



CALIDAD DE AIRE





Pontificia Universidad
JAVERIANA
Bogotá



**HOSPITAL
UNIVERSITARIO
SAN IGNACIO**

CIENCIA Y TECNOLOGÍA CON PROYECCIÓN SOCIAL



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA
SEDE BOGOTÁ



El conocimiento
es de todos

Minciencias

ISBN: 978-958-781-922-9

Autores:

Daniel González¹, Byron Alexis Infante², Angie Daniela Barrera³, Camilo de Jesús Romo⁴, Liliana López-Kleine², Alejandra Cañas Arboleda^{1,4,5}, María José Fernández Sánchez^{4,6}, Carlos Zafra Mejía³, Adriana Rojas¹

1. Línea de investigación Epigenética y Regulación Transcripcional, Grupo de Investigación Instituto de Genética Humana, Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá-110231. Colombia.
2. Departamento de estadística, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá-110231. Colombia
3. Grupo de Investigación en Ingeniería Ambiental-giaud, Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá-110321, Colombia.
4. Hospital Universitario San Ignacio. Bogotá-110321, Colombia.
5. Grupo de Investigación Enfermedades Crónicas del Adulto, Facultad de Medicina, Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá-110231. Colombia.
6. Grupo colombiano de investigaciones en Educación y Aplicaciones de las ciencias biomédicas.

Financiado por MINCIENCIAS código 120389784742, contrato 645-2021.

Contenido

Introducción	5
¿Qué es la contaminación ambiental?	6
¿De dónde proviene la contaminación atmosférica?	7
¿Qué es el Material Particulado?	8
¿Cuál es el impacto de la contaminación en salud?	10
¿Cómo se mide la exposición a estos contaminantes?	12
¿Cuáles son límites de exposición a estos contaminantes?	13
¿Cómo estamos en Colombia?	14
¿Qué hace la comunidad científica?	18
¿Qué podemos hacer nosotros?	20
Bibliografía	22

Introducción

La calidad del aire que respiramos es fundamental para nuestra salud y bienestar. Aunque a inicios del 2024 la crisis por los incendios forestales en Bogotá y otras regiones de Colombia puso de manifiesto la importancia de este tema, la contaminación atmosférica es una preocupación constante en nuestra vida diaria.

En la cotidianidad, nos exponemos a una variedad de contaminantes atmosféricos, incluyendo el material particulado, que puede tener efectos perjudiciales en la salud, sin distinción de edades y fronteras.

Por lo anterior, esta cartilla busca proporcionar, de la mano de expertos, una comprensión clara acerca del significado de la contaminación atmosférica y el material particulado, cómo estos factores afectan nuestra salud y qué están haciendo los científicos al respecto. Además, ofrece consejos prácticos sobre cómo minimizar nuestra exposición, proteger nuestra salud al aumentar la conciencia sobre esta problemática y promover acciones que contribuyan a un aire más limpio y saludable para todos.

¿Qué es la contaminación ambiental?

La contaminación ambiental se define como la presencia de elementos perjudiciales en el entorno, los cuales afectan la salud de los seres vivos que lo habitan. Estos elementos pueden ser de origen biológico, químico u otra índole. Entre los contaminantes científicamente documentados se encuentran las partículas en suspensión o material particulado (conocido por sus siglas en inglés como PM), el ozono (O_3), el dióxido de nitrógeno (NO_2), el dióxido de azufre (SO_2) y el monóxido de carbono (CO). La contaminación del aire proviene de fuentes de emisión, las cuales pueden ser naturales o antropogénicas, es decir, derivadas de la actividad humana (1).



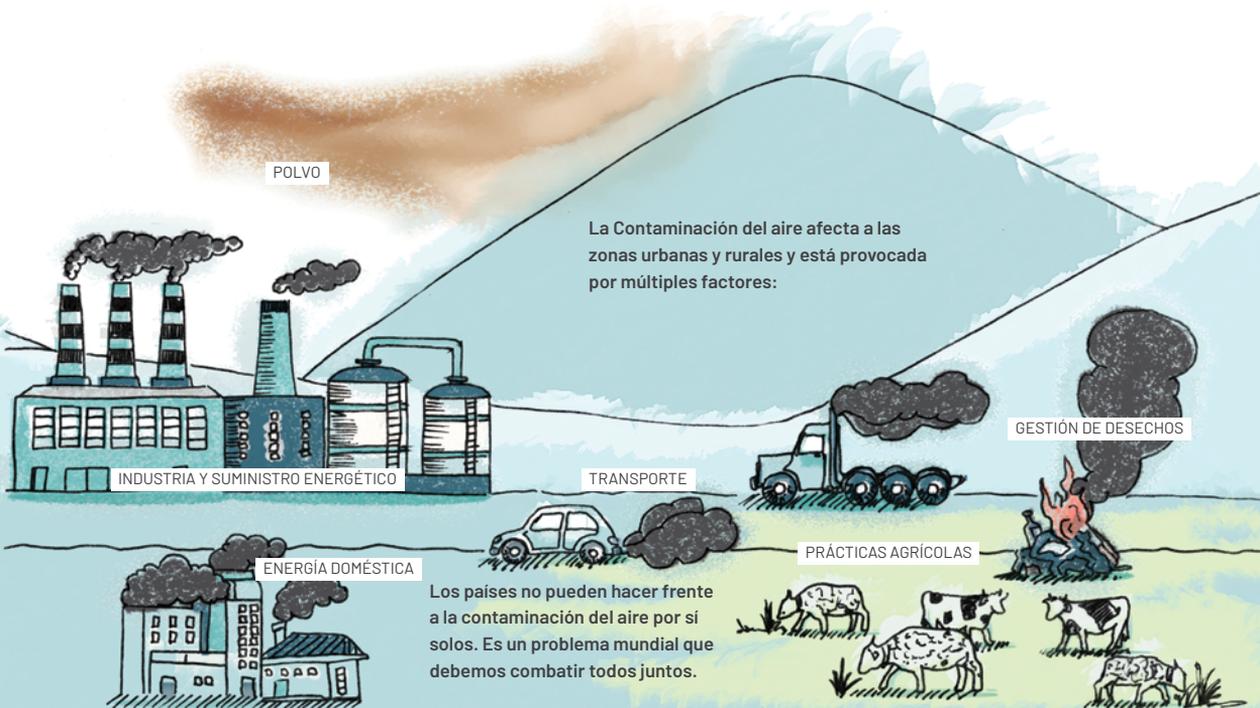
Foto: Freepik.com

¿De dónde proviene la contaminación atmosférica?

Es esencial diferenciar entre fuentes naturales y antropogénicas de contaminación para abordar eficazmente este problema. Comprender cómo nuestras actividades diarias contribuyen a la contaminación del aire nos capacita para tomar medidas preventivas y protectoras.

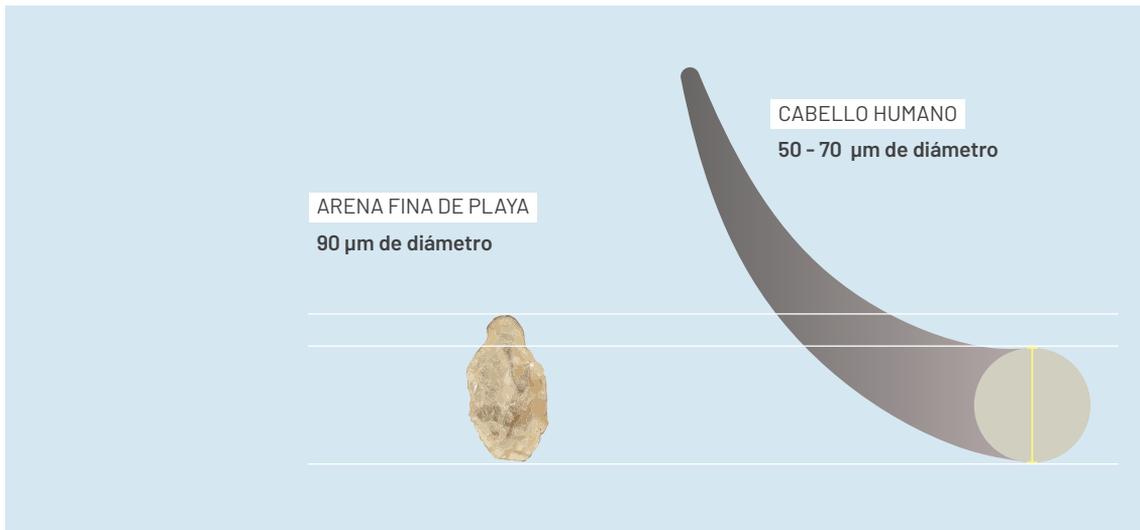
Fijas: fuente de emisión situada en un lugar determinado e inamovible. *Ejemplo:* industrias.

Móviles: fuente de emisión que se traslada de un lugar a otro. *Ejemplo:* automóviles.



¿Qué es el Material Particulado?

Se denomina *material particulado* la mezcla de partículas sólidas y líquidas de sustancias orgánicas e inorgánicas que se encuentran en suspensión en el aire. Representan el 22 % de la contaminación del aire, y son generadas, principalmente, por la quema de combustibles fósiles (petróleo, carbón, gas natural y gas licuado del petróleo) en vehículos y procesos industriales. Estas partículas pueden ingresar profundamente y depositarse en el sistema respiratorio, lo que causa efectos adversos en la salud. Los principales componentes del material particulado son el amoníaco, los sulfatos, los nitratos, el cloruro de sodio, el carbón, los minerales pulverizados, las cenizas metálicas y el agua. El material particulado forma parte de la contaminación del aire y se clasifica teniendo en cuenta su tamaño. De esta manera, las partículas PM_{10} hacen

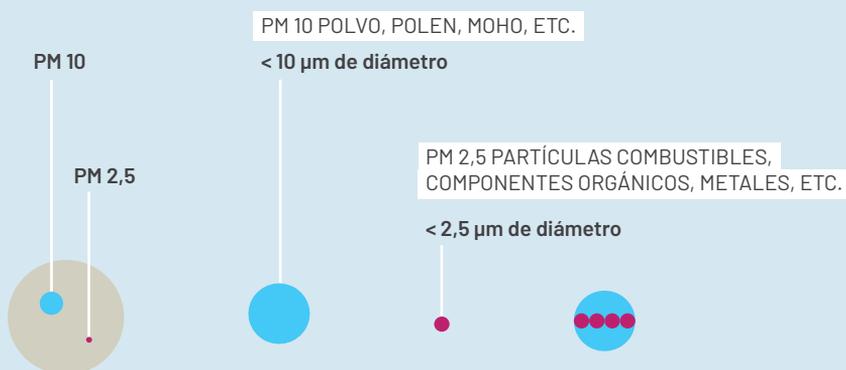


referencia a las partículas con un diámetro aerodinámico menor o igual a $10\mu\text{m}$ (millonésima parte del metro). De otra parte, las partículas finas con diámetro menor o igual a $2,5\mu\text{m}$ son denominadas $\text{PM}_{2,5}$ (2).

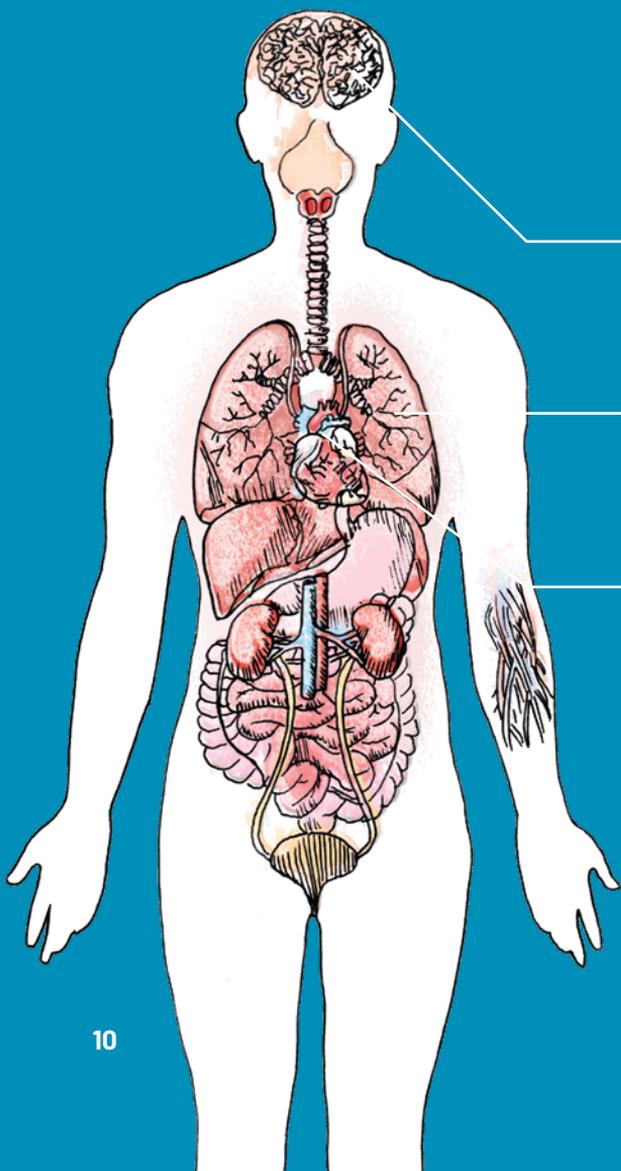
Los efectos combinados de la contaminación del aire ambiente y del aire doméstico se asocian a 6.7 millones de muertes prematuras cada año (1). Se estima que en 2019 la contaminación del aire ambiente (exterior) provocó en todo el mundo 4,2 millones de muertes prematuras. Por exposición al aire y agua de mala calidad ocurren cada año en Colombia 17.549 muertes; es decir, el 8 % del total de la mortalidad anual en Colombia. Esto concluye el *Informe carga de enfermedad ambiental en Colombia*, del 2019, realizado por el Observatorio Nacional de Salud (ONS) del Instituto Nacional de Salud (INS) (3).

Figura 1. Tamaño de material particulado $\text{PM}_{2,5}$ y PM_{10} comparado con el diámetro de un cabello humano

Fuente: elaboración propia.



¿Cuál es el impacto de la contaminación en salud?



La baja calidad del aire puede generar múltiples enfermedades. Los más afectados son las personas con enfermedades previas, de edades avanzadas o niños

Inflama las arterias cerebrales que pueden causar sangrado o un infarto cerebrales

Genera inflamación de la vía aérea causando o empeorando enfermedades pulmonares previas como el asma o el EPOC

Inflama las arterias coronarias causando infarto o enfermedad cardiaca

Causa alteraciones en el ADN que facilita la aparición de cáncer



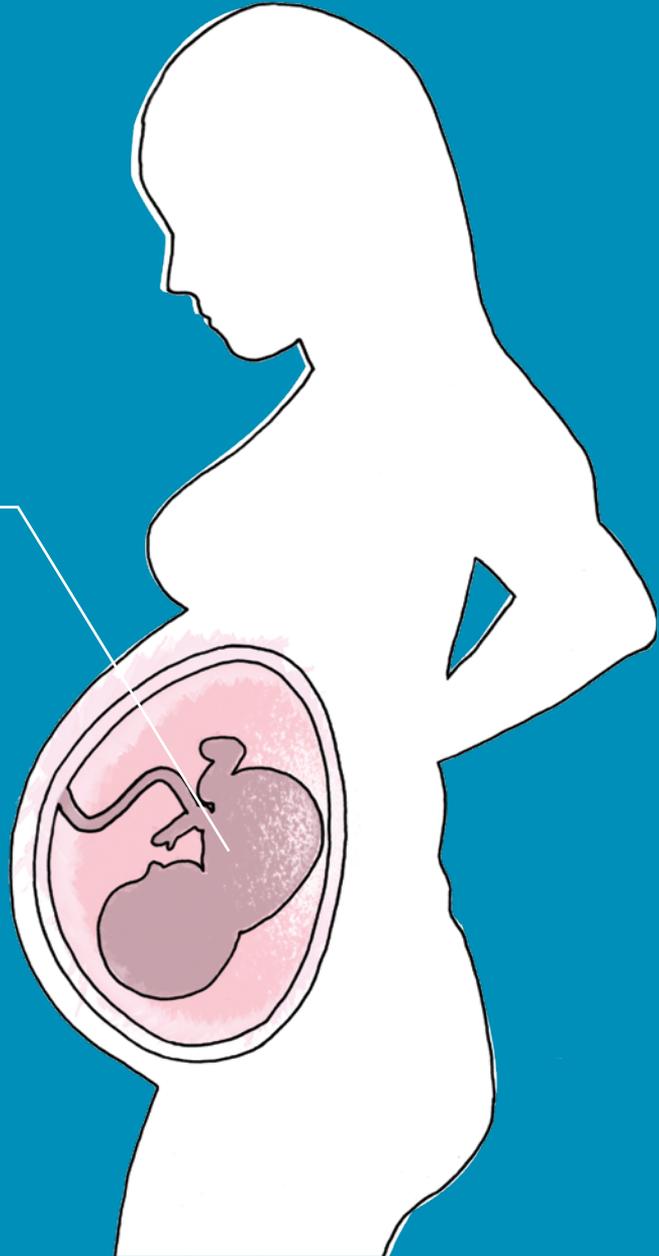
La baja calidad del aire puede generar múltiples enfermedades.

Puede causar alteraciones en la placenta que llevan a:

- Bajo peso al nacer
- Parto pretérmino
- Abortos espontáneos

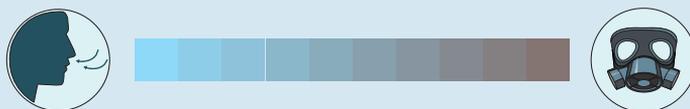
Posterior al parto puede causar:

- Retraso del crecimiento
- Enfermedades pulmonares (ej. asma)
- Pobre desarrollo cognitivo



¿Cómo se mide la exposición a estos contaminantes?

Para vigilar la calidad del aire, cada país tiene su propio Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire (SVCA). Estos sistemas son estaciones de monitoreo con diversos analizadores y sensores meteorológicos que permiten cuantificar y registrar los niveles de contaminantes del aire (4). En Colombia, para el año 2018, solo 22 de los 32 departamentos tenían cobertura del SVCA. En Bogotá, el SVCA se conoce como la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá (RMCAAB), que opera desde 1997 y monitorea las 24 horas los niveles de contaminantes del aire en 20 estaciones (5).



¿Cuáles son límites de exposición a estos contaminantes?

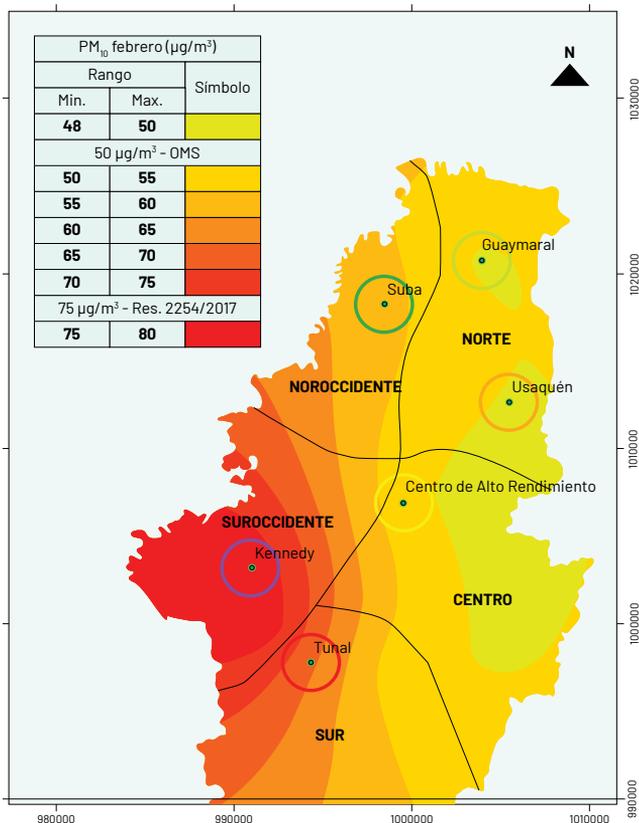
La Organización Mundial de la Salud (OMS) establece regularmente las directrices mundiales sobre la calidad del aire, basándose en la evidencia científica global para determinar los niveles necesarios para proteger la salud pública. En Colombia, los límites de material particulado (PM_{10} y $PM_{2.5}$), dióxido de azufre (SO_2), dióxido de nitrógeno (NO_2), ozono troposférico (O_3) y monóxido de carbono (CO) se establecen mediante la resolución 2254 del 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.



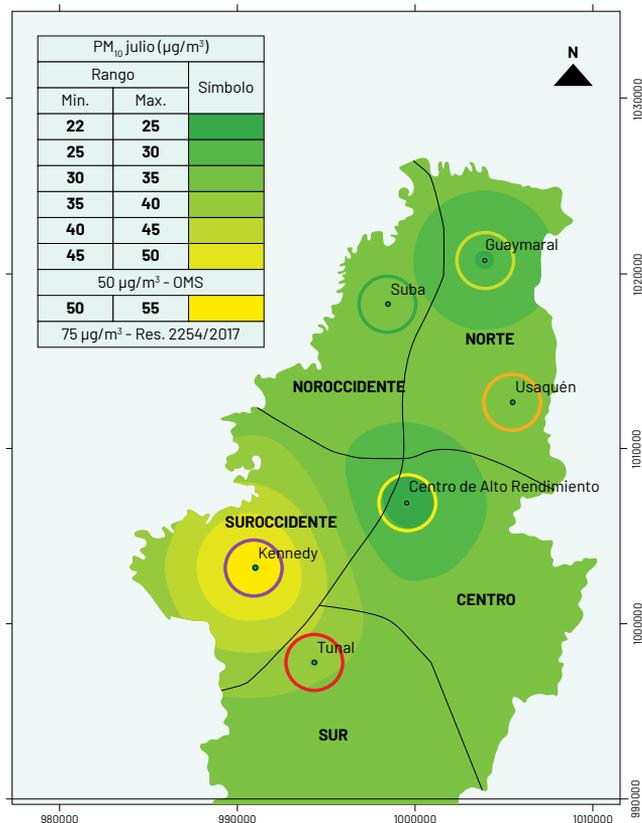
¿Cuáles son límites de exposición a estos contaminantes

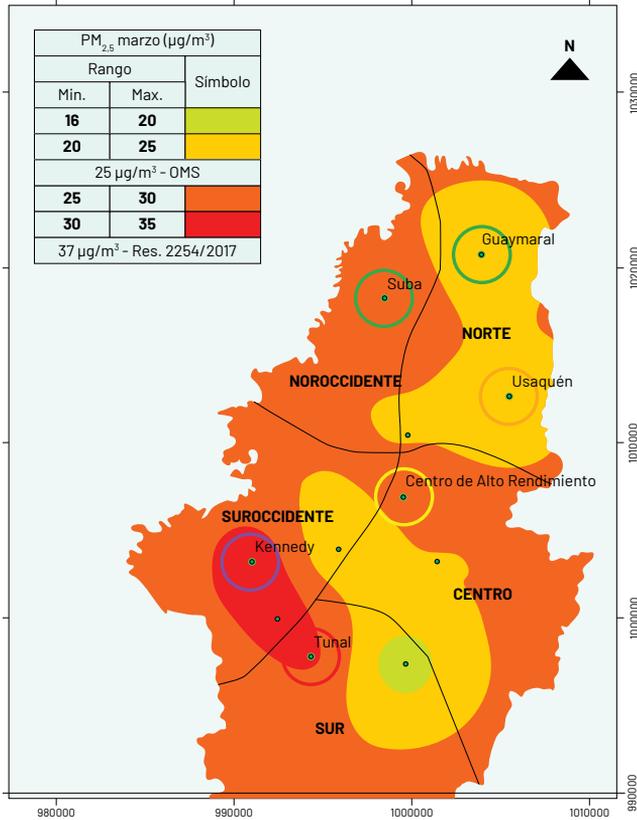
¿Cómo estamos en Colombia?

Según los datos más recientes de IQAir, las cinco ciudades más contaminadas por $PM_{2.5}$ en Colombia del 2017 al 2022 son Bucaramanga, Medellín, Cota, Bogotá y Guarne. Las primeras cuatro superan de 3 a 4 veces los límites establecidos por la OMS (6).



En Bogotá, la localidad con mayor índice de contaminación del aire es Carvajal-La Sevillana. Entre los factores determinantes para alcanzar estos niveles de contaminación se encuentran: el hecho de ser una zona industrial, la cercanía con la autopista Sur y por tratarse de un área de alto tráfico vehicular (7,8).





En este enlace podrá encontrar información adicional de Bogotá:
<http://iboca.ambientebogota.gov.co/>

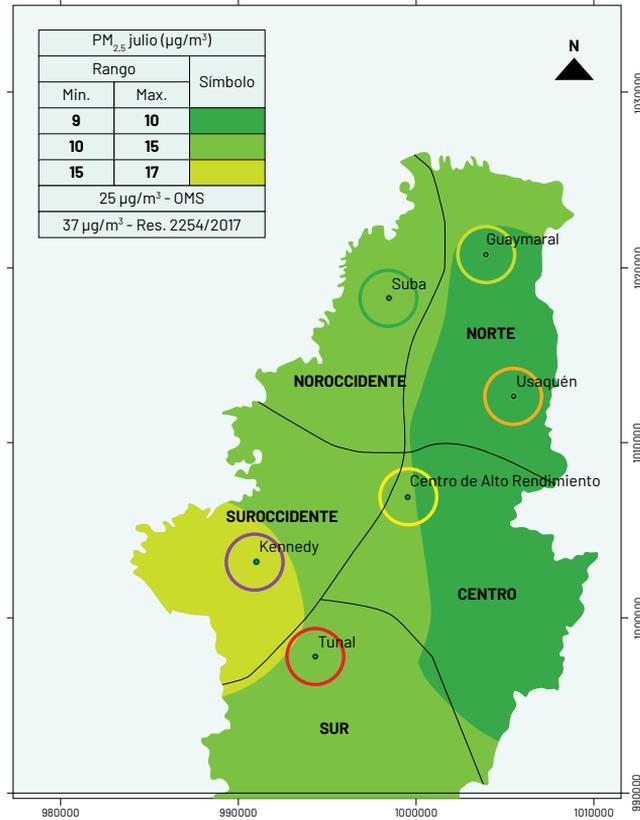


Figura 2: Mapa de calor representativo de las concentraciones de PM_{2.5} y PM₁₀ en regiones de Bogotá

Fuente: Grupo de Investigación en Ingeniería Ambiental-GIIAUD.

¿Qué hace la comunidad científica?

Los científicos tienen un rol clave en ayudarnos a entender cómo la contaminación del aire nos afecta. Su trabajo consiste en reunir información verificable que demuestre cómo la calidad del aire impacta directamente en nuestra salud.

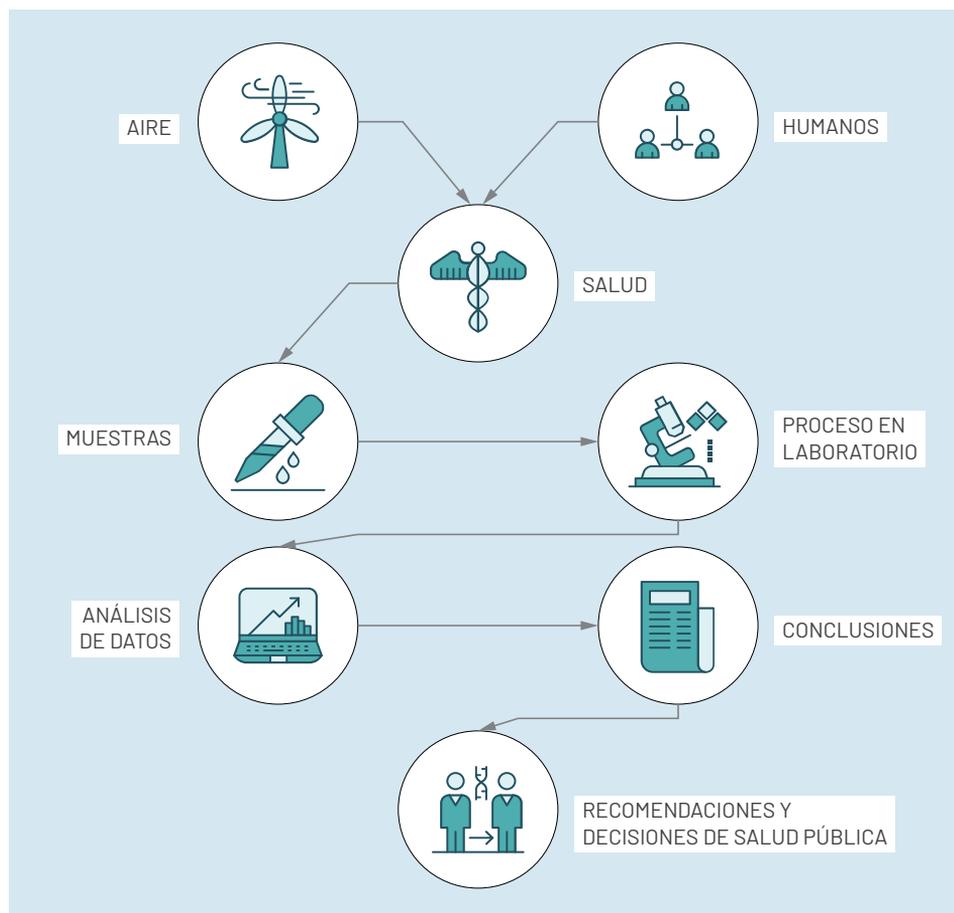
En la actualidad, investigadores del Instituto de Genética Humana de la Facultad de Medicina de la Pontificia Universidad Javeriana, el Hospital Universitario San Ignacio, la Universidad Nacional y la Universidad Distrital Francisco José de Caldas llevan a cabo un proyecto financiado por Minciencias, cuya meta principal es evaluar cómo la calidad del aire en Bogotá afecta el “epigenoma” (conjunto de cambios moleculares en nuestro material hereditario denominado ADN) de todos. Para esto, se han recolectado muestras de sangre de personas sin problemas de salud previos que viven en diferentes localidades de la ciudad, como Barrios Unidos, Usaquén, Suba, Tunjuelito, Kennedy y la estación de alto tráfico Carvajal-Sevillana.

Lo que se ha encontrado hasta ahora es que la población en Bogotá está respirando más partículas finas ($PM_{2.5}$) de lo recomendado por la OMS, ¡incluso hasta tres veces más! Y lo más interesante es que aquellos que viven en lugares con niveles altos de estas partículas (como Tunjuelito, Kennedy y Carvajal-Sevillana) están mostrando cambios en su epigenoma que son similares a los que se ven en personas con asma. Esto indica que la contaminación del aire, especialmente

las partículas finas, podría estar relacionada con afectaciones como el asma grave. Este tipo de investigaciones ayudan a entender cómo el aire que respiramos puede afectar nuestra salud.

Figura 4. Representación esquemática de etapas de investigación con muestras biológicas

Fuente: Elaboración propia



¿Qué podemos hacer nosotros?

La clave para combatir la contaminación consiste en evitar producir más y trabajar en reducir la que existe (9). Aquí tienes algunos consejos prácticos para contribuir:

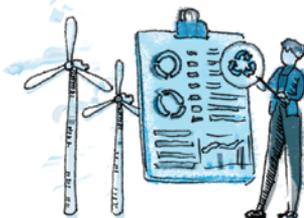


1. OPTA POR CAMINAR, ANDAR EN BICICLETA O USAR EL TRANSPORTE PÚBLICO.



2. SIGUE EL PRINCIPIO DE LAS 3 R: REDUCE, REUTILIZA Y RECICLA EN TU HOGAR.

5. APOYA Y DIFUNDE LAS INICIATIVAS DE INVESTIGACIÓN LOCALES.



3. PRODUCE MENOS HUMOS Y AEROSLES DENTRO DE CASA Y FUERA DE ELLA.

4. VELA POR EL CUIDADO DE LOS ÁRBOLES Y LA VEGETACIÓN DE TU COMUNIDAD.



6. COMPRA PRODUCTOS LOCALES, DADO QUE, EN ESTOS CASOS, SE REQUIERE DE MENOS TRANSPORTE.



7. APOYA EL DESARROLLO DE LAS POLÍTICAS AMBIENTALES.



Estas acciones pueden tardar en mostrar resultados, así que también es importante reducir tu exposición a estos contaminantes siguiendo estos consejos:



1. Evita ubicar tu vivienda directamente sobre vías principales.



2. Ventila tu casa abriendo las ventanas al menos 10 o 15 minutos diarios.



3. Evita salir en horas pico y tomar rutas de alto tráfico.



4. Evita realizar ejercicio cerca de vías de alto tráfico. ¡Opta siempre por las zonas verdes o interiores!



5. Realiza un mantenimiento regular al auto, a las estufas y aires acondicionados en casa.

Ahora que sabes más del impacto de la contaminación del aire, ¡comparte estos conocimientos con amigos y familiares! Los pequeños cambios suman, y cada esfuerzo cuenta para tener un aire más limpio para todos.

¡Vamos a respirar mejor juntos!

Bibliografía

1. Organización Mundial de la Salud. Directrices Mundiales de la Organización Mundial de la Salud [Internet]. 2021 [citado el 5 de febrero de 2024]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/questions-and-answers/item/who-global-air-quality-guidelines>
2. Instituto para la Salud Geoambiental. Un ser vivo un entorno sano [Internet]. [citado el 5 de febrero de 2024]. Disponible en: <https://www.saludgeoambiental.org/material-particulado/>
3. Instituto Nacional de Salud. Informe Carga de Enfermedad Ambiental en Colombia. 2019. Disponible en: <https://www.ins.gov.co/Noticias/Paginas/Informe-Carga-de-Enfermedad-Ambiental-en-Colombia.aspx>
4. IQAir. Resumen del informe sobre la calidad del aire en el mundo 2017-2022 [Internet]. 2024 [citado el 5 de febrero de 2024]. Disponible en: <https://www.iqair.com/es/world-air-quality-report-2017-2022>
5. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire. Octubre 2010. Disponible en: https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/Protocolo_Calidad_del_Aire_-_Manual_Disenio.pdf

6. Secretaría Distrital de Ambiente. Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá - RMCAB [Internet]. s. f. [citado el 5 de febrero de 2024]. Disponible en: <https://www.ambientebogota.gov.co/web/sda/red-de-monitoreo-de-calidad-del-aire-de-bogota-rmcab>
7. IDEAM. Informe del Estado de la Calidad del Aire en Colombia 2019. Bogotá, D.C. 2020. Disponible en: https://www.andi.com.co/Uploads/InformeCalidadAire_2019_637558019472758451.pdf
8. Semana Sostenible. En Bogotá la pobreza asfixia [Internet]. Semana; 2017 [citado el 5 de febrero de 2024]. Disponible en: <https://www.semana.com/medio-ambiente/articulo/en-bogota-la-pobreza-asfixia/535689>
9. Juste I. Soluciones para la contaminación del aire [Internet]. ecologiaverde.com; 2022 [citado el 5 de febrero de 2024]. Disponible en: <https://www.ecologiaverde.com/soluciones-para-la-contaminacion-del-aire-638.html>

ISBN: 978-958-781-922-9



Pontificia Universidad
JAVERIANA
Bogotá



HOSPITAL
UNIVERSITARIO
SAN IGNACIO

CIENCIA Y TECNOLOGÍA CON PROYECCIÓN SOCIAL



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA
SEDE BOGOTÁ



El conocimiento
es de todos

Minciencias