

EL AIRE QUE RESPIRAMOS

HERRAMIENTA DE INFORMACIÓN
Y ESTRATEGIAS PARA EVITAR LA
EXPOSICIÓN A LA CONTAMINACIÓN
DEL AIRE





**UNIVERSIDAD
DEL AZUAY**

Casa
Editora



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Universidad del Azuay

Francisco Salgado Arteaga PhD.
Rector

Martha Cobos Cali PhD.
Vicerrectora Académica

Jacinto Guillén García Msc.
Vicerrector de Investigaciones

Toa Tripaldi Proaño
**Directora de Comunicación y
Publicaciones**

Oswaldo Encalada
Corrección de Estilo

Diagramación y diseño de portada
Departamento de Comunicación y
Publicaciones
Gabriela Moreno Vázquez

Imprenta Digital -
Universidad del Azuay

ISBN: 978-9942- 822 -59-8

Autores

Universidad del Azuay
Claudia Rodas Espinoza

Universidad de Cuenca
Ronny Zegarra
Susana Andrade
Danilo Mejía

Agradecemos a la Corporación Ecuatoriana para el Desarrollo de la investigación y a la Academia por haber dado el soporte para la primera fase de este estudio.

Gracias

EL AIRE QUE RESPIRAMOS

Herramienta de información y estrategias para evitar la exposición a la contaminación del aire

El presente texto es una compilación de los aspectos teóricos básicos para la comprensión de la contaminación del aire, su generación, composición e impactos en la salud humana. El objetivo de este resumen bibliográfico es proveer de una herramienta de información para la educación ambiental sobre la contaminación del aire y su situación actual en la ciudad de Cuenca, con un especial enfoque en el material particulado, uno de los contaminantes atmosféricos de mayor peligro para la salud.

Además, se compilan estrategias propuestas por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, aplicables a nuestro entorno, con el fin de evitar la exposición de los niños y jóvenes, parte de la creciente población vulnerable en las zonas urbanas.

Este manual se desarrolla como parte del proyecto *Análisis de metales pesados en MP₁₀ y su relación con enfermedades alérgicas en niños de 3 a 5 años en centros de educación inicial de las áreas urbana y periurbana de Cuenca*, financiado por la Universidad del Azuay, en colaboración con Red CEDIA y la Universidad de Cuenca.

Autores
Ronny Zegarra¹, Susana Andrade¹, Danilo Mejía¹ & Claudia Rodas²

¹Universidad de Cuenca, ²Universidad del Azuay

Cuenca, marzo 2020.

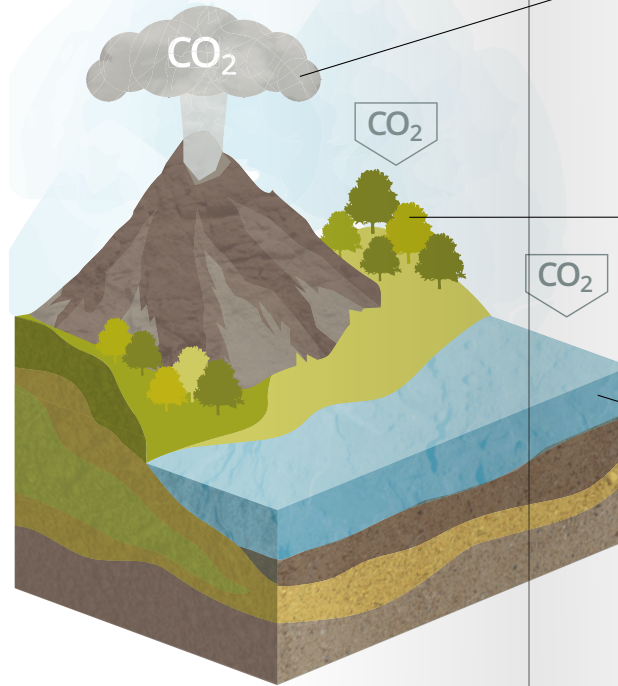
Contenido



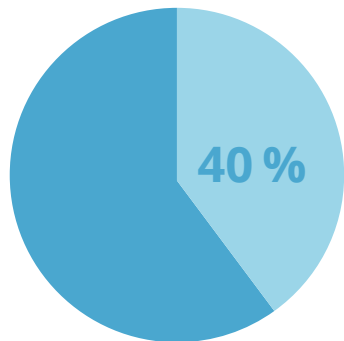
01	El aire y la contaminación atmosférica	08
02	Contaminantes atmosféricos – Material particulado	12
03	Situación actual en Cuenca	15
04	Estrategias para la mitigación de la contaminación del aire en las escuelas	20
05	Ventilación	20
06	Acciones de los ocupantes del edificio	22
07	Políticas de transporte	24
08	Transporte activo	25
09	Barreras físicas o vegetales	26

01 El aire y la contaminación atmosférica

La atmósfera terrestre o aire es la fina capa de gas que cubre el planeta y permite la vida en él. La tropósfera es la capa más baja que está en contacto con la tierra y es el aire que respiramos. Esta capa contiene el 90 % de masa de toda la atmósfera y se compone de nitrógeno (N₂) (78%), oxígeno (O₂) (21%) y una pequeña cantidad de otros gases (1%) como: argón (Ar), dióxido de carbono (CO₂), neón (Ne), helio (He), metano (CH₄), hidrógeno (H₂), óxidos de nitrógeno (NOx), ozono (O₃), entre otros (Barry, 2009).



Consumo de gases por la naturaleza



La naturaleza sólo logra consumir un 40% de las grandes cantidades de gases que emitimos constantemente y el restante se acumula en la atmósfera, aumentando la temperatura del aire (calentamiento global) y alterando el clima. Por eso, ahora tenemos inundaciones o sequías más fuertes, duraderas y frecuentes en lugares donde antes no las había (cambio climático) (NASA, 2019).

Emisión natural de CO₂, CH₄, NOx y O₃



Gases consumidos por bosque y vegetación



Gases consumidos por vegetación y organismos marinos



Las pequeñas cantidades de CO₂, CH₄, NOx y O₃ provienen de procesos naturales como la respiración, incendios y erupciones volcánicas, se acumulan en la atmósfera y son lentamente almacenados en los océanos, consumidos por organismos marinos y la vegetación.

Estos gases toman el nombre de gases de efecto invernadero porque absorben la energía del sol y calientan el aire, como un invernadero. Sin embargo, en la actualidad los humanos generamos una gran cantidad de gases de efecto invernadero, principalmente CO₂, cuya fuente principal es la combustión de fósiles como el carbón, petróleo y gas natural que usamos para generar electricidad, calefacción y transportarnos (US EPA, 2014).

Calentamiento global



Fuente: "Cambio climático: sus impactos persistieron durante este año", de E. Campetella, 2018, Meteored, (<https://www.meteored.com.ar/noticias/actualidad/cambio-climatico-sus-impactos-persistieron-durante-2018.html>).

La quema de combustibles fósiles no sólo libera gases de efecto invernadero, si no también otros compuestos peligrosos para la salud. Esto debido a que los combustibles fósiles están compuestos en su mayoría por carbono e hidrógeno, pero también contienen azufre, nitrógeno y algunos metales, entre otros.

De esta manera, las emisiones de la quema de fósiles se consideran contaminantes atmosféricos porque son sustancias introducidas que causan daños a la salud y al ambiente.

“La contaminación atmosférica se define como la presencia de sustancias introducidas en el ambiente, que generan daños en la salud humana y/o producen otros efectos ambientales peligrosos” (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA). (2009).

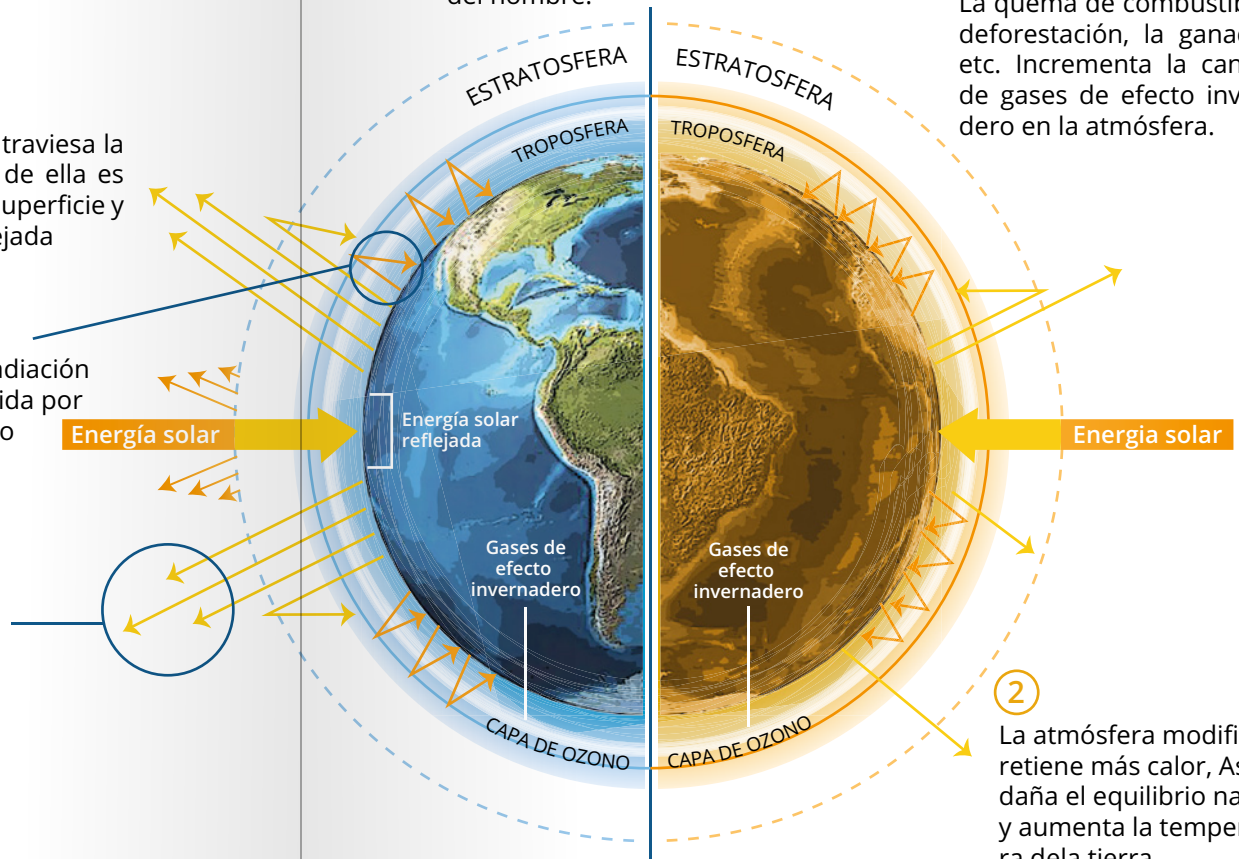
EL EFECTO INVERNADERO

Es el calentamiento natural de la Tierra. Los gases de efectos invernadero presentes en la atmósfera, retiene parte del sol y mantiene una temperatura apta para la vida.

① La energía solar atraviesa la atmósfera. Parte de ella es absorbida por la superficie y otra parte es reflejada

② Una parte de la radiación reflejada es retenida por los gases de efecto invernadero...

③ ... otra parte vuelve al espacio



Efecto invernadero y calentamiento global

EL CALENTAMIENTO GLOBAL

Es el incremento a largo plazo en la temperatura promedio de la atmósfera. Se debe a la emisión de gases de efecto invernadero que se desprenden por actividad del hombre.

① La quema de combustible, la deforestación, la ganadería, etc. Incrementa la cantidad de gases de efecto invernadero en la atmósfera.

② La atmósfera modificada retiene más calor, Así se daña el equilibrio natural y aumenta la temperatura de la tierra.

02 Contaminantes atmosféricos – Material particulado

Existe una gran cantidad de contaminantes atmosféricos con varios efectos negativos en la salud humana. Sin embargo, hay un grupo de contaminantes más comunes y peligrosos para la salud, llamados contaminantes criterio. Estos son: monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), dióxido de sulfuro (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂), plomo (Pb), ozono (O₃) y material particulado (MP) (EPA, 2015a; Vallero, 2014).

Todos estos contaminantes están relacionados con efectos en la salud, que van desde la disminución de la función pulmonar, exacerbación de asma y síntomas alérgicos, hasta enfermedades cardiovasculares, cáncer y muerte prematura (Maji, Dikshit, Deshpande, & Speldewinde, 2016); siendo los niños, adultos mayores y personas con enfermedades crónicas, la población más vulnerable.

Efectos de los contaminantes del aire en la salud

SO₂ Causa broncoconstricción, bronquitis y traqueítis. Agrava enfermedades respiratorias y cardiovasculares existentes.

NO₂ Irrita las vías respiratorias. Causa bronquitis y pulmonía. Reduce significativamente la resistencia respiratoria.

CO Inhabilita el transporte de oxígeno hacia las células. Provoca mareos, dolor de cabeza, náuseas, estado de inconsciencia e incluso la muerte.

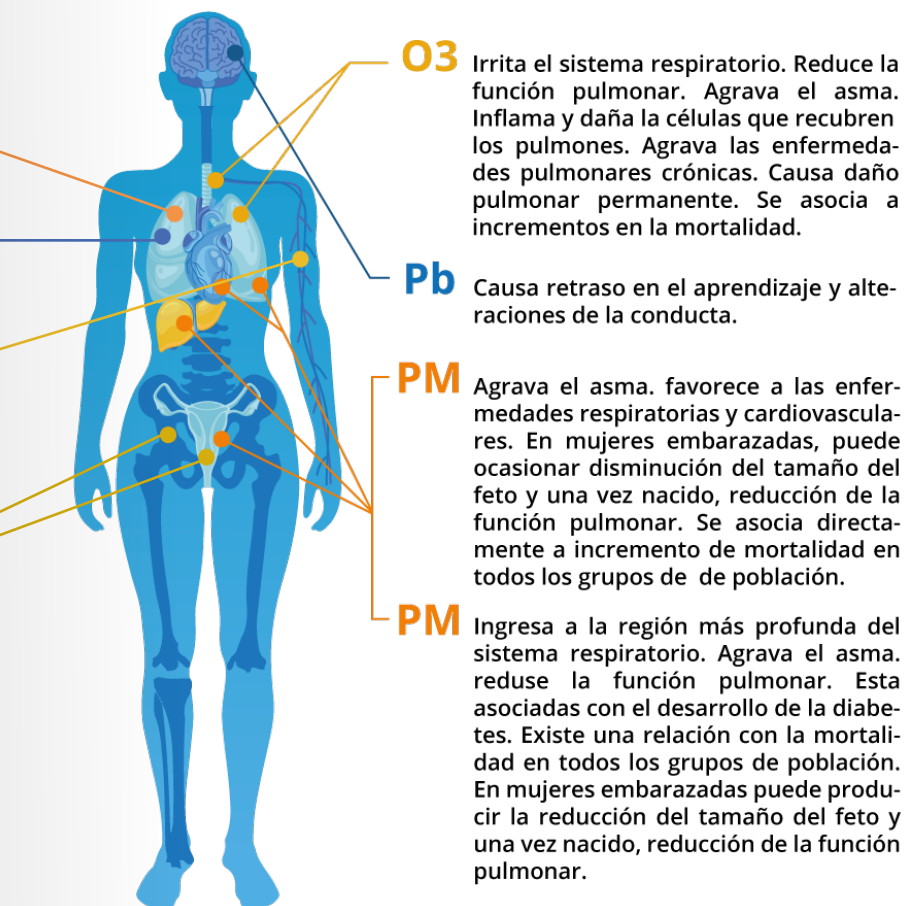
Benceno

Produce efectos nocivos en la médula ósea. Se asocia con el desarrollo de la leucemia mieloide. Daña el sistema inmunológico. En las mujeres embarazadas, el benceno puede pasar de la sangre de la madre al feto.

PM₁₀

PM_{2.5}

El material particulado (MP) es el contaminante que más afecta a las personas y es un indicador representativo de la contaminación del aire (Organización Mundial de la Salud, 2018). El MP es una mezcla de partículas sólidas y líquidas en el aire, como polvo, tierra, hollín o humo; no es un compuesto químico específico y puede ser de

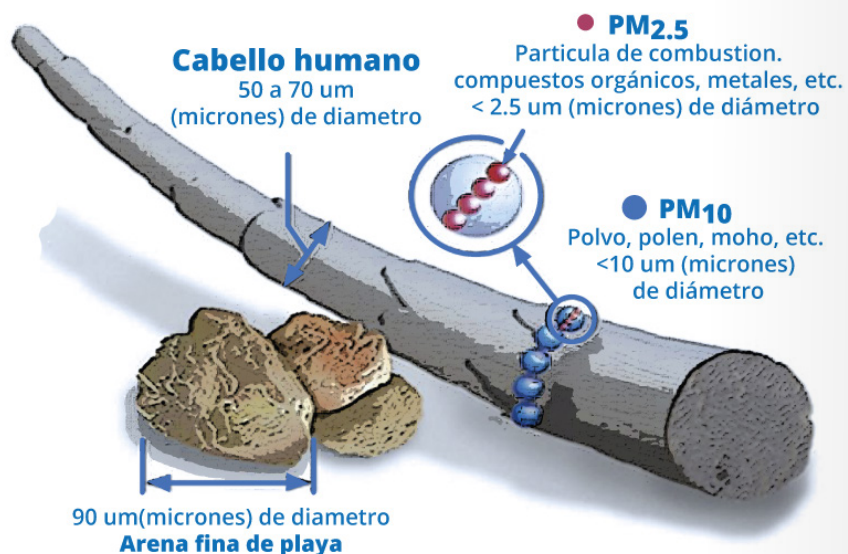


Fuente: "Los efectos sobre la salud", de OMS, 2020, Departamento de Salud Pública, Medio Ambiente y Determinantes Sociales de la Salud, (https://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/health_impacts/es/index7.html)

diferentes fuentes, tamaños, composiciones y propiedades (Grant, Kotchmar, National Center for Environmental Assessment, & USEPA, 2004)

El MP con tamaños menores o iguales a 10 y 2.5 micrómetros se denominan MP₁₀ y MP_{2.5} respectivamente, y son las partículas de mayor peligro para la salud debido a que pueden entrar a los pulmones e incluso llegar al sistema sanguíneo.

Diámetro partículas contaminantes



Fuente: "Size comparisons for PM particles" de United States Environmental Protection Agency, 2018, Particulate Matter (PM) Pollution, (<https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics>)

Material particulado / PM

Contaminantes microscópicos emitidos por fuentes fijas y móviles. Los números 10 y 2.5 equivalen a su tamaño

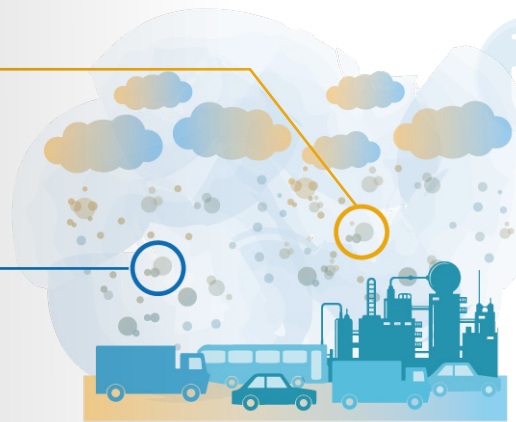
Ozono troposférico

Otros gases

Se convierte en PM 2.5 Secundario.



Existen valores fijados por organizaciones internacionales de salud y ambiente (Tabla 1), que indican el límite admisible para la salud humana y el ambiente.



Sin embargo, no se ha podido identificar un valor por debajo del cual no se observen daños a la salud.

Tabla 1: Norma de calidad del aire para material particulado

Norma	Concentración límite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Periodo de monitoreo
	MP _{2.5}	MP ₁₀	
OMS¹	10	20	Media anual
(Organización Mundial de la Salud, 2018a)	25	50	Media en 24h
EPA² (EPA, 2015a)	15	-	Media anual
	35	150	Media en 24h
NCAA³ (TULSMA, 2004)	15	50	Media anual
	50	100	Media en 24 h

03 Situación actual en Cuenca

Una de las principales fuentes de generación de MP en la zona urbana es el tráfico vehicular por sus emisiones de escape, el cual está compuesto principalmente por hollín (50%) (Mohankumar & Senthilkumar, 2017); además del MP generado por el uso de frenos, desgase

de neumáticos e incluso por el desgaste de las vías (Thorpe & Harrison, 2008).

1 Organización Mundial de la Salud - OMS
2 Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos - EPA
3 Norma de Calidad de Aire Ambiente del Ecuador - NCAA



Fuente: "La Fiscalía propone acabar con los coches más contaminantes por la vía penal", de A. Prieto Amaya, 2020, Autonomía, (<https://www.autonomia.com/la-fiscalia-pide-acabar-con-los-vehiculos-mas-contaminantes-por-la-via-penal/>).

Contaminación vehicular

En la ciudad de Cuenca, el tráfico vehicular es responsable del 50% del total de emisiones, siendo las originadas por vehículos a diésel la principal fuente de MP₁₀ y MP_{2.5} (Sander, Mira-Salama, & Feuerbache, 2015). De esta manera, la red de monitoreo de la Empresa Pública de Movilidad (EMOV EP) ha registrado un incremento de MP desde el 2011, cuyos valores de MP₁₀ han alcanzado el límite anual de la NCAA en el 2016 (EMOV EP, 2016).



El proyecto "Análisis de metales pesados en MP₁₀ y su relación con enfermedades alérgicas en niños de 3 a 5 años en centros de educación inicial de las áreas urbana y periurbana de Cuenca", monitoreó el MP₁₀ por 24h en instituciones educativas de la ciudad de Cuenca y determinó que el promedio de las concentraciones de estos contaminantes en los puntos monitoreados fue de 52,64 µg/m³; si bien no excedieron los 100 µg/m³ establecidos por la NCAA, sí fueron superiores al límite establecido por la OMS (50 µg/m³) (Rodas Espinoza et al., 2017).

Tráfico vehicular en Cuenca



Fuente: "En Cuenca, los carros generan el 76% de la contaminación", de D. Vera, 2016, El telégrafo" (<http://tiny.cc/nd73jz>).

Aplicación de proyecto en instituciones educativas de Cuenca

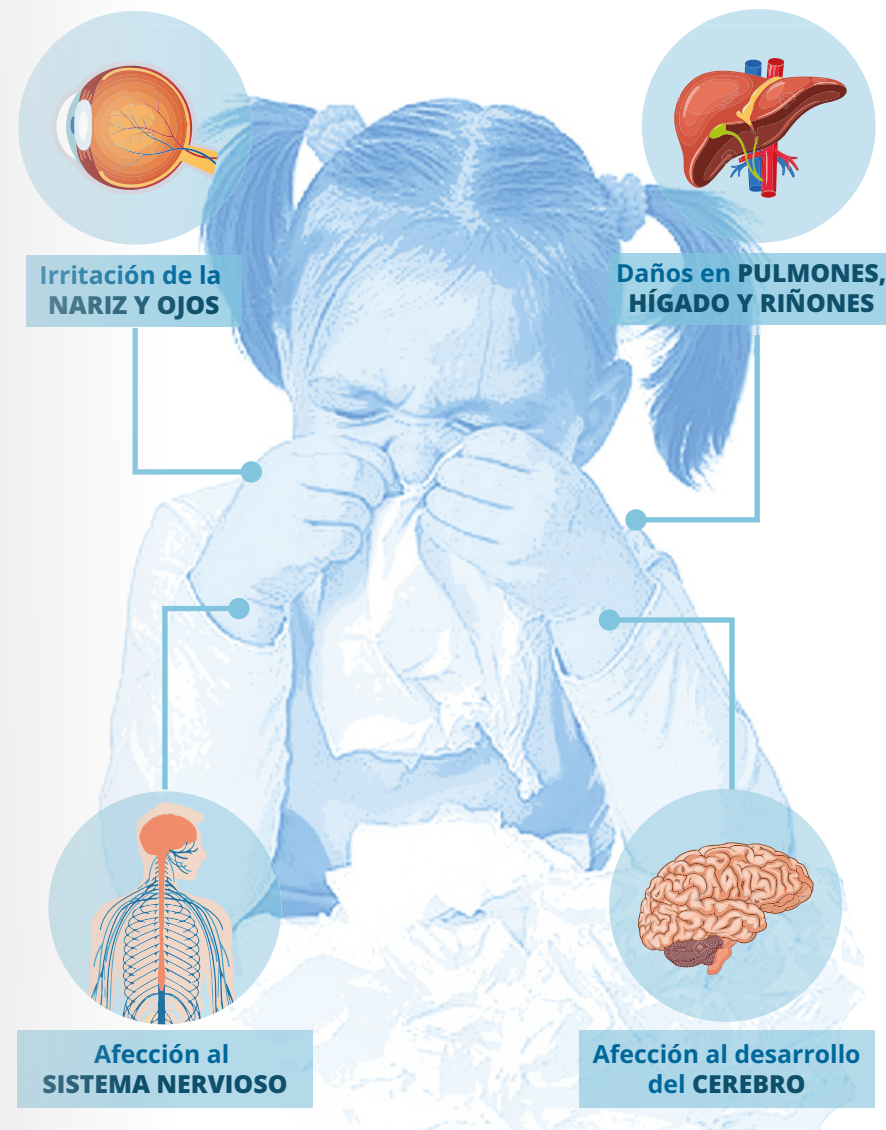


Un estudio realizado en 2015 (Astudillo-Alemán et al., 2015) determinó que el MP en la ciudad de Cuenca contenía elementos metálicos como hierro (Fe), zinc (Zn), manganeso (Mn), cobre (Cu), níquel (Ni) y aniones de cloro (Cl), nitratos (NO_3) y sulfatos (SO_4), los cuales fueron ligados a daño celular en 24 horas de exposición. Con estos precedentes, se analizó la presencia de cuatro metales (Plomo, Cadmio, Cobre y Zinc) en las muestras de MP obtenidas durante proyecto de enfer-

medades alérgicas, verificando la exposición de los niños a los mismos. El ingreso de estos metales al organismo puede causar desde irritación de la nariz, vómito y diarrea, hasta daños en pulmones, hígado, riñones y afección al desarrollo del cerebro y sistema nervioso (Organización Mundial de la Salud, 2018b).

Afección de MP en niños

UNIVERSIDAD DEL AZUAY



04 Estrategias para la mitigación de la contaminación del aire en las escuelas

La exposición a la contaminación del aire relacionada con el tráfico vehicular está vinculada a la distancia de las vías y presenta variaciones dependiendo del contaminante, hora del día y características del sitio. Se ha encontrado que existe una mayor exposición a la contaminación en los primeros 150 m desde las vías; mientras que esta disminuye hasta alcanzar niveles promedio hasta los 600

m (Karner, Eisinger, & Niemeier, 2010).

Si bien las concentraciones suelen ser mayores en espacios abiertos, en el interior de las aulas también pueden ser elevadas, y debido a que en ellas los niños pasan la mayor parte de su tiempo, es necesario implementar estrategias de control de contaminación (EPA, 2015b).

05 Ventilación

Una ventilación adecuada es necesaria para mantener buena calidad de aire en espacios cerrados, además de brindar un entorno de aprendizaje más cómodo que se refleja en mejores calificaciones en las evalua-

ciones y en la asistencia a clase (Mendell & Heath, 2005).

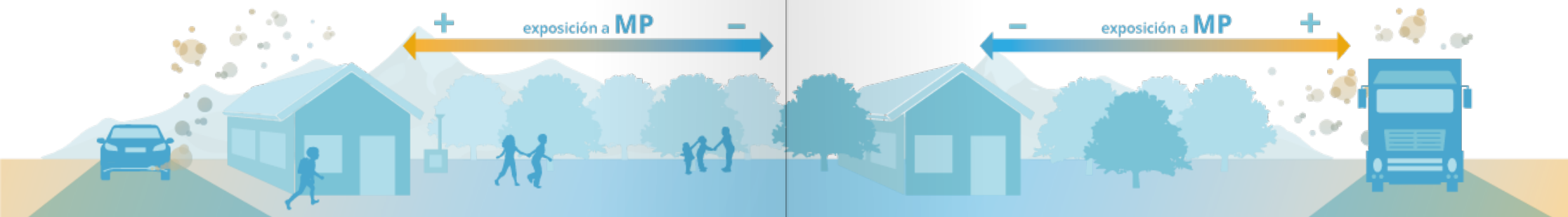
La ventilación se puede lograr de forma natural o mecánica. Si bien la ventilación mecánica logra índices más elevados en el

Ventilación mecánica



intercambio de aire y una mejor calidad en espacios cerrados, el uso de unidades centralizadas resulta costosa (EPA, 2015b). Por otro lado, la reducción de la exposición a la contaminación en aulas con ventilación natural puede lograrse al limitar el ingreso de los contaminantes,

siendo una estrategia sencilla la programación de la apertura y cierre de puertas y ventanas de acuerdo con las horas pico de tráfico.



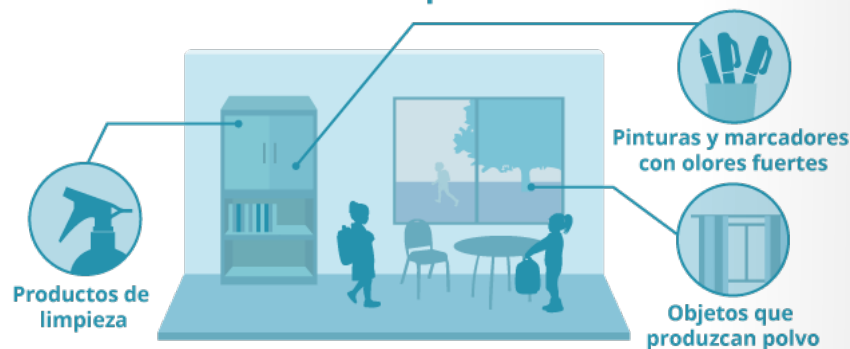
06 Acciones de los ocupantes del edificio

Los ocupantes del edificio, además de evitar la entrada de contaminación del exterior, deben evitar o controlar las fuentes de emisión en los espacios cerrados, ya que los niveles de contaminación de estas pueden ser incluso mayores a las externas (Institute of Medicine of the National Academies, 2004; WHO, 2014).

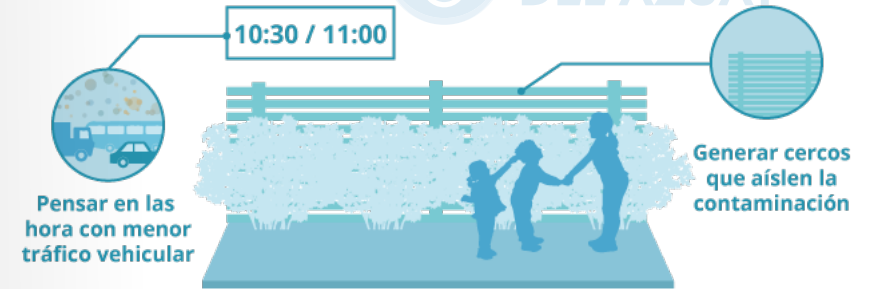
De esta manera, las áreas de combustión como cocinas en los bares de centros educativos deben canalizar sus emisiones al exterior sin comprometer el aire en las áreas de juego de los estudiantes. Se debe almacenar correctamente los líquidos lim-

piadores, desodorantes de ambiente o productos de cuidado personal, ya que al igual que el líquido de algunos insumos de aula como marcadores, pueden evaporarse y formar partículas en el ambiente (US EPA, 2017). Además, se debe evitar el uso de muebles que acumulen o emitan partículas de polvo como alfombras, o en su defecto realizar la limpieza periódica de los mismos, al igual que del edificio y sus materiales previniendo la acumulación de polvo o generación de humedad para evitar emisiones biológicas de moho y bacterias (Institute of Medicine of the National Academies, 2004).

Fuentes de emisión en los espacios cerrados



Actividades al aire libre



Por otro lado, la exposición de los estudiantes durante actividades al aire libre puede reducirse si estas se programan fuera de horarios de contaminación pico, considerando que la contaminación es mayor en días calurosos y soleados (Kliengchuay, Meeyai, Worakhunpiset, & Tantrakarnapa, 2018). Además de que los niveles más altos están cerca de automóviles, camiones y autobuses encendidos, pero inmóviles y en carreteras transitadas (Gorham, 2002).

Con el fin de generar conciencia del pronóstico de calidad del aire diario y ayudar en la planificación de las actividades de los estudiantes al aire libre, se recomienda la aplicación de un programa de banderines de colores que representen los niveles

de contaminación del aire (EPA, 2015b). De esta manera, los colores: verde, tomate y rojo pueden indicar niveles de contaminación bajos o aceptables, poco saludables y peligrosos, respectivamente. Este programa puede utilizar el sistema de visualización del Índice de Calidad del Aire (ICA) para Cuenca, proporcionado por la empresa pública de movilidad, tránsito y transporte de Cuenca (EMOV EP) en conjunto con la Universidad del Azuay (<http://gis.uazuay.edu.ec/ierse/sistemagrafico.php>). Si bien el sistema presenta el ICA de forma continua, es necesario recalcar que dicho sistema utiliza una sola estación para toda la ciudad (radio de alcance de 4km) y la contaminación variará de acuerdo a los factores de tráfico vehicular, meteorología y características del entorno.

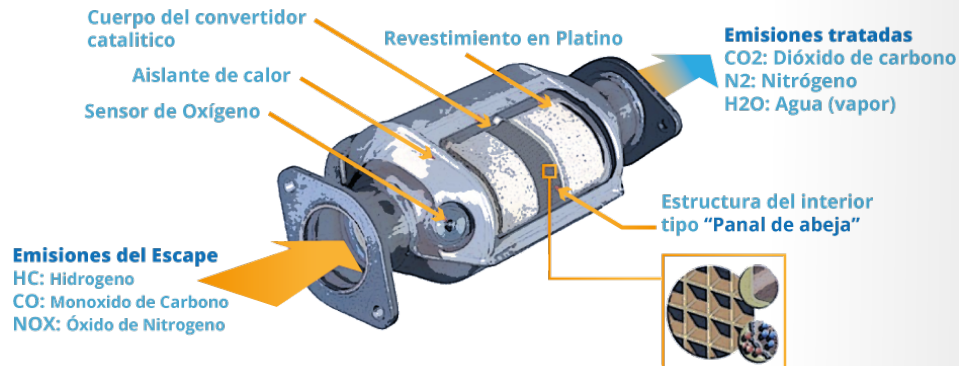
07 Políticas de transporte

Se debe considerar que un vehículo encendido pero inmóvil puede producir una gran cantidad de MP y otros elementos contaminantes del aire. De esta manera, se evita que los transportistas escolares tengan esta práctica en horarios de recolección de los estudiantes (Gorham, 2002).



La contaminación que generan los autobuses escolares también puede reducirse mediante el mejoramiento de las flotas de autobuses. Especialmente el reemplazo de unidades a diésel antiguas que emiten niveles elevados de MP y otros contaminantes. Se considera que los autobuses fabricados durante o después del 2007, son 60 veces más bajos en emisiones que los fabricados antes de 1990 (EPA, 2015b).

Los transportistas pueden considerar la aplicación de filtros de MP o catalizadores de oxidación, además del uso de combustibles alternativos como el biodiésel (Gorham, 2002). Otra estrategia relacionada con el transporte puede ser la ubicación de zonas de ascenso y descenso de pasajeros lo más lejos posible de las aulas, las áreas de juego y las entradas de aire del edificio.



08 Transporte activo

Promover el transporte activo como el traslado a pie y en bicicleta a las escuelas, reduciría la contaminación por el tráfico, ya que existirán menos vehículos cerca de la escuela en horas pico. Se debe considerar que los alumnos que caminan o van en bicicleta pueden estar expuestos a la contaminación de la ruta y otros peligros del tráfico. Sin embargo, las autoridades municipales deberían establecer y diseñar rutas seguras, como senderos para caminar o andar en bicicleta paralelos o lejos de las calles, ofreciendo así una alternativa aceptable para trasladarse evitando la exposición a la contaminación y los pe-

ligros en la vía. De esta manera, los beneficios a la salud por el transporte activo superarían los riesgos por exposición a la contaminación.

Se ha demostrado que caminar o andar en bicicleta mejora la salud y las personas que viven en barrios aptos para el traslado a pie son, por lo general, más activas a nivel físico que aquellas que viven en barrios que no tienen estas condiciones (EPA, 2015b).



09 Barreras físicas o vegetales

Se conoce que la presencia de barreras físicas como paredes o vegetación bloquea el paso de los contaminantes, disminuyendo sus concentraciones (Leonard, McArthur, & Hochuli, 2016). Así se puede considerar la aplicación de éstas en las cercanías de autopistas o vías de alto tráfico circundantes a las escuelas. Sin embargo, su efectividad dependerá de la configuración de la vía, la meteorología local, la altura, diseño y ubicación de la barrera (EPA, 2015b).

El uso de barreras vegetales es más efectivo en la reducción de los contaminantes, debido

a que filtran las partículas que las atraviesan y se acumulan en las superficies de las hojas. Sin embargo, la cantidad de eliminación depende de factores externos como los elementos contaminantes, clima o estación, y de factores de la vegetación como la especie, altura, tamaño de hoja y densidad (Leonard et al., 2016). Algunas características para un filtrado efectivo implican el uso de plantas maduras, siempre verdes y frondosas. Se recomienda la selección de especies locales de fácil adaptación y con bajos requerimientos de mantenimiento (EPA, 2015b).

Barreras vegetales



Para la barrera vegetal pensar en:

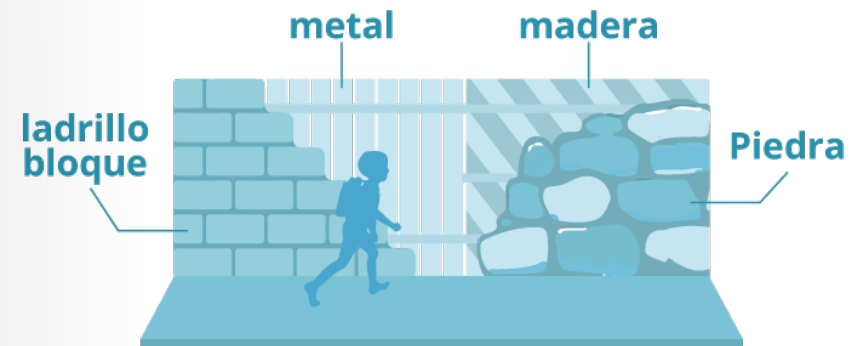


de lograr con una combinación de arbustos y árboles (Tong, Baldauf, Isakov, Deshmukh, & Max Zhang, 2016). Además, se recomienda que la vegetación debe mantener su estructura en todas las estaciones, no emitir contaminantes ni altos niveles de polen, considerando los requisitos de agua y que sean especies estéticas y no invasivas (EPA, 2015b).

Las barreras entre la vía vehicular y área de circulación peatonal, deben buscar que la vegetación tenga una cobertura de hojas y ramas desde el suelo hasta la parte superior, es decir, sin huecos en el medio, ni debajo de la vegetación. Esto se pue-

En cualquier caso, la vegetación puede usarse como una zona intermedia con respecto a la distancia de las personas con la vía vehicular, al mismo tiempo que crea un espacio más atractivo y con sombra, que favorece el transporte activo, como alternativa al uso de vehículos

Barreras físicas





Referencias

- Astudillo-Alemán, A. L., Ramirez Orellana, M. I., Garcia Alvear, N. B., Gónzales Arévalo, G. J., Gutierrez Valle, I. A., & Bailón Moscoso, N. C. (2015). Caracterización química del material particulado PM10 de la zona urbana de Cuenca- Ecuador e investigación de su genotoxicidad e inducción de estrés oxidativo en células epiteliales alveolares A549. *Revista de Toxicología*, (32), 121–126.
- Barry, R. G. (2009). *Atmosphere, Weather and Climate*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203871027>
- EMOV EP, R. de M. de C. del A. (2016). Informe de la Calidad del Aire Cuenca 2016.
- EPA. (2015a). Criteria Air Pollutants. *America's Children and the Environment*, (October), 1–22. Retrieved from <http://www.epa.gov/criteria-air-pollutants>
- EPA. (2015b). *Las mejores prácticas para reducir la exposición a la contaminación cerca de las carreteras en las escuelas*. Retrieved from <https://www.epa.gov/healthy-schools-healthy-kids/las-mejores-practicas-para-reducir-la-exposicion-la-contaminacion-cerca>
- Gorham, R. (2002). *Air pollution from ground transportation an assessment of causes , strategies and tactics , and proposed actions for the international community*. Naciones Unidas: <https://www.un.org/esa/gite/csd/gorham.pdf>.
- Grant, L. D., Kotchmar, D. J., National Center for Environmental Assessment, & USEPA. (2004). *Air Quality Criteria for Particulate Matter*. Environmental Protection, (October), 1–900. <https://doi.org/EPA 600/P-99/002aF-bF>
- Institute of Medicine of the National Academies. (2004). *Damp Indoor Spaces and Health*. Washington, DC:National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/661>



- Karner, A. A., Eisinger, D. S., & Niemeier, D. A. (2010). Near-roadway air quality: Synthesizing the findings from real-world data. *Environmental Science and Technology*, *44*(14), 5334–5344. <https://doi.org/10.1021/es100008x>
- Kliengchuay, W., Meeyai, A. C., Worakhunpiset, S., & Tantrakarnapa, K. (2018). Relationships between meteorological parameters and particulate matter in Mae Hong Son province, Thailand. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *15*(12). <https://doi.org/10.3390/ijerph15122801>
- Leonard, R. J., McArthur, C., & Hochuli, D. F. (2016). Particulate matter de position on roadside plants and the importance of leaf trait combinations. *Urban Forestry & Urban Greening*, *20*, 249–253. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.09.008>
- Maji, K. J., Dikshit, A. K., Deshpande, A., & Speldewinde, P. C. (2016). Human health risk assessment due to air pollution in ten urban cities in Maharashtra, India. *Cogent Environmental Science*, *0*. <https://doi.org/10.1080/23311843.2016.1193110>
- Mendell, M. J., & Heath, G. A. (2005). Do indoor pollutants and thermal conditions in schools influence student performance? A critical review of the literature. *Indoor Air*, *15*(1), 27–52. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0668.2004.00320.x>
- Mohankumar, S., & Senthilkumar, P. (2017). Particulate matter formation and its control methodologies for diesel engine: A comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *80*(June), 1227–1238. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.133>
- NASA. (2019). The Atmosphere: Getting a Handle on Carbon Dioxide – Climate Change: Vital Signs of the Planet. <https://climate.nasa.gov/news/2915/the-atmosphere-getting-a-handle-on-carbon-dioxide/>



- Organización Mundial de la Salud. (2018a). Calidad del aire ambiente (exterior) y salud. [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- Organización Mundial de la Salud. (2018b). Intoxicación por plomo y salud. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>
- Rodas Espinoza, C. R., Mora Verdugo, M. A., Neira Molina, V. A., Andrade Tenesaca, D. S., Ochoa, A. M., Argudo, D. M., ... Orellana, D. (2017). Enfermedades alérgicas. <https://www.cedia.edu.ec/es/proyectos-ganadores/cepra-xi/enfermedades-alergicas>
- Sander, K., Mira-Salama, & Feuerbache, D. (2015). The Cost of Air Pollution A Case Study for the city of Cuenca, Ecuador. The World Bank, (June).
- Thorpe, A., & Harrison, R. M. (2008). Sources and properties of non-exhaust particulate matter from road traffic: *A review. Science of the Total Environment*, 400(1-3), 270-282. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.06.007>
- Tong, Z., Baldauf, R. W., Isakov, V., Deshmukh, P., & Max Zhang, K. (2016). Roadside vegetation barrier designs to mitigate near-road air pollution impacts. *Science of The Total Environment*, 541, 920-927. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.09.067>
- TULSMA. (2004). Anexo 4. *Ministerio Del Ambiente, LIBRO 4*, 124.
- U.S. Environmental Protection Agency. (2009). Terms of Environment: glossary, abbreviations and acronyms. https://aspub.Epa.Gov/Sor_internet/Registry/Termreg/Searchandretrieve/GlossariesandKeywords/Lists/Search.
- Do?Details=&vocabName=Terms of Env (2009)&filterTerm=Air Pollution&checkedAcronym=true&checkedTerm=true&hasDefinitions=false&filterTerm=Air Pollution.



- US EPA. (2014). Greenhouse Gas (GHG) Emissions. <https://www.epa.gov/ghgemissions>
- US EPA, O. (2017). Particulate Matter (PM) Basics. <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics#PM>
- Vallero, D. (2014). Air Pollutant Hazards. *In Fundamentals of Air Pollution* (pp. 197-214). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-401733-7.00007-4>
- WHO. (2014). Indoor air pollution. <https://www.who.int/phe/air/en/>

¹ Las estrategias propuestas se basan en las establecidas por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (<https://www.epa.gov/healthy-schools-healthy-kids/las-mejores-practicas-para-reducir-la-exposicion-la-contaminacion-cerca>)



UNIVERSIDAD DE CUENCA



UNIVERSIDAD
DEL AZUAY

Casa 
Editora

ISBN: 978-9942-822-59-8

