



A30 CULTURA

Viernes 23 de febrero de 2024 EL UNIVERSAL

## Proyecto UNAM

**Buscan imagen de las 'entrañas' de la pirámide de Kukulcán**

Un grupo de investigadores del Instituto de Física de la UNAM participa en el proyecto internacional NAIM (siglas en inglés de Neotectónica para Usos Arqueológicos No Invasivos), por medio del cual se espera obtener, con la ayuda de detectores de rayos cósmicos, la "radiografía" de la pirámide de Kukulcán (conocida también como El Castillo), en la zona arqueológica de Chichén Itzá, Yucatán, es decir, la imagen de sus "entrañas", y comprobar la existencia de alguna cámara oculta en la segunda subestructura, por debajo del emblemático edificio.

**Participan en descubrimiento de nueva especie de lagartija en Chiapas**

Adrián Nieto Montes de Oca e Israel Solano Zavala, investigadores de la Facultad de Ciencias de la UNAM, participan recientemente en el descubrimiento de una nueva especie de lagartija en Chiapas. Se trata del dragoncillo de Coapilla (*Abronia coapilla*), que en endemismo de México y del cual se tiene registro de tan sólo cinco ejemplares.

### Método para favorecer la administración de fármacos

María José Bernad Bernad, académica de la Facultad de Química de la UNAM, y su equipo de colaboradores desarrollan un novedoso método para favorecer la administración de fármacos y su efecto mediante el uso de una sencilla estructura denominada *liposoma*. Además de tener un bajo costo, esta arcilla se degrada en el organismo y no produce ningún tipo de toxicidad.

A esta conclusión llegó un grupo de investigadores de las universidades de Zhejiang, en China, y de Cambridge, en Inglaterra

Por: **ROBERTO GUTIERREZ ALCALÁ**  
 @robertogutierrezalc

La resistencia de las bacterias a los antibióticos —una de las mayores amenazas hoy en día para la salud humana, la seguridad alimentaria y el desarrollo de los países, según la Organización Mundial de la Salud (OMS)— se asocia al uso indiscriminado y excesivo de este tipo de medicamentos, pero a partir de un estudio llevado a cabo recientemente por un grupo de investigadores de las universidades de Zhejiang, en China, y de Cambridge, en Inglaterra, y publicado en la revista científica *The Lancet Planetary Health*, también podría estar relacionada con la contaminación atmosférica, en específico, con las llamadas partículas PM2.5.

El estudio de estos científicos establece que las partículas PM2.5 pueden llevar no sólo compuestos tóxicos, sino también bacterias resistentes a los antibióticos. ¿Por qué? Porque si en un lugar hay un problema de defecación a cielo abierto, por ejemplo, y el crecimiento se seca y revolotea en el aire, dichas partículas pueden cargarse con las bacterias que contiene agua y ser respiradas por las personas", dice Rafael Camacho Carranza, investigador del Departamento de Medicina Genómica y Toxicología Ambiental del Instituto de Investigaciones Biotecnológicas (IIB) de la UNAM.

Ahora bien, de acuerdo con los investigadores de las universidades de Zhejiang y de Cambridge, además de bacterias, las partículas PM2.5 pueden contener el ácido desoxirribonucleico (ADN) de estas.

"Si las bacterias mueren, entonces su ADN permanece allí, y una vez que las partículas PM2.5 entran en el organismo de una persona a través de la vía respiratoria y el tracto gastrointestinal, puede haber una transferencia lateral de ADN de alguna bacteria resistente a los antibióticos, quizá ni siquiera eficazmente relacionada con las que esa persona tiene, y generar una misma resistencia en otras bacterias. Así es como los científicos tratan de explicar la correlación entre la abundancia de partículas PM2.5 y la frecuencia con la cual se han encontrado bacterias resistentes a los antibióticos en los países que proporcionaron los datos que luego ellos analizaron entre 2000 y 2018", indica Camacho Carranza.

Con todo, los investigadores de las universidades de Zhejiang y de Cambridge únicamente describen en su estudio la correlación entre las partículas PM2.5 y la resistencia de las bacterias a los antibióticos, o sea, todavía no han establecido una relación de causa-efecto entre estos dos elementos, pues les falta más evidencia médica.

**Nota:** Gracias al programa "Salud y Ambiente" del IIB, que recibe el apoyo del PAPHT de la UNAM y del CONACYT, el investigador autorizó su trabajo y sus colegas estudian la resistencia de las bacterias a los antibióticos a partir no del uso indiscriminado

# POLUCIÓN INCIDIRÍA EN RESISTENCIA BACTERIANA A LOS ANTIBIÓTICOS



Las partículas contaminantes están conformadas por polvo, polen, olores, humo y pequeñas gotas que se funden en el ambiente y que contienen sustancias químicas, gases, bacterias, etc.

modo de estos medicamentos, sino de un ecosistema bacteriano involucrado en pesticidas que produce una mutación en la bacteria como un mecanismo evolutivo.

"Hemos creado la hipótesis de que, si unas bacterias que están atrapadas dentro de una partícula contaminante que contiene un antibiótico bacteriano —es decir, un agente químico que les está matando—, podrían responder con una hipermutabilidad transitoria como lo que hemos observado y documentado con los pesticidas y así, ya tratadas, adquirir una predisposición a disminuir la resistencia a los antibióticos. Sin embargo, debemos demostrar que esto es cierto", apunta Camacho Carranza.

**Unidos resaca:** Las partículas contaminantes se dividen en cuatro grupos: PS (partículas suspendidas totales, con un diámetro de hasta 100 micras) PM10 (con un diámetro menor o igual a 10 micras), PM2.5 (con un diámetro menor o igual a 2.5 micras) y partículas ultrafinas (con un diámetro menor o igual a 0.1 micras).

Construye uno de los contaminantes atmosféricos criterio de los sistemas de monitoreo de la calidad del aire, porque se conocen sus intrusiones en la salud, y están conformadas por polvo, polen, hollín, humo y pequeñas gotas que se funden

### Altísimo costo

La resistencia de las bacterias a los antibióticos cuesta mucho dinero porque implica un costo de labor, gastos médicos, estancias hospitalarias más largas, etcétera.

"El estudio de estos científicos establece que las partículas PM2.5 pueden llevar no sólo compuestos tóxicos, sino también bacterias resistentes a los antibióticos"

en el ambiente y que contienen sustancias químicas, gases, bacterias, etcétera. "En cuanto a las partículas PM2.5, si son producto de desecho de la combustión de las gasolinas, pueden dañar las células y si contienen bacterias, pueden ocasionar infecciones. Además, son capaces de desencadenar reacciones irritantes e inflamatorias en los pulmones, así como ataques de asma y accidentes cardiovasculares en las personas más susceptibles. De ahí que la OMS recomienda a todos los países que traten de disminuir los niveles de estas partículas en sus ciudades, para evitar enfermedades e muertes prematuras", señala María Eugenia González Riquelme, también investigadora del Departamento de Medicina Genómica y Toxicología Ambiental del IIB y estacionada de la toxicidad de estas partículas.

Los límites establecidos por la OMS respecto a la media anual de partículas PM2.5 son 5 microgramos por metro cúbico, pero en la Ciudad de México, la Norma Oficial Mexicana (NOM), aprobada en 2021, es 10 el doble.

"Diversos estudios epidemiológicos hechos por nosotros y por otros grupos de investigación han arrojado evidencias de que estos niveles altos de partículas PM2.5 se asocian a un menor peso y una menor talla en los bebés que nacen en la Ciudad de México. Y, asimismo, muchos accidentes cardiovasculares y eventos cardíacos y pulmonares que ocurren en esta misma ciudad se deben también a ellos", sostiene González Riquelme.

### Dos opciones

Imma Aurora Rojas Pérez, investigadora del Departamento de Ciencias Ambientales del Instituto de Ciencias Atmosféricas y Cambio Climático de la UNAM, piensa que, por lo que se refiere al estudio de los científicos de las universidades de Zhejiang y de Cambridge, hay dos opciones: que las bacterias, con una resistencia a los antibióticos ya adquirida en el suelo, en una planta de tratamiento de aguas negras, en un fincadero de basura... se peguen a las partículas PM2.5 o bien, que las bacterias que se pegan a las partículas PM2.5 adquieran genes de resistencia a algún antibiótico presente en éstas y también las vuelvan resistentes a los antibióticos.

Actualmente, Rojas Pérez recolecta bacterias aerotolerantes de la especie *Escherichia coli* en una canal del Valle del Mezquital, para medir su resistencia a los antibióticos.

"Se debe tener en cuenta que las bacterias no sobreviven tan fácilmente en el ambiente. La radiación solar las deseca. Así pues, un elemento importante para ellas es el agua. Por eso tengo que recolectarlas entre las cinco y las siete de la mañana, cuando todavía es posible encontrar en el ambiente suficiente humedad que las proteja y les permite transportarse en la atmósfera. Creo que éste será uno de los primeros estudios en México en el que se mida la resistencia a los antibióticos en bacterias aerotolerantes."

En opinión de la investigadora universitaria, no debemos saturar a las bacterias, porque sin ellas simplemente los humanos no podríamos vivir.

"Si la *E. coli*, por ejemplo, no degradamos los alimentos. Eso sí, muchas se están volviendo muy peligrosas porque las resacas por todos lados. En la Ciudad de México viven 9 millones 240 mil personas, cada una de las cuales genera al día 350 litros de residuos que se van al drenaje. Aunque, en teoría, todo tratarían que ser tratados, sólo 30% llega a las plantas de tratamiento de aguas negras del río Toluca, permanece en contacto con el ambiente. En el fondo, los residuos posiblemente se están percolando en el acuífero. El ambiente, literalmente, está sucio, es un medio de transferencia y de conservación de bacterias resistentes a los antibióticos. Mis colegas y yo probamos 23 antibióticos en bacterias *E. coli* y vimos que 21 ya no son efectivos con algunas de ellas. Ya nada más nos quedan dos: la tetraciclina y la colistina, pero son muy caras y tóxicas. Cada vez tenemos menos opciones para los casos graves que llegan a los hospitales con multiresistencia bacteriana", afirma.

Acuerda cómo se pueden bajar los niveles de las partículas PM2.5 a microgramos por metro cúbico, Rojas Pérez manifiesta: "Para ocurrirnos a esa meta tendríamos que inventar grandes cantidades de dinero en tecnología".

● **Roberto Gutiérrez**

Continúa en siguiente hoja



## Proyecto UNAM

# POLUCIÓN INCIDIRÍA EN RESISTENCIA BACTERIANA A LOS ANTIBIÓTICOS

A esta conclusión llegó un grupo de investigadores de las universidades de Zhejiang, en China, y de Cambridge, en Inglaterra

Texto: **ROBERTO GUTIÉRREZ ALCALÁ**  
—robargu@hotmail.com—

La resistencia de las bacterias a los antibióticos —una de las mayores amenazas hoy en día para la salud humana, la seguridad alimentaria y el desarrollo de los países, según la Organización Mundial de la Salud (OMS)— se asocia al uso inadecuado y excesivo de este tipo de medicamentos, pero, a partir de un estudio llevado a cabo recientemente por un grupo de investigadores de las universidades de Zhejiang, en

China, y de Cambridge, en Inglaterra, y publicado en la revista científica *The Lancet Planetary Health*, también podría estar relacionada con la contaminación atmosférica y, en específico, con las llamadas partículas PM2.5.

“El estudio de estos científicos establece que las partículas PM2.5 pueden llevar no sólo compuestos tóxicos, sino también bacterias resistentes a los antibióticos. ¿Por qué? Porque si en un lugar hay un problema de defecación al aire libre, por ejemplo, y el excremento se seca y revolotea en el aire, dichas partículas pueden cargarse con las bacterias que contiene aquél y ser respiradas por las personas”, dice Rafael Camacho Carranza, investigador del Departamento de Medicina Genómica y Toxicología Ambiental del Instituto de Investigaciones Biomédicas (IIB) de la UNAM.

Ahora bien, de acuerdo con los investigadores de las universidades de Zhejiang y de Cambridge, además de bacterias, las partículas PM2.5 pueden contener el ácido desoxirribonucleico (ADN) de éstas.

“Si las bacterias mueren, entonces su ADN permanece ahí, y una

vez que las partículas PM2.5 entran en el organismo de una persona a través de las vías respiratoria y el tracto gastrointestinal, puede haber una transferencia lateral de ADN de alguna bacteria resistente a los antibióticos, quizá ni siquiera filéticamente relacionada con las que esa persona tiene, y generar esa misma resistencia en otras bacterias. Así es como los científicos tratan de explicar la correlación entre la abundancia de partículas PM2.5 y la frecuencia con la cual se han encontrado bacterias resistentes a los antibióticos en los países que proporcionaron los datos que luego ellos analizaron entre 2000 y 2018”, indica Camacho Carranza.

Con todo, los investigadores de las universidades de Zhejiang y de Cambridge únicamente describen en su estudio la correlación entre las partículas PM2.5 y la resistencia de las bacterias a los antibióticos; o sea, todavía no han establecido una relación de causa-efecto entre estos dos elementos, pues les falta más evidencia médica.

### Hipótesis

Gracias al programa “Salud y Am-

Continúa en siguiente hoja





biente”, del IIB, que recibe el apoyo del PAPPIIT de la UNAM y del CONAHICYT, el investigador universitario y sus colegas estudian, la resistencia de las bacterias a los antibióticos a partir no del uso indiscriminado de estos medicamentos, sino de un estrés bacteriano inducido con pesticidas que produce una mutagénesis exacerbada en las bacterias como un mecanismo endógeno.

“Hemos creado la hipótesis de que, si unas bacterias quedan atrapadas dentro de una partícula contaminante que contiene un estresor bacteriano —es decir, un agente químico que las estaría matando—, podrían responder con una hipermutabilidad transitoria como la que hemos observado y documentado con los pesticidas y así, ya mutadas, adquirir una predisposición a desarrollar la resistencia a los antibióticos. Sin embargo, debemos demostrar que esto es cierto”, apunta Camacho Carranza.

#### Limites rebasados

Las partículas contaminantes se di-

viden en cuatro grupos: PST (partículas suspendidas totales, con un diámetro de hasta 100 micras) PM10 (con un diámetro menor o igual a 10 micras), PM2.5 (con un diámetro menor o igual a 2.5 micras) y partículas ultrafinas (con un diámetro menor o igual a 0.1 micras).

Constituyen uno de los contaminantes atmosféricos criterio de los sistemas de monitoreo de la calidad del aire, porque se conocen sus impactos en la salud, y están conformadas por polvo, polen, hollín, humo y pequeñas gotas que se funden en el ambiente y que contienen sustancias químicas, gases, bacterias...

“En cuanto a las partículas PM2.5, si son productos de desecho de la combustión de las gasolinas, pueden dañar las células; y si contienen bacterias, pueden ocasionar infecciones. Además, son capaces de desencadenar reacciones irritantes e inflamatorias en los pulmones, así como ataques de asma y accidentes cardiovasculares en las personas más susceptibles. De ahí que la OMS recomiende a todos los países que

traten de disminuir los niveles de estas partículas en sus ciudades, para evitar enfermedades y muertes prematuras”, señala María Eugenia Gonsebatt Bonaparte, también investigadora del Departamento de Medicina Genómica y Toxicología Ambiental del IIB y estudiosa de la toxicidad de estas partículas.

Los límites establecidos por la OMS respecto a la media anual de partículas PM2.5 son 5 microgramos por metro cúbico; pero, en la Ciudad de México, la Norma Oficial Mexicana (NOM), aprobada en 2021, es 10, el doble...

“Diversos estudios epidemiológicos hechos por nosotros y por otros grupos de investigación han arrojado evidencias de que estos niveles altos de partículas PM2.5 se asocian a un menor peso y una menor talla en los bebés que nacen en la Ciudad de México. Y, seguramente, muchos accidentes cardiovasculares y eventos asmáticos y pulmonares que ocurren en esta misma ciudad se deben también a ellos”, sostiene Gonsebatt Bonaparte. ●

#### RAFAEL CAMACHO CARRANZA

Investigador del Instituto de Investigaciones Biomédicas de la UNAM

**“El estudio de estos científicos establece que las partículas PM2.5 pueden llevar no sólo compuestos tóxicos, sino también bacterias resistentes a los antibióticos”**

#### Altísimo costo

● La resistencia de las bacterias a los antibióticos cuesta mucho dinero, porque implica incapacidad laboral, gastos médicos, estancias hospitalarias más largas, etcétera.

“Si extrapolo los datos que se tienen de Estados Unidos a México, calculo que este grave problema nos hace perder alrededor de unos 60 mil millones de pesos al año”, comenta Camacho Carranza.

Continúa en siguiente hoja





ESPECIAL

Las partículas contaminantes están conformadas por polvo, polen, ollín, humo y pequeñas gotas que se funden en el ambiente y que contienen sustancias químicas, gases, bacterias, etc.

## Dos opciones

Irma Aurora Rosas Pérez, investigadora del Departamento de Ciencias Ambientales del Instituto de Ciencias Atmosféricas y Cambio Climático de la UNAM, piensa que, por lo que se refiere al estudio de los científicos de las universidades de Zhejiang y de Cambridge, hay dos opciones: que las bacterias, con una resistencia a los antibióticos ya adquirida en el suelo, en una planta de tratamiento de aguas negras, en un tiradero de basura..., se peguen a las

partículas PM2.5; o bien, que las bacterias que se pegan a las partículas PM2.5 adquieran genes de resistencia a algún tóxico presente en éstas y también las vuelvan resistentes a los antibióticos.

Actualmente, Rosas Pérez recolecta bacterias aerosolizadas de la especie *Escherichia coli* en una canal del Valle del Mezquital, para medir su resistencia a los antibióticos.

“Se debe tener en cuenta que las bacterias no sobreviven tan fácilmente en el ambiente. La radiación solar las deseca. Así pues, un elemento importantísimo para ellas

es el agua. Por eso tengo que recolectarlas entre las cinco y las siete de la mañana, cuando todavía es posible encontrar en el ambiente suficiente humedad que las protege y les permite transportarse en la atmósfera. Creo que éste será uno de los primeros estudios en México en el que se mida la resistencia a los antibióticos en bacterias aerosolizadas.”

En opinión de la investigadora universitaria, no debemos satanizar a las bacterias, porque sin ellas simple y sencillamente los humanos no podríamos vivir.

Continúa en siguiente hoja





“Sin la *E. coli*, por ejemplo, no degradaríamos los alimentos. Eso sí, muchas se están volviendo muy peligrosas porque las regamos por todos lados. En la Ciudad de México viven 9 millones 240 mil personas, cada una de las cuales genera al día 130 litros de residuos que se van al drenaje. Aunque, en teoría, todos tendrían que ser tratados, sólo 30% llega a las plantas de tratamiento de aguas negras; el

resto, 70%, permanece en contacto con el ambiente. En el Bordo Poniente, los lixiviados posiblemente se están percolando en el acuífero. El ambiente, llámese agua, aire o suelo, es un medio de transferencia y de conservación de bacterias resistentes a los antibióticos. Mis colegas y yo probamos 23 antibióticos en bacterias *E. coli* y vimos que 21 ya no son efectivos con algunas de ellas. Ya nada más nos quedan dos: la tige ciclina

y la colistina, pero son muy caros y tóxicos. Cada vez tenemos menos opciones para los casos graves que llegan a los hospitales con multirresistencia bacteriana”, afirma.

Acerca de cómo se pueden bajar los niveles de las partículas PM2.5 a 5 microgramos por metro cúbico, Rosas Pérez manifiesta: “Para acercarnos a esa meta tendríamos que invertir grandes cantidades de dinero en tecnología”. ● (Roberto Gutiérrez)

## Buscan imagen de las “entrañas” de la pirámide de Kukulcán

::::: Un grupo de investigadores del Instituto de Física de la UNAM participa en el proyecto internacional NAUM (siglas en inglés de Muografía para Usos Arqueológicos No Invasiva), por medio del cual se espera obtener, con la ayuda de detectores de rayos cósmicos, la “radiografía” de la pirámide de Kukulcán (conocida también como El Castillo), en la zona arqueológica de Chichén Itzá, Yucatán, es decir, la imagen de sus “entrañas”, y comprobar la existencia de alguna cámara oculta en la segunda subestructura, por debajo del emblemático edificio.



Continúa en siguiente hoja