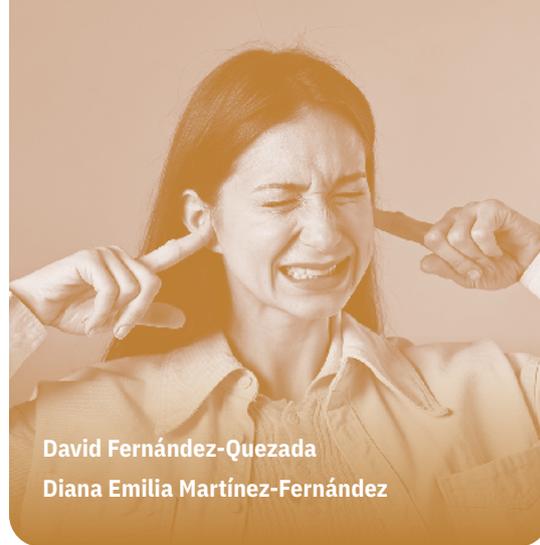


¿Cómo el ruido altera nuestro sistema inmunológico y nervioso?



David Fernández-Quezada
Diana Emilia Martínez-Fernández

Imagina que estás en una ciudad con un tráfico intenso, el claxon de los autos no deja de sonar, las sirenas de ambulancias se mezclan con la música de los altavoces y las voces de la multitud crean un murmullo constante. Aunque parezca solo una molestia, el ruido tiene un impacto real en nuestro cuerpo, activando una compleja red de respuestas biológicas que pueden afectar nuestra salud, especialmente nuestro sistema inmunológico, responsable de la vigilancia y respuesta de nuestro cuerpo ante cualquier amenaza como el desarrollo de enfermedades crónicas (p. ej.: hipertensión arterial, la cardiopatía isquémica, la diabetes tipo 2, la obesidad, el insomnio crónico, trastornos de ansiedad y depresión, hipoacusia neurosensorial y enfermedades inflamatorias derivadas de una inmunodepresión sostenida).

En algún momento de nuestra vida, quienes habitamos en grandes ciudades hemos estado expuestos a niveles elevados de ruido, que a menudo resultan molestos. El ruido es considerado un sonido irregular, repetitivo y perturbador que se percibe como no deseado.

Aunque los seres humanos hemos evolucionado a lo largo de los siglos, nuestra capacidad para adaptarnos al vertiginoso desarrollo industrial y urbano ha sido limitada. En la antigüedad, el ruido servía como un indicador de peligro, utilizado por nuestros ancestros para defenderse de amenazas predatorias y, también, como herramienta en la caza y en la obtención de suministros. Nuestra biología está, por lo tanto, adaptada a responder a estos estímulos de manera específica. Sin embargo, en la actualidad,

hemos tenido poco tiempo para ajustarnos a los altos niveles de ruido que se combinan con nuestro estilo de vida moderno. Estos sonidos pueden transformarse en ruido ambiental, lo que ocasiona daños irreversibles en el sistema nervioso, y altera también el sistema inmunológico; en consecuencia, se afecta nuestra salud en general.

Explorando las fuentes y características del caos sonoro

Las fuentes de ruido son múltiples y se pueden clasificar en aquellas provenientes del tráfico vehicular, la maquinaria industrial, las obras de construcción, los sistemas de transporte masivo y las actividades comerciales. En el entorno doméstico, los electrodomésticos, como licuadoras, aspiradoras, televisores y equipos de sonido también contribuyen al ruido ambiental. Además, las conversaciones en espacios concurridos, las fiestas, los centros comerciales y la música a alto volumen en bares o restaurantes son fuentes significativas de ruido.

Estas emisiones sonoras varían en intensidad y frecuencia, lo que afecta la calidad de vida, la capacidad de concentración y, en algunos casos, la salud auditiva y mental de las personas expuestas a ellos de manera prolongada. El ruido generado por estas fuentes se caracteriza por su intensidad, medida en decibeles (dB), es similar a la fuerza o volumen con el que suena, como la diferencia entre un susurro y una bocina; su frecuencia, expresada en Hertz (Hz), indica cuántas veces se repite el sonido por segundo, es lo que nos permite distinguir entre sonidos agudos o graves y su duración, nos muestra cuánto tiempo dura ese sonido, tal como contaríamos los segundos de un grito o una campana. Estas propiedades influyen en la percepción y en el impacto que el ruido tiene sobre la salud.

En este sentido, el ruido es valorado por el sistema nervioso como un estímulo nocivo, por tanto, inicia la activación de la respuesta de estrés. El estrés es una respuesta fisiológica y

psicológica del organismo ante situaciones percibidas como desafiantes, amenazantes o abrumadoras. Esta respuesta se desencadena por una variedad de factores, conocidos como “estresores”, que pueden ser tanto positivos como negativos. Por ejemplo, el sonido de las aves puede ser reconfortante para unas personas, ayudándolas a concentrarse o relajarse, mientras que para otras el mismo sonido puede resultar molesto e interferir en sus actividades diarias. Otro ejemplo es el ruido blanco, es un sonido que se compone de todas las frecuencias y, en muchos casos, se utiliza para ayudar a dormir o concentrarse. Sin embargo, sus efectos también dependen de la percepción personal, algunas personas lo valoran positivamente, mientras que otras pueden sentir que es molesto.

¿Cómo el ruido activa el sistema nervioso e inmunológico?

Cuando enfrentamos una situación estresante, como el ruido constante, nuestro cerebro pone en marcha un mecanismo de defensa coordinado por el sistema nervioso central. Este sistema regula tres componentes clave de nuestro cuerpo:

- ▶ El sistema nervioso autónomo, que controla funciones involuntarias como la frecuencia cardíaca y la respiración.
- ▶ El sistema endocrino, que libera hormonas (mensajeros químicos que regulan diversas funciones corporales).
- ▶ El sistema inmunológico, que protege al organismo contra infecciones y enfermedades.

Imagina que el cuerpo es como una ciudad bien organizada. Cuando se detecta una amenaza, como un ruido constante y molesto, el cerebro actúa como el alcalde que, al percibir el peligro, manda una alerta al centro de control (el hipotálamo). Este centro de control envía un mensaje urgente a través del sistema de comunicaciones (la hipófisis), que es como el centro de despacho de emergencias. En este despacho, se emite la orden urgente en forma de hormona adrenocorticotrópica. Este mensaje viaja por las carreteras (la sangre) hasta llegar a las estaciones de respuesta rápida (las glándulas suprarrenales). Una vez allí, las estaciones despachan a los equipos de emergencia, liberando cortisol (hormona del estrés) y catecolaminas (adrenalina y noradrenalina), que actúan como los cuerpos de seguridad preparados para enfrentar la situación de peligro [1].

Si la exposición al estrés se prolonga, el cuerpo entra en un estado de alerta constante, lo que puede generar un fenómeno conocido como triada del estrés, que incluye:

- ▶ Alteración suprarrenal, debido a la producción constante de hormonas del estrés.

- ▶ Úlceras, por la inhibición del sistema digestivo.
- ▶ Cambios en el timo, un órgano clave del sistema inmunológico que se encarga de la maduración de los linfocitos (células de defensa).

El cuerpo, al intentar recuperar su equilibrio, prioriza funciones esenciales para la supervivencia y reduce la actividad de otros sistemas que consumen mucha energía, como el digestivo, el crecimiento y, sobre todo, el sistema inmunológico. Como consecuencia, las defensas del organismo se debilitan y nos volvemos más propensos a infecciones y enfermedades.

Las hormonas del estrés, como el cortisol y la adrenalina, afectan directamente a las células del sistema inmune. Se unen a receptores específicos en los linfocitos, macrófagos y otras células sanguíneas, alterando la producción de citocinas (moléculas que coordinan la respuesta inmunológica), como el interferón- γ (IFN- γ), el factor de necrosis tumoral alpha (TNF- α) y las interleucinas 1, 2 y 6 (IL-1, IL-2 e IL-6, respectivamente). Como resultado, se afecta la maduración y movilización de células de defensa, reduciendo su capacidad de respuesta ante virus, bacterias y otros agentes infecciosos [2].

Además, otras hormonas del estrés, como la adrenalina y la noradrenalina, también afectan al sistema inmunológico al interactuar con receptores específicos en diferentes células defensivas. Por otro lado, el sistema nervioso autónomo, que regula funciones involuntarias del cuerpo, está conectado con órganos clave del sistema inmune, como la médula ósea, el timo, el bazo y los ganglios linfáticos. A través de estas conexiones, el cuerpo puede ajustar la producción y movilización de células inmunes en respuesta a infecciones o situaciones de estrés [2].

En condiciones normales, este sistema ayuda a mantener el equilibrio del organismo. Sin embargo, cuando el estrés es crónico, puede alterar la función inmunológica, lo que hace al cuerpo más vulnerable a enfermedades e infecciones.

Por otra parte, el ruido crónico no solo genera molestias, sino que también tiene efectos significativos en la salud mental y física. Se ha de-

mostrado que aumenta los niveles de ansiedad, irritabilidad y dificultad para relajarse. Además, interfiere con la calidad del sueño al interrumpir las fases de sueño profundo, esenciales para la recuperación física y mental.

En términos cognitivos, el ruido afecta la concentración y el rendimiento en tareas que requieren atención sostenida, como estudiar o trabajar. En niños, la exposición constante al ruido ambiental se ha asociado con problemas de aprendizaje y un menor rendimiento escolar [3]. En adultos, puede comprometer la memoria a corto plazo y la toma de decisiones, ya que el ruido impacta el funcionamiento del hipocampo, una región clave para la memoria y la orientación espacial. La exposición prolongada a entornos ruidosos también genera una sensación de fatiga mental constante, reduciendo la productividad y el bienestar general.

A nivel celular, el ruido crónico puede inducir estrés oxidativo, un proceso en el que el cuerpo produce un exceso de radicales libres (moléculas inestables que dañan células, proteínas y ADN), lo que contribuye al envejecimiento y al desarrollo de enfermedades degenerativas. En el cerebro, el ruido prolongado activa en exceso las células microgliales (células del sistema inmunitario encargadas de defender el sistema nervioso), lo que incrementa la liberación de sustancias inflamatorias, daña las neuronas y afecta negativamente el estado de ánimo, la cognición y la salud en general.

¿Qué podemos hacer?

Aunque el ruido es una constante en nuestras vidas, existen estrategias que no solo dependen de nuestra conducta individual, sino que también requieren acciones a nivel colectivo y político. En el ámbito personal, técnicas como la meditación, la actividad física y la exposición a entornos naturales pueden contribuir a reducir el impacto del ruido en nuestro sistema nervioso. De manera complementaria, el uso de suplementos alimenticios ricos en antioxidantes y la minimización de la exposición directa al ruido son medidas que ayudan a mitigar sus efectos.

Sin embargo, es crucial reconocer que la responsabilidad de enfrentar el problema del ruido no recae únicamente en el individuo. Para mitigar el ruido en el entorno urbano, se requiere una acción colectiva que combine regulaciones estrictas sobre niveles acústicos, planificación urbana y la promoción de alternativas sostenibles en el transporte vial. Además, es esencial fomentar la participación ciudadana mediante campañas informativas y educativas que sensibilicen sobre los efectos nocivos del ruido, asegurando así una intervención integral que proteja la salud y mejore la calidad de vida de los habitantes.

Conclusiones

La exposición crónica al ruido no es solo una molestia cotidiana, sino un factor ambiental con efectos significativos sobre la salud física y mental. Desde la activación del eje del estrés, hasta la supresión del sistema inmunológico y el deterioro cognitivo, el ruido ambiental puede alterar funciones esenciales del organismo, afectando la calidad del sueño, la memoria, la concentración y la regulación emocional. Reducir la exposición al ruido, adoptar medidas de protección y fomentar entornos urbanos más saludables son pasos clave para minimizar estos riesgos y promover el bienestar general.

Referencias

1. Fernández-Quezada D, Luquín S, Ruvalcaba-Delgadillo Y, García-Estrada J, Jáuregui-Huerta F. Sex Differences in the Expression of c-fos in a Rat Brain after Exposure to Environmental Noise. *Sustainability*. 2022 jan;14(5):2798.
2. Chan KL, Poller WC, Swirski FK, Russo SJ. Central regulation of stress-evoked peripheral immune responses. *Nat Rev Neurosci*. 2023 oct;24(10):591-604.
3. Fernández-Quezada D, Martínez-Fernández DE, Fuentes I, García-Estrada J, Luquín S. The Influence of Noise Exposure on Cognitive Function in Children and Adolescents: A Meta-Analysis. *NeuroSci*. 2025 mar;6(1):22.

David Fernández-Quezada Departamento de Neurociencias, Centro Universitario de Ciencias de la Salud, Universidad de Guadalajara, UdeG.

Diana Emilia Martínez-Fernández Departamento de Farmacobiología, Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, UdeG.

Contacto: david.fernandez@academicos.udg.mx