicrobiana sobre *Staphylococcus aureus*.

De manera que la tecnología del DNA recombinante^e nos ofrece una posibilidad para producir las HBD dentro de la bacteria *E. coli*. Para ello es necesario que introduzcamos el gen que codifica (produce) la HBD dentro de un plásmido^d; posteriormente el plásmido se introduce en la bacteria *E. coli* por medio de un proceso llamado transformación^e y estando allí adentro manipula toda la maquinaria molecular de la bacteria y la obliga a duplicar, transcribir y traducir el gen insertado en el plásmido, produciendo entre 5 y 10 miligramos de HBD por litro de cultivo, y este producto logra impedir el crecimiento de microorganismos patógenos peligrosos, como *Pseudomona aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Mycobacterium tuberculosis*, entre otros. Por este trabajo, que conlleva la paradoja de «utilizar una bacteria para producir un antibacteriano», el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial concedió en 2017 la patente «Uso de péptidos recombinantes y sintéticos como antibióticos contra *Mycobacterium tuberculosis* y otras bacterias patógenas».

Estas investigaciones nos sirven para reafirmar que no siempre la actividad de los microorganismos es negativa, perjudicial o dañina. Por el contrario, de ellos pueden obtenerse valiosos beneficios y lograr que un microorganismo que, a través de siglos, ha sido conocido casi exclusivamente para un uso específico particular, puede llegar a ser utilizado para otro fin.

Glosario

^a **Hiperinsulinemia:** significa que la cantidad de insulina en la sangre es mayor a la normal.

^b **Hiperfagia:** término que proviene del griego *hiper-* (abundancia, exceso) y *-fagia* (comer). Es una situación caracterizada por un aumento excesivo de la sensación de apetito, lo que conduce a ingestas descontroladas de alimentos sin razón aparente.



^c **DNA recombinante:** es el conjunto de técnicas que permiten aislar un gen de un organismo para su posterior manipulación e inserción en otro diferente. De esta manera podemos hacer que un organismo (animal, vegetal, bacteria, hongo) produzca una proteína que le sea totalmente extraña.

^d **Plásmidos:** moléculas de DNA circular que se replican de manera autónoma y se transmiten durante la duplicación celular. Son independientes del DNA cromosómico. Los plásmidos contienen, en general, uno o varios genes de interés y un gen de resistencia a un antibiótico, el cual permite seleccionar a las bacterias transformadas.

^e **Transformación:** la transformación genética de bacterias es un procedimiento de laboratorio por el cual se introduce material genético a una bacteria. Generalmente, el material genético insertado es conocido como plásmido (DNA circular), pero pueden insertarse otras formas de material genético, como DNA o RNA. X



—
Pensar de manera unilateral que los murciélagos, en cuanto portadores del coronavirus, son responsables de la actual pandemia, es olvidar todos los beneficios naturales que han dejado a la existencia del ser humano; y también responsabilizar, de manera indebida, a un grupo de especies por falta de un conocimiento integral sobre sus formas de vida. Mirarlo así es manifestar la incapacidad humana para asimilar que todo el entorno terrestre requiere de cuidado y preservación a fin de garantizar nuestro futuro.

Murciélagos:

estigmatizados pero indispensables
para la preservación de la vida

Danny Zurc

Bióloga, candidata a doctora en Biología, investigadora del Grupo Genética y Bioquímica de Microorganismos —Gebimic—. Docente y curadora del Museo de Ciencias Naturales de La Salle, Instituto Tecnológico Metropolitano.

Jorge Antonio Mejía Escobar

Filósofo, doctor en Filosofía. Director de posgrados e investigador del Grupo Conocimiento, Filosofía, Ciencia, Historia y Sociedad; Instituto de Filosofía, Universidad de Antioquia.

Mauricio Corredor Rodríguez

Biólogo, doctor en Genética. Docente de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y líder del Grupo Gebimic de la Universidad de Antioquia.

Phyllostomus discolor.
Fotografía por Óscar Alzate.





Histiotus montanus.
Fotografía por Óscar Alzate.

La literatura, el cine y la superstición han convertido al murciélago en un animal indeseable y rechazado, por eso, veamos a continuación cuán importantes son todas las especies de estos mamíferos para la supervivencia humana. Todos los países del mundo tienen al menos una de las más de 1200 en toda la Tierra, y de todas las especies americanas solamente tres son hematófagas. Los murciélagos (la palabra española original es *mur* —ratón— *ciégalo* —ciego—) o quirópteros (en griego significa que tienen manos que a la vez son alas) pertenecen al orden Chiroptera, y son casi el 20 % de los mamíferos. Con los roedores, representan 2280 especies, siendo los dos órdenes más abundantes sobre el planeta. Y esos dos órdenes suman aproximadamente el 60 % de las especies de mamíferos sobre la Tierra.

A diferencia de los ratones, que se adaptan fácilmente a la vida de ciudad, se alimentan de la misma comida humana o usan las redes de

alcantarillado como domicilio, los murciélagos pueden llegar a habitar en las ciudades, pero con una vida casi clandestina, y, de contera, son difíciles de domesticar aunque lleguen a habitar en las casas o en las fincas. Ellos tienen, quizás, algunos de los comportamientos más peculiares entre los mamíferos de todo el planeta: gracias a la ecolocación se orientan por los sonidos, como sucede también con las ballenas y los delfines; cuando no vuelan, su cabeza está hacia abajo y sus patas hacia arriba, una posición que daría muerte casi inmediata a muchas especies de quirópteros, dado que el cerebro no soportaría la presión sanguínea. Además, es el único mamífero volador (en alemán se le llama «ratón volador»: *fledermaus*).

Para trasladarse de un lugar a otro, la gran mayoría de las especies de murciélagos vuela; también para buscar comida y refugio. Muy pocas especies bajan al suelo para cazar, otras lo hacen mientras vuelan. Sus alas son una de las partes más útiles del cuerpo, y son el resultado de su evolución animal, dado que le sirven no solo para el vuelo, sino también como morsa, ya que lo arrojan del frío en invierno o lo enfrían en verano, y lo invisibilizan frente a sus depredadores.

Desde la biología consideramos que cada especie del planeta resulta imprescindible para el conjunto de los seres vivos. Sin embargo, desde otras profesiones u oficios no siempre se ha pensado así. Aunque los murciélagos son portadores de virus que nos afectan seriamente, como la rabia, el ébola y el coronavirus, es a causa de la destrucción de su hábitat y su desplazamiento debido a la colonización humana del entorno silvestre que ellos han llegado hasta nuestras ciudades portando virus y bacterias con los que conviven sin enfermarse.

Los murciélagos son los únicos mamíferos que pueden volar y representan cerca del 20 % de todas las especies de mamíferos del planeta.

Y no es el coronavirus el virus más difundido por ellos, pues los portadores de estos virus viven aún en ambientes relativamente bien conservados, mientras que los portadores de la rabia viven desde hace tiempo en zonas cercanas a ciudades o en zonas rurales. En la actualidad, el virus de la rabia no representa un problema mayor, dado que la vacuna es bastante efectiva. Lo que sucede es que muchas poblaciones humanas probablemente jamás recibirán la vacuna a lo largo de su vida.

La polinización terrestre ha garantizado la subsistencia humana al dar continuidad a la vida silvestre, vegetal y agrícola, soportes de la adecuada nutrición de los humanos. Especies de murciélagos, aves e insectos son los principales polinizadores terrestres. En la cultura de la sociedad contemporánea resulta más sencillo, tierno, y hasta atractivo, imaginar a una abeja o a un colibrí llevando polen de flor en flor, pero los murciélagos repiten ese mismo proceso; no obstante, es invisible para nosotros ese importante aporte. Además de los murciélagos polinizadores, esto es, fecundadores de plantas, hay especies frugívoras que coadyuvan a dispersar semillas; otras especies son insectívoras, ayudando a controlar la abundancia

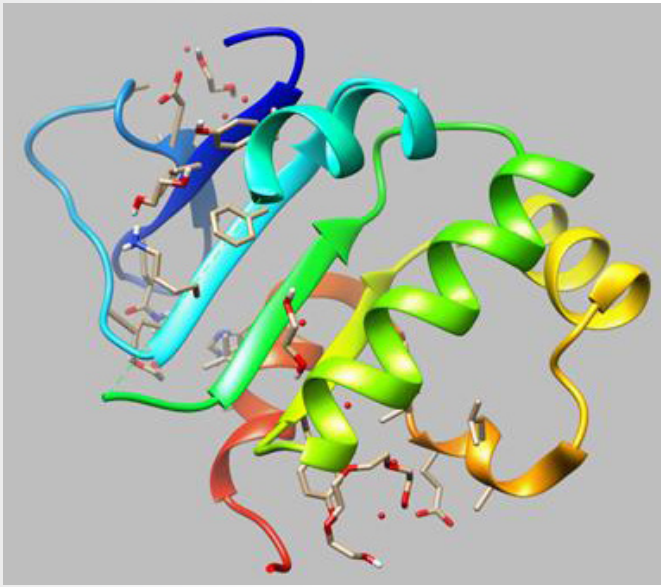


Centurio senex.
Fotografía por Óscar Alzate.

de insectos terrestres defoliadores, minadores y consumidores de plantas. Así, en los diferentes biotopos terrestres, los murciélagos prestan servicios ecosistémicos invaluable. Finalmente, un grupo más pequeño de murciélagos carnívoros atrapa gran cantidad de pequeños roedores, ardillas, peces, entre otros, lo que pone en evidencia su papel dentro de la cadena trófica, contribuyendo al sutil equilibrio entre especies y preservando el ambiente y el consumo de materia orgánica reciclada, para ser devuelta al entorno.

Nuestro grupo de investigación Gebiomic, en co-investigación con el Museo de Ciencias Naturales de La Salle del Instituto Tecnológico Metropolitano, la Red Colombiana de Seguimiento de Fauna Atropellada —Recosfa—, y en colaboración con la empresa Concesión La Pintada S. A. S., investiga sobre poblaciones de murciélagos adyacentes a la autopista Conexión Pacífico 2, para conocer la «zona de efecto carretero» que probablemente podría influir en estos animales. De esta manera se puede identificar cuáles son los impactos de estas construcciones sobre especies de este grupo de mamíferos, que probablemente se verán afectadas con el cambio del paisaje.

Una de las formas más importantes para identificar cambios significativos producidos por estas modificaciones ambientales en las poblaciones son las mutaciones *epigenéticas*. Ellas



Moléculas de citosina (color turquesa), uno de los nucleótidos de ADN que se metila por efecto epigenético (color magenta). A la derecha abajo molécula de la proteína prestina, encargada de la audición.

se pueden presentar por el cambio climático, el cambio social o el del medio ambiente. Estos cambios pueden generar una marca epigenética, conocida como *metilaciones* en el ADN, y esta induce en algunos casos a adaptaciones y en otros a mutaciones no adaptativas de una especie ante el nuevo evento o fenómeno. Las adaptaciones favorecerán la persistencia de la especie, pero, en el caso contrario, la especie se verá amenazada, poniendo en peligro su continuidad en nuestro planeta. Las infraestructuras viales, como es el caso de las vías de cuarta generación (4G), cambian totalmente el entorno natural. El ruido, por ejemplo, es uno de los principales factores de riesgo auditivo, ante este; un murciélago presentará, probablemente, adaptaciones que su ecolocación siga siendo funcional. Los atropellamientos serán otro reto que deberán superar las especies en una vía rápida de automóviles o trenes. Tanto preocupa hoy ese componente del «progreso» humano en la ocupación del planeta que ya existe una nueva especialidad llamada *Ecología de las Carreteras*.

Las metilaciones en el ADN se pueden presentar en diferentes proteínas, por eso, buscamos marcas o señales de estos cambios en proteínas responsables de la audición, como la *prestina*, lo que podría revelar cómo los cambios en el entorno afectan la adaptación debido a la drástica transformación ambiental producida por una autopista 4G. De esta forma, aportaremos al conocimiento de las necesidades y requerimientos de preservación de los murciélagos en nuestros ambientes.

Los murciélagos son uno de los mamíferos indispensables para la preservación de los ecosistemas. Su protección, y la preservación de zonas silvestres habitables a ambos lados de las vías serán necesarias. Hoy se considera que en aras del desarrollo económico no se puede degradar el entorno natural porque deteriorar el medio ambiente es la peor acción que el ser humano puede realizar de cara a las generaciones futuras. ✕

Glosario

Chiroptera: orden de clasificación que agrupa a todos los mamíferos murciélagos.


Rodentia: orden de clasificación que agrupa a todos los mamíferos roedores.

Ecolocación: sistema de orientación basado en la transmisión de las ondas sonoras, que permite identificar un objeto en la distancia gracias al choque y devolución de ellas.

Epigenética: área de la genética que estudia los cambios en el ADN y la expresión fenotípica sin modificar la secuencia del ADN. Entre los mecanismos epigenéticos más estudiados se encuentra las metilaciones sobre ácidos nucleicos y proteínas.

Servicios ecosistémicos: son los beneficios que los ecosistemas aportan a las especies vivientes, entre ellas al ser humano. El daño a los ecosistemas interrumpe esos beneficios.

Prestina: proteína esencial en todos los mamíferos para la amplificación de las ondas sonoras en el oído. En el ser humano se encuentra en el cromosoma 7.



Reacciones químicas a pequeña escala:

una gran estrategia para la transformación del aceite de trementina

Investigadores de la UdeA y la UPB han desarrollado un reactor a escala milimétrica que permite aprovechar al máximo el aceite de trementina, utilizado en la producción de fragancias a partir de la obtención de nopol. Aquí nos cuentan cómo funciona un microrreactor y por qué este desarrollo es promisorio para la industria nacional.

Diana Carolina García Giraldo*

Ingeniera química, magíster en Ciencias Químicas, dianac.garcia1@udea.edu.co

Jorge Hernán Sánchez Toro**

Ingeniero químico, doctor en Ingeniería Química, jorgeh.sanchez@upb.edu.co

Juan David Martínez Arboleda**

Ingeniero químico, doctor en Ingeniería, juandavid.martinez@upb.edu.co

Edwin Alexis Alarcón Durango*

Ingeniero químico, doctor en Ciencias Químicas, edwin.alarcon@udea.edu.co

Aída Luz Villa Holguín*

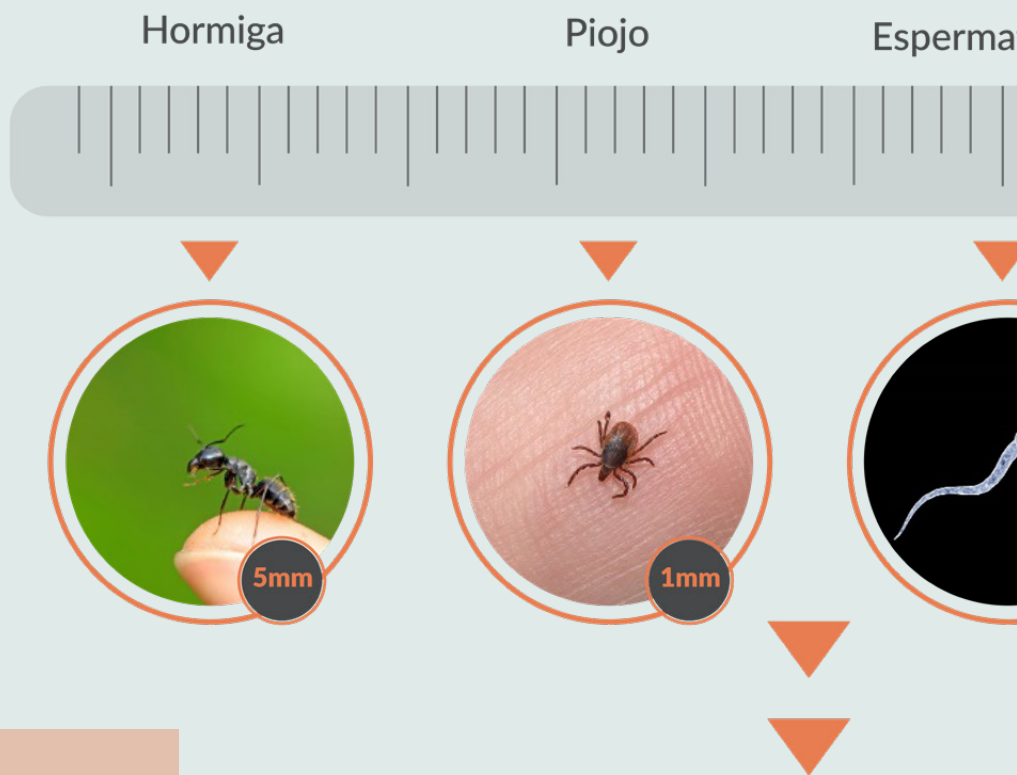
Ingeniera química, doctora en Ciencias Biológicas Aplicadas, aida.villa@udea.edu.co

*Integrante del Grupo de Investigación Catálisis Ambiental, Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia.

**Integrante del Grupo de Investigación Pulpa y Papel, Facultad de Ingeniería Química, Universidad Pontificia Bolivariana, sede Medellín.



Fotografía: cortesía del Grupo de Investigación.



S

i alguna vez te has ocupado de pintar tu casa sabrás que, además de pintura, brochas o rodillos, el disolvente es uno de los elementos que no puedes olvidar. El aceite de trementina es utilizado como disolvente de pinturas, pero también su transformación permite extraer componentes que pueden usarse en la producción de fragancias y diversos productos caseros. En Colombia se obtiene de árboles de pino en el parque Las Gaviotas, ubicado en la Orinoquía, donde la producción potencial de este aceite es de 2.3 millones de litros anuales. Sin embargo, la demanda de este en nuestro país, no solo para la producción de disolventes sino para otros de sus derivados, es mayor a la capacidad de producción; por eso una estrategia para aprovechar este recurso son las reacciones químicas.

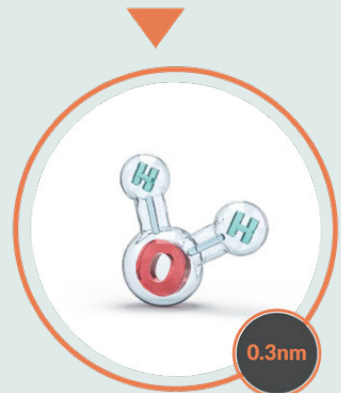
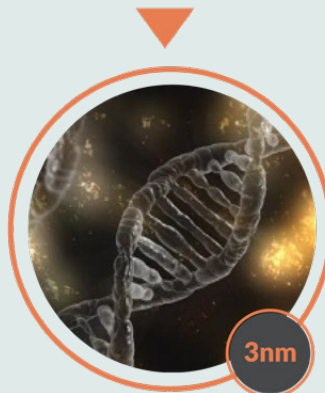
Microrreactor



Radio interno 750 micrómetros

Microscopía de la estructura de canales paralelos y forma panal de sólidos mesoporosos. Fotos: cortesía del proyecto.

tozoide Covid Molécula ADN Molécula de agua



Corte longitudinal

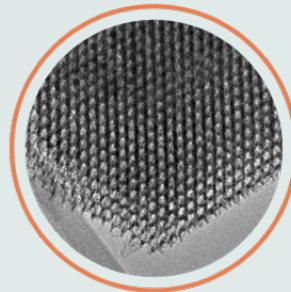
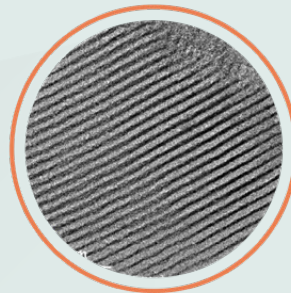


Imagen microscópica de la estructura de canales paralelos y forma panal de sólidos mesoporosos en el interior del microrreactor

Las reacciones químicas permiten transformar unas sustancias en otras, para lo cual se usan recipientes denominados reactores, que pueden ser de diferente tamaño y forma. Cuando las dimensiones son alrededor o por debajo de 1 milímetro de diámetro se les denomina microrreactores y pueden encontrarse en forma de *microchips*, microcanales de acero inoxidable o simplemente tuberías.

Las aplicaciones de los microrreactores en la actualidad son numerosas, por ejemplo, en los análisis de PCR (reacción en cadena de la polimerasa) para la prueba de COVID-19, la producción de medicamentos y en la generación de energía nuclear. Se estima que en el futuro pueda haber muchas más aplicaciones, ya que es un campo de estudio relativamente nuevo.

Cuando los reactores son de flujo continuo, como los microrreactores, se facilita la transformación bajo condiciones controladas, esto quiere decir que se obtienen productos de manera constante con una alta reproducibilidad y con la menor intervención humana posible.

Desde el Grupo Catálisis Ambiental, de la Universidad de Antioquia, y el Grupo de Pulpa y Papel, de la Universidad Pontificia Bolivariana, hemos explorado el uso de microrreactores para obtener el nopol, un alcohol de uso en la industria de aromas. Para la obtención de nopol se utiliza uno de los componentes del aceite de trementina y formaldehído que es una sustancia utilizada en la conservación de tejidos y como reactivo en las industrias que producen polímeros.

Para que esta transformación sea más rápida se utilizan sólidos denominados catalizadores. Estos materiales pueden ser metales como el estaño, oro, platino, titanio, níquel, o la misma luz. Para obtener nopol se han usado sólidos mesoporosos a los que se les ha adicionado estaño para obtener mejores catalizadores. El sólido mesoporoso tiene a nivel microscópico un arreglo tipo panal y de canales paralelos. Mediante varias etapas, los sólidos a los que se les ha adicionado estaño se soportan en las paredes del tubo del microrreactor para que cuando fluya el componente del aceite de trementina y el formaldehído se produzca nopol por la presencia del catalizador.

Los microrreactores que se han desarrollado en el laboratorio de investigación de Catálisis Ambiental son tubos de acero inoxidable de 1.5 mm de diámetro interno. En él se encuentra un recubrimiento de soporte de catalizador de tan solo 20 micrómetros, y en la superficie de este se deposita estaño. Para generar el recubrimiento de sólido mesoporoso se debe preparar una suspensión uniforme, la cual está formada básicamente por agua, sólido y aditivos. Una vez se tiene lista la suspensión es inyectada por los tubos y se retira el exceso con un flujo de aire. Este recubrimiento es tan delgado que puede ser comparado con una capa de pintura.

El microrreactor se puede observar en diferentes escalas, el tubo de acero inoxidable en una escala de 10^{-3} m (mm o milímetros), el espesor del recubrimiento en una escala de 10^{-6} m (μm o micrómetro), y por último se observa la superficie del recubrimiento de sólido mesoporoso que presenta unos canales en una escala de 10^{-9} m (nm o nanómetros). Es decir, que en este trabajo podemos encontrar tres escalas de magnitud que van desde los milímetros hasta los nanómetros.

Al implementar microrreactores en flujo continuo se requiere la incorporación de líneas de flujo, las cuales son tuberías que conducen los reactivos y productos hacia y fuera del microrreactor.

Pero en el caso de la producción de nopol es necesario incluir un paso previo a la reacción: la generación de formaldehído, el cual no se encuentra disponible comercialmente de forma pura debido a que es un compuesto muy inestable y a condiciones atmosféricas reacciona con él mismo y forma diferentes compuestos. Para generar formaldehído se requiere un cilindro que es calentado a $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ y que tiene en su interior el polímero de formaldehído.

Uno de los grandes atractivos de llevar a cabo procesos en flujo continuo es la posibilidad de conectar la salida del microrreactor por medio de líneas de flujo a sistemas que se encargan de analizar de manera continua los productos obtenidos. Estos equipos de análisis pueden indicar la concentración de la sustancia y en algunos casos identificarlas, todo esto en tiempo real, es decir, a medida que va ocurriendo la reacción.

Los resultados de la construcción, análisis y seguimiento de la reacción en un microrreactor dan pie para tener un mayor entendimiento del proceso de transformación del aceite de trementina en nopol y con la posibilidad de llevarlo a mayor escala para aumentar las cantidades de producción. Adicionalmente, se tiene mayor capacidad de entender el funcionamiento de la tecnología de microrreactores con un gran potencial para los futuros desarrollos de la industria química del país. X

Glosario

Microscopía: observación de un objeto muy pequeño bajo grandes aumentos.

Poro: cavidad de los sólidos que se presentan en diferentes tamaños (macro, meso, micro).

Sólido mesoporoso: material que a nivel microscópico presenta poros de tamaño entre 2 y 50 nanómetros.

Suspensión: mezcla heterogénea de sustancias compuesta por un sólido fino disperso en un líquido.



Ilustración: Tobías Arboleda.

La reinvencción de la mirada

Guillermo Pineda

Profesor del Instituto de Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia.

En el corto período de tiempo transcurrido entre la llegada de los europeos al continente americano y la promulgación de la ley de gravitación universal, que marca el inicio formal de la ciencia moderna, la humanidad fue testigo de la expansión sin precedentes de un mundo reducido, centrado en la Tierra y limitado por la esfera celeste, a un universo infinito e ilimitado, poblado por un sinnúmero de objetos astronómicos, entre los cuales la Tierra es apenas un grano de polvo. El auge de la navegación en alta-mar, estimulada por los procesos mercantiles relacionados con la explotación de las riquezas del nuevo continente en el mapa, demandó recursos precisos y confiables para

la navegación, lo cual propició la reforma de la astronomía asociada al nombre de Nicolás Copérnico, que se vio coronada en la obra de Isaac Newton, con la propuesta de un sencillo conjunto de leyes físicas que darían cuenta de un gran número de fenómenos observados y por observar, y, de manera notable, el movimiento de los astros.

En la realización de esta dramática transformación de la imagen del mundo, un dispositivo tecnológico inventado en Holanda, el telescopio, jugó un papel definitivo. Concebido inicialmente para fines bélicos y comerciales, tales como anticipar la llegada de fuerzas enemigas, o el arribo de un barco mercante; en manos de Galileo el telescopio habría de revelar un mundo des-

conocido, y se habría de convertir en argumento contundente en favor de la causa copernicana. La Luna, con sus cráteres y montañas; el Sol, con sus manchas; las fases de Venus; y Júpiter con sus lunas, dejaron de ser cuerpos celestes y perfectos para convertirse en cuerpos astronómicos de naturaleza similar a la de nuestro planeta, echando por tierra la cosmología escolástica. Pero, aún con la evidencia aparentemente irrefutable de las imágenes que el artificio óptico ponía a su disposición, los intransigentes se negaban a ver, y al igual que los peores ciegos, no veían aquello que no querían ver.

Situación análoga a la que se presentó con la aparición del microscopio. Porque para poder ver aquello que no es evidente y directo a nuestra percepción, no solo hay que saber qué ver, sino que hay que saber ver, tal como reza el título de la obra de la historiadora de la ciencia Laura Snyder: *El ojo del observador: Johannes Vermeer, Antoni van Leeuwenhoek y la reinención de la mirada*. En una obra profusamente documentada, Laura Snyder describe la época y los lugares que propiciaron la nueva visión del mundo, que es conocida por los historiadores como la Revolución Científica, una concepción que habría de influir en todas las esferas del conocimiento y la cultura, y, de manera muy particular, en la pintura. Con gran destreza la autora entrelaza las vidas de dos eminentes hijos de la ciudad holandesa de Delft, Johannes Vermeer (1632-1675) y Antoni van Leeuwenhoek (1632-1723), con

sus respectivas formas de ver y reproducir sus entornos mediados por innovaciones ópticas de la época, muy posiblemente con la cámara oscura, en el caso de Vermeer, y, definitivamente, con el microscopio, para Leeuwenhoek.

De ninguna manera se puede considerar que haya sido una casualidad que estos dos destacados personajes de sus respectivas artes y disciplinas científicas hayan sido no solo contemporáneos, sino también vecinos de la misma comunidad, en la llamada Época de Oro de los Países Bajos, cuando la pequeña nación europea vivió unas condiciones de abundancia y prosperidad pocas veces vista, gracias a su calidad de potencia marítima y comercial, que no solo estimulaba y fomentaba el desarrollo de las artes y de las innovaciones tecnológicas, sino que, gracias a la gran capacidad adquisitiva de sus habitantes, ofrecía un atractivo mercado para quienes se destacaran en estas actividades; porque no hay mejor abono para el florecimiento de la ciencia y el arte que la opulencia, y viceversa.

Solo en una sociedad de las características de la Holanda en su época dorada, un artista como Vermeer se podía dar el lujo de tomarse todo el tiempo necesario en lo que se describe, sin ninguna exageración, como una verdadera investigación en torno a la luz, la forma y los colores, acudiendo a diversos recursos técnicos para registrar imágenes y momentos con una extraordinaria capacidad de percepción, utilizando colores preparados en su propio taller, en lo que algunos describen como un verdadero trabajo de alquimista, mediante la utilización de pigmentos tan sofisticados y costosos como el lapislázuli, que valía más que el oro.

Prácticamente desconocida durante muchos años, la obra de Vermeer fue redescubierta y valorada gracias al advenimiento de la fotografía a mediados del siglo XIX. Por su parte, el descubrimiento de un mundo microscópico, por Antoni van Leeuwenhoek, no menos interesante, y perfectamente complementario al universo ilimitado que recientemente había descubierto el telescopio, dio un vuelco total a las teorías sobre la generación y la concepción de la vida, desvirtuando falacias como la de la generación espontánea, y haciendo claridad sobre el papel de óvulos y espermatozoides en la concepción de seres.



Solo en una ciudad como Delft se reunían todas las condiciones necesarias para que un comerciante de telas, experto en la utilización de lentes de aumento para determinar la calidad de un tejido en función del número de hilos utilizados en su fabricación, perfeccionara el instrumento, fabricando y puliendo lentes con sus propias manos hasta alcanzar el grado de magnificación necesaria para descubrir los microbios en una muestra del agua de un canal, y los espermatozoides en el semen. Y, aunque nunca publicó un libro con sus hallazgos, gracias a su participación durante más de cincuenta años como miembro de la Sociedad Real de Inglaterra, y a la correspondencia sostenida con la institución, sus descubrimientos fueron ampliamente difundidos en las *Philosophical Transactions of the Royal Transactions*; así, una vez que los interesados estuvieron suficientemente capacitados para hacerlo, pudieron ver con sus propios ojos el maravilloso mundo, cuyas puertas había abierto Leeuwenhoek para todo aquel que quisiera y pudiera verlo, porque, como decíamos al inicio, para poder ver no solo hay que querer ver, sino que hay que saber ver, y saber qué ver.

No solo como valioso documento histórico para los interesados en la génesis y la evolución de las ideas científicas y la perspectiva positiva y racional del mundo, sino también para quienes se interesan en las sutiles interrelaciones de la ciencia, la cultura y el arte, *El ojo del observador: Johannes Vermeer, Antoni van Leeuwenhoek y la reinención de la mirada*, de Laura Snyder, reseñado en estos párrafos, es un aporte de singular y destacado valor. X

Un combate de gigantes en la vida de Juan

Mario Víctor Vázquez

Químico, doctor en Ciencias Químicas. Profesor y divulgador de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Antioquia.

E

l sol ya estaba en lo alto cuando Juan salió al frente de la casa. La ida al cine de la noche anterior había modificado su rutina de ir temprano a la cama y ahora estaba sufriendo las consecuencias. Haciendo sombra con su mano pudo divisar al infaltable vecino, don José, quien lo miraba extrañado por lo inhabitual de su aparición.

Buscando protección debajo de un frondoso roble, se acercó a saludar al vecino y a contarle el motivo de su extemporánea visita.

—¿Y cuál película fuiste a ver? —preguntó el vecino, fingiendo algo de interés en la respuesta.

—Una película de mucha acción don José, una lucha de colosos; no creo que le hubiera gustado, porque son de esas con muchos efectos especiales y fantasía.



Ilustración: Tobías Arboleda.

—¿Y se puede saber quiénes eran los contrincantes? —preguntó con sarcasmo don José, mientras recogía un poco de hojas debajo del roble.

Haciendo gestos con los brazos, como si estuviera imaginariamente presentándolos, Juan contestó:

—Por una parte, Godzilla, y por la otra... ¡King Kong!

—¿Dices que película moderna?, debes considerar, mi joven amigo, que ese lagarto con cara fea apareció en 1954 y el otro señor todo peludo se hace conocido en 1932.

—Sí, pero me refiero a que la historia es toda loca, siempre que aparecen estos enormes seres terminan peleando por nosotros o para defendernos a nosotros; pero es ciencia ficción, no es para que se lo tome en serio. ¿Usted se imagina que el futuro de la humanidad dependiera de la lucha de gigantes? Qué absurdo, ¿no?

Don José no contestó inmediatamente. Con cuidado levantó el montón de hojas que había recogido y lo depositó junto a otros restos vegetales en un espacio donde preparaba el compost que luego reutilizaba en su jardín. Al regresar le devolvió la pregunta, mientras lo señalaba de manera amenazante con un dedo.

—¿Y si te dijera que en realidad nuestra vida depende muchas veces de la lucha de otros seres que pelean, como tú dices, por nosotros?

Juan lo miró sorprendido ante el inesperado comentario y esperó un momento para ver si se trataba de una de las habituales bromas de don José. Al observar que él seguía esperando la respuesta entendió que efectivamente le estaba comentando algo más serio de lo que pensaba. Para no correr el riesgo de empeorar la situación, se resignó a escuchar cuál era la historia fantásica que se avecinaba.

—Sé que piensas en algo fantásico, pero te cuento que podrías encontrar una similitud a esas cosas que ves en películas muy cerca de ti, diría demasiado cerca...

—¿Demasiado cerca?

—Totalmente, tanto que esa lucha se produce dentro de ti, dentro de mí, dentro de los seres humanos.

gama



—¿Me está hablando de una cuestión espiritual tal vez? —Arriesgó Juan.

—No, para nada, estoy hablando de un verdadero batallón de pequeños seres vivos que te mantienen vivo y saludable.

Juan lo miró sorprendido pensando que le estaba hablando de alguna metáfora con duendes y personajes fantásticos.

—Nada de personajes fantásticos —aclaró don José, como si le hubiera adivinado el pensamiento— me refiero a millones de bacterias que tienes, entre otras partes, en el interior de tu cuerpo. Bacterias que ingresaron cuando naciste, cuando te alimentaste por primera vez, y ahí están; son muchas, muchísimas, y cumplen funciones que seguramente ni te imaginas, y eso que tienes mucha imaginación —finalizó en tono de burla.

—No había pensado en eso, y ¿cuáles tan importantes funciones cumplen? —preguntó Juan, haciendo señas de comillas imaginarias con sus dedos.

—Muchas, desde ayudarte a digerir esos poco saludables atracones de comida que sueles darte; te ayudan a sintetizar vitaminas importantes para tu vida y, al igual que esos monstruos peleones, crean condiciones para evitar que otros microorganismos te invadan y te hagan daño, ¿no piensas que deberías mirarlas con más respeto?

Juan se quedó pensando y una idea graciosa le vino a la mente:

—¿O sea que estamos hablando de la famosa flora bacteriana?, sería después de todo como un jardín de bacterias...

—Algo así, pero te advierto que ni se te ocurra seguir ese camino imaginario porque ya se dónde termina —le advirtió don José, adivinando el rol que le estaría asignando dentro de poco.

Juan se detuvo y consideró mejor cambiar el curso de la conversación.

—Cuando estaba viendo la película también me acordaba de usted don

José, y no, no tiene nada que ver los monstruos o el carácter de estos —aclaró en un vano intento de suavizar la mirada del vecino—, me refiero a que siempre en estas historias se suele usar como excusa a las radiaciones como las causantes de mutaciones, de crecimientos desmesurados de estos lagartos, etc. Qué loco, ¿no? Sabiendo que solo las cucarachas son las que soportarían radiaciones...

—Me temo que otra vez mi vecino ingenuo está equivocando. Espera un momento —le dijo mientras se levantaba—, voy a buscar un libro porque estas cosas hay que darlas con datos.

Juan se quedó pensando a cuáles «cosas» se refería el viejo jardinero, quien prontamente regresó con un pequeño libro de hojas amarillas en sus manos.

—Mira, aquí está, como te parece que un ser humano no podría soportar más de 10 Gy; es una unidad de dosis de radiación absorbida, antes que preguntes —aclaró—, y que las cucarachas aguantarían hasta 200 Gy.

—Entonces yo tenía razón...

—Calma; es cierto, entre nosotros y ellas las que sobrevivirían serían ellas, pero no quiere decir que no haya otros seres que soporten mucha más radiación, y no son justamente ni lagartos, ni gorilas, ni nada de ese tamaño.

—¿Quiere decir que...? —Como temiendo la respuesta.

—Efectivamente, tenemos microorganismos como el *Thermococcus gammatolerans* y el *Deinococcus radiodurans*, que son capaces de soportar miles de Gy sin problemas. Imagínate que te tuvieras que enfrentar a estos verdaderos colosos. Ahí te dejo la tarea —dijo don José ingresando a su casa, consciente del impacto causado.

A pesar de la hora, por alguna extraña razón a Juan se le fue el apetito. Se sentó en un sillón de la sala mirándose el abdomen e imaginando un mundo extraño debajo de la piel. Tuvo entonces una extraña sensación: una mezcla entre sentirse muy acompañado, pero algo indefenso a la vez. Con esa sensación quién podría tener apetito. X



EL ALKIMISTA

Vigilando las bacterias resistentes

En el año 2015, la Organización Mundial de la Salud crea el Sistema Mundial de Vigilancia de la Resistencia y Uso de Antimicrobianos —GLASS, por sus siglas en inglés—. En el año 2021 ya se habían vinculado a este sistema 109 países y territorios de todo el mundo (Colombia aún no se ha incorporado). Este trabajo de vigilancia permite analizar el efecto de la resistencia antimicrobiana en cada región, así como el impacto que esta resistencia puede causar en la cadena alimentaria y el medio ambiente.





La piel no solo sirve para cubrir el cuerpo

La piel es un órgano con un cierto grado de porosidad, lo cual es importante para la regulación de la temperatura, por ejemplo, a través del sudor. Esta característica se aprovecha también para el uso de los parches transdérmicos que liberan de manera controlada y sostenida determinados fármacos.

En algunos animales, como lombrices de tierra y anfibios, la piel es lo suficientemente delgada para permitir el intercambio gaseoso, por lo que respiran a través de ella, y en algunas condiciones pueden absorber la humedad del suelo sin necesidad de beber.

El vino visto más allá de una simple bebida

La producción de vino se remonta a muchos milenios en la historia. Como uso medicinal fue empleado como antiséptico para el tratamiento de heridas. Al añadirle hierbas con propiedades medicinales mejoraba el efecto de estas (gracias al mejor poder extractivo del alcohol respecto al agua), por lo cual también se empleaba como medicina para tratar distintos tipos de enfermedades, al igual que sucedería posteriormente con bebidas destiladas con mayor contenido de alcohol que el vino. La extracción de principios activos macerando vegetales en alcohol es conocido en farmacología como tinturas.



Luz, aire y temperatura: la receta de los espejismos

Un caso curioso de espejismo es el conocido con el nombre de Fata Morgana (nombre italiano relacionado con Morgan le Fay, media hermana del rey Arturo y hada hechicera, según la leyenda).

En este caso particular la temperatura del aire cercano a la superficie del mar tiene una temperatura inferior a la de la zona superior. Esto produce visiones de zonas costeras o de barcos con la impresión de estar flotando en el aire.

La primera referencia a este tipo de refracción data del año 1818 en el estrecho de Messina, entre Calabria y Sicilia.



X

16

Para investigadores:

Si haces investigación en la Universidad de Antioquia y quieres divulgar tu trabajo, puedes postular un artículo a la revista *Experimenta*.

- Buscamos artículos o reportajes gráficos que divulguen el resultado o avance destacado del trabajo de un investigador, un grupo de investigación o una asociación de grupos de la Alma Máter. No es una revista de difusión científica, sino una publicación de ciencia e investigación para un público general
- Si no estás afiliado a la UdeA, pero participas en una investigación con alguno de nuestros grupos, también puedes presentar tu artículo.
- El lenguaje debe ser sencillo y comprensible, dirigido a un público general (especialmente jóvenes), para contarles los objetivos, el proceso, los hallazgos y los resultados o impactos de tu estudio.
- El artículo deberá utilizar recursos que les permitan a las personas comprender un tema desde su propia vivencia. Usa ejemplos y casos que relacionen la investigación con la vida cotidiana. También puedes usar cifras y datos de contexto que le den cercanía o universalidad a nuestros estudios científicos.

Si requieres asesoría o mayor información, no dudes en contactarnos al correo revistaexperimenta@udea.edu.co. Te acompañaremos en todas las etapas de la generación de un artículo, para que tu investigación sea conocida y comprendida por muchas personas.

Para lectores:

Si te interesan nuestros temas y quieres recibir la revista en su institución —no importa que no estés afiliado a la UdeA—, regístrate, y te la haremos llegar. Envíanos un correo electrónico a revistaexperimenta@udea.edu.co con:

- Nombre
- Dirección de la institución, domicilio u oficina
- Nombre de la institución donde trabajas o estudias
- Carrera, curso o área del conocimiento a la que perteneces.




EXPERIMENTA



www.udea.edu.co

#UdeACiencia

 **@UniversidadDeAntioquia**

    **@UdeA**