

Hot science



¿Fauna urbana como biosensores de la salud?

Urban wildlife as biosensors for health?

Resumen

¿Sabías que algunos animales urbanos como ratas o cucarachas pueden alertarnos sobre riesgos para la salud pública? Investigadores del Instituto Politécnico Nacional utilizan tecnologías avanzadas como análisis genómicos y sensores portátiles para detectar tempranamente enfermedades zoonóticas y contaminación ambiental. Con estos métodos innovadores, animales considerados plagas se convierten en valiosos “biosensores naturales” para monitorear el bienestar humano, animal y ambiental. Este enfoque integral, llamado “Una Sola Salud”, promueve la colaboración entre científicos, autoridades y comunidades, ofreciendo soluciones concretas para prevenir enfermedades y mejorar la calidad de vida urbana.

Palabras clave: Fauna urbana, biosensores naturales, Una Sola Salud.

Abstract

Did you know that some urban animals, such as rats, pose a public health risk? Researchers at the National Polytechnic Institute (IPN) utilize advanced technologies, such as genomic analyses and portable sensors, to facilitate the early detection of zoonotic diseases and environmental pollution. With these innovative methods, animals traditionally considered pests become valuable “natural biosensors” for monitoring well-being, the ecological well-being of humans, animals, and the environment. This integrative approach, known as “One Health,” promotes collaboration among scientists, authorities, and communities, offering concrete solutions to prevent disease and improve urban quality of life.

Keywords: Urban wildlife, natural biosensors, One Health.

Francisca Villanueva-Flores*
Iliana C. Martínez-Ortiz
Javier I. Sánchez-Villamil

Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Instituto Politécnico Nacional, Boulevard de la Tecnología, 1036 Z-1, P 2/2, 62790, Xochitepec, Morelos, México.

*Autor para la correspondencia:
fvillanuevaf@ipn.mx

Introducción

Es sorprendente que más de la mitad de las enfermedades infecciosas humanas provengan de los animales. A esto se le llama zoonosis: infecciones que pasan de animales a personas. Las causan distintos patógenos (*microorganismos que pueden enfermarnos*), como bacterias, virus, hongos y parásitos. El contagio puede ocurrir por contacto directo al manipular o alimentar animales enfermos; por consumir su carne o productos derivados sin la higiene o cocción adecuadas; por la picadura de vectores (organismos como mosquitos, garrapatas o pulgas) que trasladan los gérmenes de un animal a una persona sin enfermar a ellos mismos; o por agua y alimentos contaminados. Bajo el enfoque de *Una Sola Salud*, estos riesgos se abordan de forma coordinada entre salud humana, salud animal y ambiente para prevenir la transmisión.

En las ciudades, ciertos animales (roedores, cucarachas y algunas aves) conviven con nosotros y concentran señales de riesgo sanitario y ambiental que requieren respuestas coordinadas. En biotecnología, un biosensor es un dispositivo que usa un elemento biológico (enzima, anticuerpo o ácido nucleico) acoplado a un transductor para convertir una señal biológica en una lectura útil, por ejemplo, el glucómetro enzimático o las pruebas rápidas de antígeno en papel. Con esa misma lógica, tratamos a la fauna urbana como “biosensor vivo”: su huella biológica (microbioma, parásitos y genes de resistencia) puede leerse con metagenómica y sensores portátiles para anticipar problemas antes de que se traduzcan en brotes o impactos ambientales, y hacerlo sin interrumpir la vida diaria, traduciéndolo en decisiones operativas compartidas (salud, ambiente y control de vectores).

Con ese objetivo, proponemos el enfoque de *Una Sola Salud* aplicado a la ciudad: integrar análisis genómicos/metagenómicos y sensores portátiles en escenarios cotidianos (p.

ej., mercados, rastros, sistemas de transporte y drenaje) para identificar patógenos, genes de resistencia antimicrobiana y condiciones de higiene, estableciendo flujos de datos y umbrales de acción comunes entre sectores. La Figura 1 vincula estos métodos con los determinantes urbanos del riesgo: (i) el comercio legal e ilegal de vida silvestre que converge en mercados y tianguis; (ii) el cambio climático que intensifica islas de calor, inundaciones y la dinámica de vectores en barrios; (iii) la agricultura y ganadería intensivas que abastecen a la ciudad e introducen residuos biológicos y presión de antimicrobianos en la cadena alimentaria; y (iv) la deforestación y el cambio de uso de suelo que expanden el periurbano y acercan reservorios a zonas habitadas. Estas presiones convergen en puntos críticos urbanos donde roedores, cucarachas, palomas y murciélagos actúan como biosensores: su huella biológica puede leerse con metagenómica y sensores portátiles para priorizar limpieza, inspecciones y control, reduciendo costos y tiempos de respuesta bajo un esquema de *Una Sola Salud*.



Figura 1. Determinantes urbanos del riesgo zoonótico (comercio de fauna, cambio climático, agricultura/ganaderías intensivas, deforestación/cambio de uso de suelo y resistencia a los antimicrobianos) que convergen en mercados, rastros y barrios. La fauna urbana como biosensor permite anticipar riesgos y activar medidas preventivas dentro del enfoque integral de *Una Sola Salud*.

El valor de monitorear la fauna urbana como “biosensores”

¿Puedes creer que las cucarachas, ratas y otros animales que viven en las ciudades pueden ayudar a proteger nuestra salud? En la ciudad, tanto especies invasoras (p. ej., ratas y cucarachas introducidas) como fauna local (palomas, gorriones, murciélagos) actúan como bioindicadores complementarios (especies cuyas señales se complementan para ofrecer un diagnóstico sanitario-ambiental más completo) dentro de un sistema de vigilancia de *Una Sola Salud*. Las invasoras delatan fallas de higiene y puntos críticos en cadenas de alimentos; la fauna local refleja la calidad del aire y del hábitat, disponibilidad de agua y presencia de vectores, ofreciendo una lectura más completa del entorno urbano [1].

En calidad del aire, antes las estaciones fijas ofrecían baja resolución espacial; por ello se implementó una propuesta innovadora: el uso de palomas para medir la contaminación del aire. En 2016, se realizó una iniciativa llamada “Pigeon Air Patrol” (“Patrulla Aérea de Palomas”) en conjunto con investigadores del Imperial College London. Diez palomas mensajeras portaron sensores y GPS y volaron por la ciudad durante tres días, lo cual generó datos en tiempo real y, después, catalizó una red ciudadana de sensores portátiles que mejoró decisiones de movilidad [2].

En México, en mercados y rastros se han identificado tres problemas distintos, que es importante no mezclar, y que representan un riesgo sanitario para la población: zoonosis, plagas (la proliferación de especies que viven a nuestro lado, como roedores y cucarachas, que causan daños sanitarios y económicos) y contaminación ambiental (la presencia de sustancias peligrosas o señales biológicas de riesgo, por ejemplo, genes de resistencia a antibióticos, en agua, aire o superficies) [3].

Por ello, el Laboratorio del Dr. Carlos Machaín Williams, en colaboración con CICATA Unidad Morelos y el Centro de Biotecnología Genómica (IPN), puso en marcha un proyecto

en fase inicial que “lee” las huellas genéticas (por ejemplo, de patógenos y genes de resistencia) del entorno, que aquí se presenta como caso piloto en México que integra metagenómica y sensores portátiles en mercados y rastros dentro del enfoque de *Una Sola Salud*, sin afirmar primacía por falta de evidencia pública concluyente. Se incluye aquí como caso demostrativo (prueba de concepto) para operacionalizar dicho enfoque en puntos críticos urbanos, y no como un objetivo aislado del artículo. Se emplean técnicas ómicas en lenguaje sencillo: genómica (leer el ADN de un organismo), metagenómica (leer a la vez el ADN de todos los microbios de una muestra, sin cultivarlos; un censo genético del lugar) y transcriptómica (examinar el ARN para saber qué genes están encendidos).

¿Qué se obtiene de esto para la ciudad? a) un inventario de microbios de interés sanitario del sureste mexicano como caso de estudio, b) un perfil de genes de resistencia a antibióticos (resistoma), c) mapas de puntos críticos (dónde conviene priorizar limpieza y control de plagas). y d) tableros intersectoriales para la toma de decisiones y el seguimiento de umbrales.

Con estas herramientas, se analizan cucarachas y pelo de roedores de mercados y rastros para detectar patógenos, ubicar focos y seguir marcadores de contaminación. Ejemplos reportados en otras ciudades muestran que esta lectura genética ayuda a afinar la higiene, vigilar la resistencia y focalizar acciones sin interrumpir la vida diaria. Este enfoque se enmarca en *Una Sola Salud*: coordinar datos y prevención entre disciplinas para anticipar riesgos y evitar brotes (Figura 2) [4]. En mercados: muestreo periódico de superficies y plagas; umbrales de acción (p. ej., detección de *Salmonella* spp. o genes bla_C-TX-M) activan limpieza profunda, inspecciones dirigidas y control de vectores; el resistoma guía la rotación de biocidas. En rastros: hisopados de canales, drenajes y equipos; cargas microbianas o genes de resistencia disparan correcciones de proceso y verificación sanitaria. Los datos alimentan un tablero único para Salud Pública, Protección Ambiental y control



Figura 2. Ilustración del concepto “Una Sola Salud”, que muestra cómo la salud humana, animal y ambiental está profundamente conectada. Esta visión integral promueve la colaboración multidisciplinaria para prevenir enfermedades y cuidar el planeta, recordándonos que el bienestar de las personas depende también del equilibrio entre los ecosistemas y los seres vivos con los que compartimos nuestro entorno. Imagen generada con Chat GPT-4.

de plagas, con retroalimentación continua. Este plan operativo fue el punto de partida del proyecto.

Cuidando juntos nuestro futuro

Cuidar el medio ambiente y los animales silvestres no es solo cuestión de conservación, sino también de salud pública. Si se entiende esta conexión, se protege la biodiversidad y el bienestar integral del planeta. La información que proporcionan los animales urbanos como biosensores permite a las autoridades correspondientes tomar decisiones fundamentadas para mejorar la calidad del ambiente, como restringir el tráfico en regiones altamente contami-

nadas o aumentar las áreas verdes. La Figura 3 muestra el uso de cucarachas para monitorear la salud del ambiente.

Desde la perspectiva de la salud pública, hospitales y médicos aprovechan la información generada por estos animales para fortalecer protocolos de higiene y mejorar la precisión diagnóstica, considerando enfermedades específicas detectadas en la fauna urbana local. Además, estas prácticas han impulsado importantes líneas de investigación interdisciplinaria, involucrando a expertos de diversas zonas, desde veterinaria y ecología hasta tecnología avanzada, contribuyendo al desarrollo científico y tecnológico de las ciudades [5].

Finalmente, estas iniciativas, articuladas en el marco de *Una Sola Salud*, tienen un impacto directo en las comunidades urbanas. Al informar e involucrar activamente a los ciudadanos mediante acciones de ciencia ciudadana, y al integrar datos de salud humana, animal y ambiental con protocolos de acción intersectoriales, se fomenta una mayor conciencia y un compromiso real con el cuidado del entor-

no. En definitiva, aprovechar a la fauna urbana como biosensores dentro de *Una Sola Salud* contribuye a la creación de ciudades más saludables, resilientes y sostenibles.

Conclusiones

Se han planteado ejemplos de cómo la fauna urbana funge como biosensor vivo que permite detectar en la ciudad, desde microbios

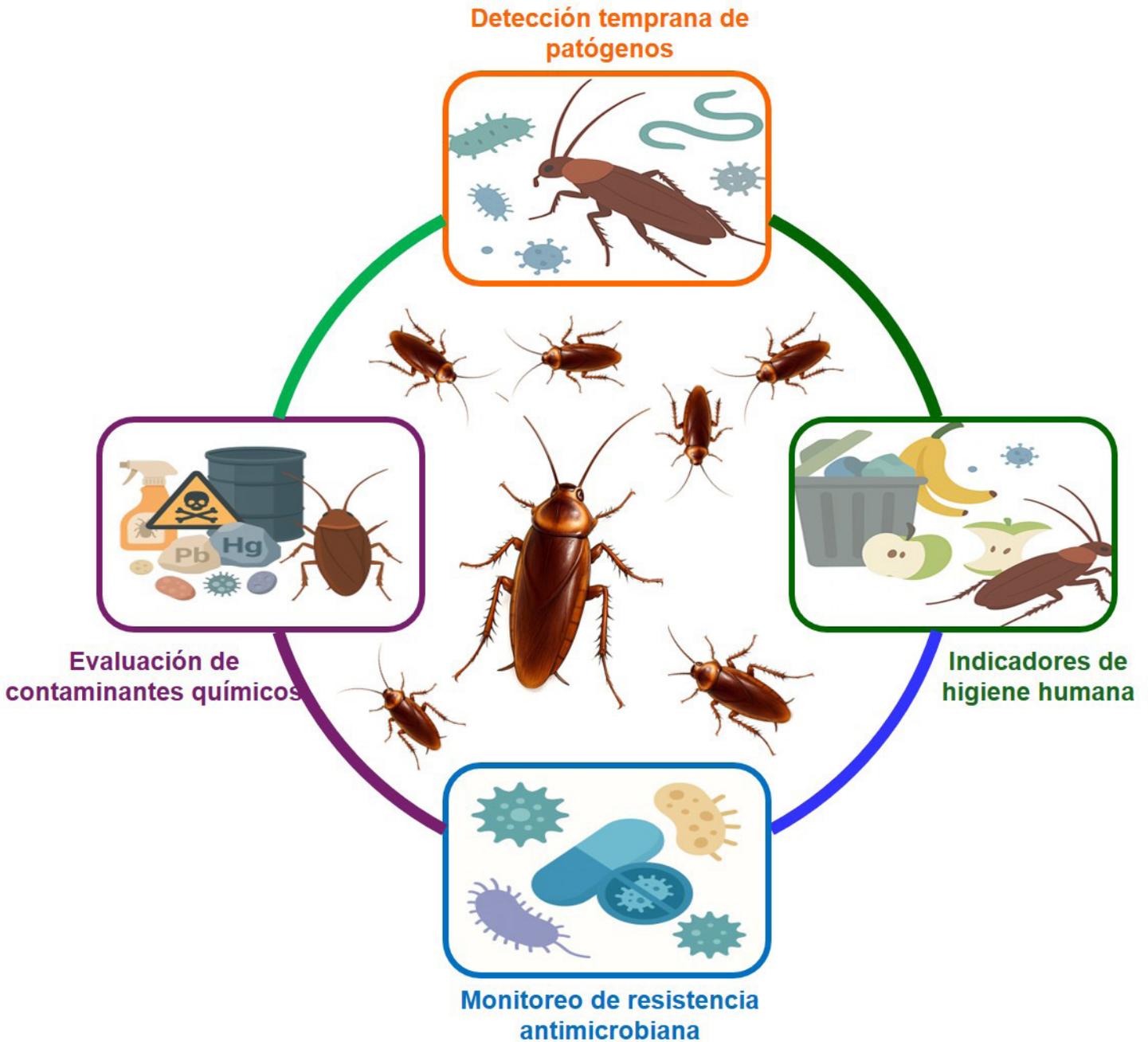


Figura 3. Las cucarachas como modelos biológicos para evaluar la salud ambiental urbana. Estos insectos funcionan como biosensores naturales capaces de detectar tempranamente patógenos, reflejar las condiciones de higiene, monitorear resistencia antimicrobiana y evaluar la presencia de contaminantes químicos, contribuyendo así a la implementación de medidas preventivas y al manejo integral de la salud pública.

hasta señales de contaminación. Al integrar pruebas genéticas y sensores portátiles en mercados y rastros, la información resultante sirve para priorizar la higiene, enfocar el control de plagas y orientar la vigilancia clínica dentro del marco de *Una Sola Salud*. Su impacto puede medirse con indicadores transparentes (dinámica de vectores, carga microbiana y resistencia antimicrobiana) y esto tiene implicaciones en decisiones operativas de salud pública.

Para consolidar el modelo se requieren protocolos comunes, integración con la vigilancia oficial, seguimiento temporal y salvaguardas éticas. Próximos pasos: definir un panel mínimo de marcadores y su frecuencia, realizar pilotos comparativos de costo-eficacia, publicar un tablero con umbrales de acción y desplegar alertas tempranas con modelos de datos. Este trabajo invita a mirar distinto a los animales que conviven con nosotros: si pueden ayudarnos a prevenir brotes y mejorar el ambiente, ¿qué cambiaría en cómo limpiamos, regulamos y convivimos en la ciudad? La salud es una sola y compartida. **iBIO**

Agradecimientos

Se agradece el financiamiento SIP20242814, SIP20250306, SIP20251096 y SIP20254781 otorgado por el Instituto Politécnico Nacional, así como el proyecto Ciencia de Frontera-2025, CBF-2025-I-1532, otorgado por la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) para la realización de este trabajo. Se declara que se utilizó la herramienta Chat GPT-4 únicamente como apoyo para la revisión ortográfica, el diseño conceptual de una figura y mejoras en la claridad del estilo de redacción en algunas secciones del texto, sin comprometer la originalidad ni el rigor científico del manuscrito.

Referencias

[1] Patel, A., Jenkins, M., Rhoden, K., & Barnes, A. N. (2022). A Systematic Review of Zoonotic Enteric Para-

sites Carried by Flies, Cockroaches, and Dung Beetles. *Pathogens*, 11(1), 90. <https://doi.org/10.3390/pathogens11010090>

[2] Won, S. (2016). Tiny sensors carried by pigeons can test air quality on the wing. *Newscientist*. <https://www.newscientist.com/article/2080835-tiny-sensors-carried-by-pigeons-can-test-air-quality-on-the-wing/>

[3] Panti-May, J. A., De Andrade, R. R. C., Gurbel-González, Y., Palomo-Arjona, E., Sodá-Tamayo, L., Meza-Sulú, J., Ramírez-Sierra, M., Dumonteil, E., Vidal-Martínez, V. M., Machaín-Williams, C., De Oliveira, D., Reis, M. G., Torres-Castro, M. A., Robles, M. R., Hernández-Betancourt, S. F., & Costa, F. (2017). A survey of zoonotic pathogens carried by house mouse and black rat populations in Yucatan, Mexico. *Epidemiology and Infection*, 145(11), 2287–2295. <https://doi.org/10.1017/S0950268817001352>

[4] Yang, Y., Xu, P., He, W., & Tao, F. (2024). Metagenomic analysis reveals houseflies as indicators for monitoring environmental antibiotic resistance genes. *Environmental Microbiology Reports*, 16(6), e70032. <https://doi.org/10.1111/1758-2229.70032>

[5] White, R. J., & Razgour, O. (2020). Emerging zoonotic diseases originating in mammals: A systematic review of effects of anthropogenic land-use change. *Mammal Review*, 50(4), 336–352. <https://doi.org/10.1111/mam.12201>