

SUPERBACTERIAS CONTRA ANTIBIÓTICOS

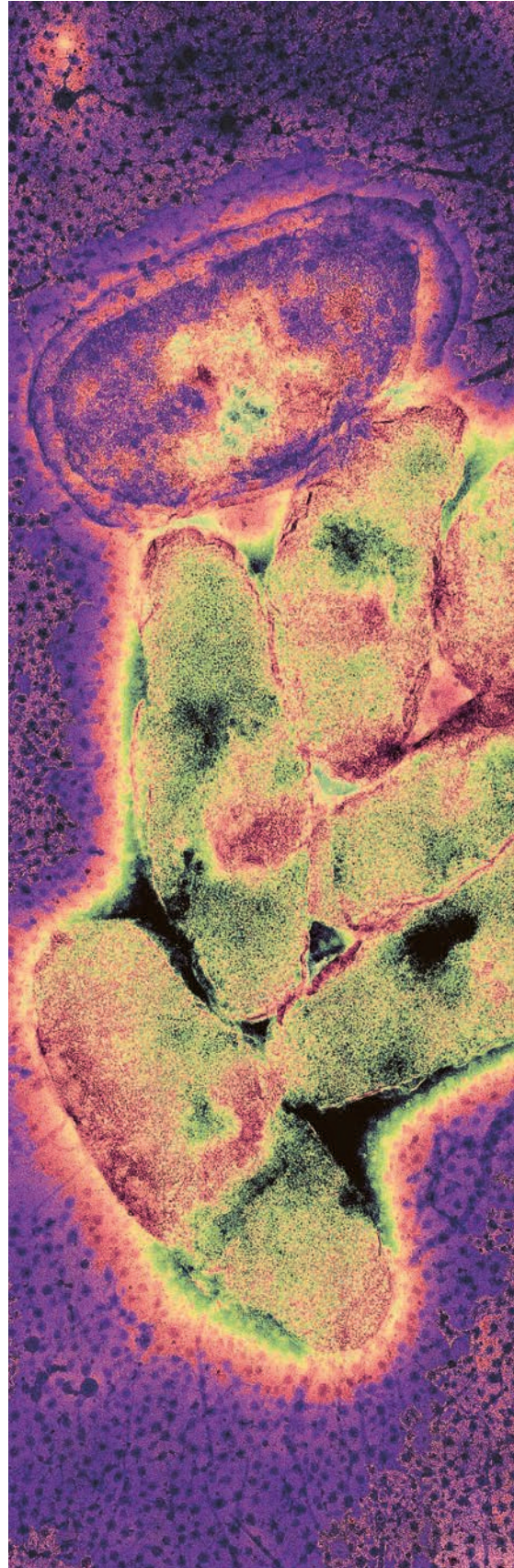
Alejandro Benítez Guzmán y Vladimir Morales Erasto

Ayer escuché a una niña comentarle a su papá sobre el video de un tiktok en donde se mencionaba el término *superbacterias*. Puede que la niña, que las imaginaba como superheroínas con antifaz y capa, no estuviera equivocada del todo, pues en el universo de los microbios las superbacterias son organismos capaces de resistir todos los antibióticos disponibles hasta hoy.

En los últimos años hemos visto en el mundo aumentar la resistencia a los antibióticos, que son sustancias que combaten infecciones causadas por bacterias, ya sea dificultando su crecimiento y su multiplicación, o eliminándolas. La resistencia a los antibióticos, entonces, es la capacidad que tienen las bacterias para evadir el efecto que ejercen dichas sustancias en su contra. Las bacterias —y en esto sí se equivocaba la niña— no obtienen su resistencia a la manera de los personajes de historietas, sino por la transferencia de material genético entre ellas, un mecanismo que a nivel celular permite la evolución de todas las formas de vida.

Las superbacterias, en resumen, son producto de la evolución. Surgen por el constante enfrentamiento con los antibióticos en el ambiente, lo cual genera que, por selección natural, las poblaciones bacterianas más resistentes sobrevivan y aumenten en comparación con otras, gracias a la adquisición de material genético asociado a dicha capacidad.

Micrografía electrónica de bacterias del intestino. Welcome Collection © ▶





Carl-W. Röhrig, Ilustración del efecto de la penicilina sobre la bacteria *E. coli*, 2017 ©

El proceso anterior involucra principalmente la transmisión de genes alojados en los “elementos genéticos móviles”, entre los que se encuentran los *plásmidos* (moléculas de ADN circular autorreplicables) y los *transposones* (pequeñas secuencias de ADN que llevan información genética capaz de autorreplicarse y moverse dentro del mismo material genético). Además, existen elementos genéticos llamados *integrones*, potencialmente móviles y capaces de integrar y expresar genes de resistencia a los antibióticos.

La transferencia de estos elementos entre diferentes bacterias se rige principalmente por tres mecanismos: *conjugación* (transmisión

de material genético de una célula a otra mediante contacto directo entre ambas), *transformación* (absorción o incorporación de ADN que se encuentra en el ambiente) y *transducción* (transmisión de material genético a través de virus). Cada uno de ellos juega un papel importante en la adquisición, acumulación y diseminación de genes de resistencia a antimicrobianos en bacterias.

Muchos investigadores estudian los mecanismos y la distribución de la transferencia de este material genético entre bacterias: elementos genéticos móviles, cepas bacterianas y genes de resistencia. Algunos grupos evalúan el efecto del tratamiento con antibióticos bajo

condiciones de laboratorio (cultivos *in vitro*) o al administrar tratamientos en animales en laboratorios bajo condiciones subterapéuticas. Diversos estudios concluyen que, bajo estas condiciones, las bacterias activan genes relacionados a la resistencia que podrían favorecer el intercambio de este material genético. Por ejemplo, se cree que mediante la conjugación aumenta la expresión de genes a transferir de dos a ochenta veces, lo que induce a un mayor número de eventos relacionados con la transferencia.

Aunque los procesos antes mencionados ocurren a nivel microscópico y entre las propias bacterias, vale aclarar que estos organismos no están solos. De hecho, interactúan con todos los seres vivos del planeta y se encuentran en todos los ecosistemas. Por ejemplo, las bacterias son necesarias para el crecimiento de las plantas porque participan en la fijación del nitrógeno, solubilizan minerales como el fósforo y el potasio y producen fitohormonas. En los animales, colonizan desde la piel hasta el tracto digestivo, y en el caso específico de los rumiantes (vacas, ovejas, cabras, etcétera) son responsables de la síntesis de ener-

sar en la importancia de las bacterias con resistencia a los antimicrobianos.

Gracias al descubrimiento de la penicilina por Alexander Fleming en 1928, se logró salvar una gran cantidad de vidas. Sin embargo, apenas doce años después se describieron las primeras cepas de *Staphylococcus* resistentes a este antibiótico. Luego, en 1959, se introdujo la meticilina, pero al año siguiente se reportaron cepas capaces de resistirla. Algo similar sucedió con la vancomicina, introducida en 1958 para el tratamiento de los microorganismos resistentes a meticilina y frente a la cual se verificó resistencia veinte años después. Con la tetraciclina y la levofloxacina ha ocurrido lo mismo. También se han encontrado cepas resistentes a múltiples antibióticos (llamadas cepas *multidrogoresistentes*), detectadas al principio en infecciones dentro de hospitales y después en otros ambientes. En la última década ha habido reportes de bacterias resistentes a todos los antibióticos que existen en la actualidad: las *superbacterias*. Es importante mencionar que la resistencia no es exclu-

El gran desarrollo de nuevos antibióticos que logró la comunidad científica entre 1960 y 1980 no ha hecho más que disminuir.

gía mediante la degradación de las plantas que estos ingieren para desarrollar sus funciones vitales. En los humanos ocupan un espacio físico considerable, incluso se estima que un kilogramo del cuerpo humano lo conforman las que habitan en nuestra piel, boca e intestinos. Con tal cantidad de microorganismos que hay sobre nosotros, dentro de nosotros, debajo de nuestros pies y hasta en el aire, es lógico pen-

sar de las bacterias. También los virus, parásitos y hongos pueden desarrollarla. Es por eso que se adoptó el nombre de *supermicrobios* para englobar a todos los microorganismos resistentes a los antimicrobianos (incluyendo los antibióticos, antivirales, antiparasitarios y antifúngicos).

El gran desarrollo de nuevos antibióticos que logró la comunidad científica entre 1960

y 1980 no ha hecho más que disminuir. A su vez, ha aumentado la utilización indiscriminada de estos medicamentos, por ejemplo, en la alimentación de los animales para consumo humano, en la prevención de signos clínicos relacionados con infecciones respiratorias y digestivas, y en procesos quirúrgicos. Ambas realidades han fomentado un ambiente propicio para que las bacterias se adapten y generen un grave problema de salud pública que actualmente es considerado una “pandemia silenciosa”. Según la Organización de Naciones Unidas, alrededor de 700 mil personas mueren cada año en el mundo por infecciones generadas por microorganismos resistentes a los antibióticos y se estima que en 2050 la cifra podría aumentar a 1 millón anuales, hasta convertirse en la primera causa de muerte a nivel global. De hecho, la Organización Mundial de la Salud, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y la Organización Mundial para la Salud Animal crearon la *Semana de concientización sobre el uso de los antimicrobianos* (del 18 al 24 de noviembre) con el objetivo de informar a la población sobre la resistencia a los antibióticos. México, por su parte, creó una *Estrategia Nacional de Acción contra la Resistencia a Antimicrobianos*.

Es evidente que la aplicación de antibióticos en la práctica clínica, así como en la cría de animales, está relacionada con el desarrollo y la propagación de la resistencia de las bacterias; sin embargo, la reducción de su uso no implica necesariamente que el proceso se invierta. En la actualidad, los esfuerzos por combatir la resistencia a los antimicrobianos están encaminados a mejorar el diagnóstico, la prescripción y las estrategias de prevención de infecciones. Algunas innovadoras metodo-

logías para el tratamiento de enfermedades causadas por este tipo de microorganismos incluyen nuevas formas de administración de antibióticos (como nanoportadores), el aumento de concentraciones microbianas efectivas dentro de las células bacterianas o la manipulación genética de las bacterias para inhibir sus mecanismos de resistencia. Asimismo, se plantean y desarrollan metodologías dirigidas a tratamientos que no incluyan antibióticos, como la aplicación de anticuerpos monoclonales o la utilización de bacteriófagos para combatir enfermedades. Además, el uso de vacunas y estrategias de modulación de la respuesta inmune, o de probióticos que prevengan de la colonización o infección por patógenos resistentes a múltiples fármacos, podría disminuir la recurrencia de estas enfermedades causadas por microorganismos resistentes.

Volviendo a la niña, me hubiese gustado mencionarle que podía tener razón, que los poderes de estas bacterias se transmiten mediante la transferencia de información genética con algunas de sus congéneres que sobrevivieron a los ataques de sustancias químicas llamadas *antibióticos* y lograron transmitir esa resistencia a sus nuevas generaciones. Pero en el mundo de los humanos, en vez de considerarlas como superheroínas, las consideramos villanas, organismos peligrosos que provocan enfermedades en animales y humanos. Sin embargo, la mayor parte de las personas no son conscientes de que ellas mismas propician la aparición de estas superbacterias debido al uso indiscriminado de los antibióticos, y que lo único que hacen las bacterias es, como el resto de los organismos, asegurarse de perpetuar su especie. Su intención no es causar daño, sino sobrevivir. **U**