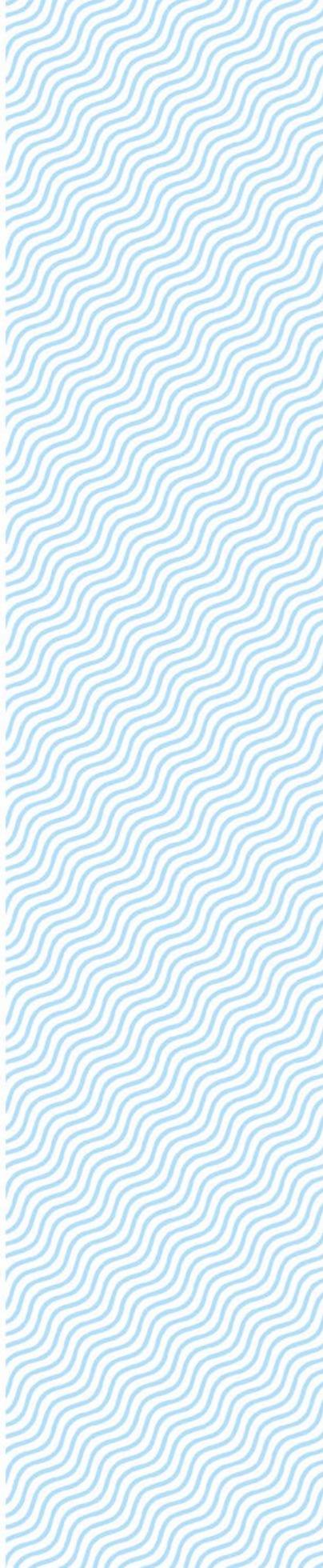


EL AIRE QUE RESPIRAMOS

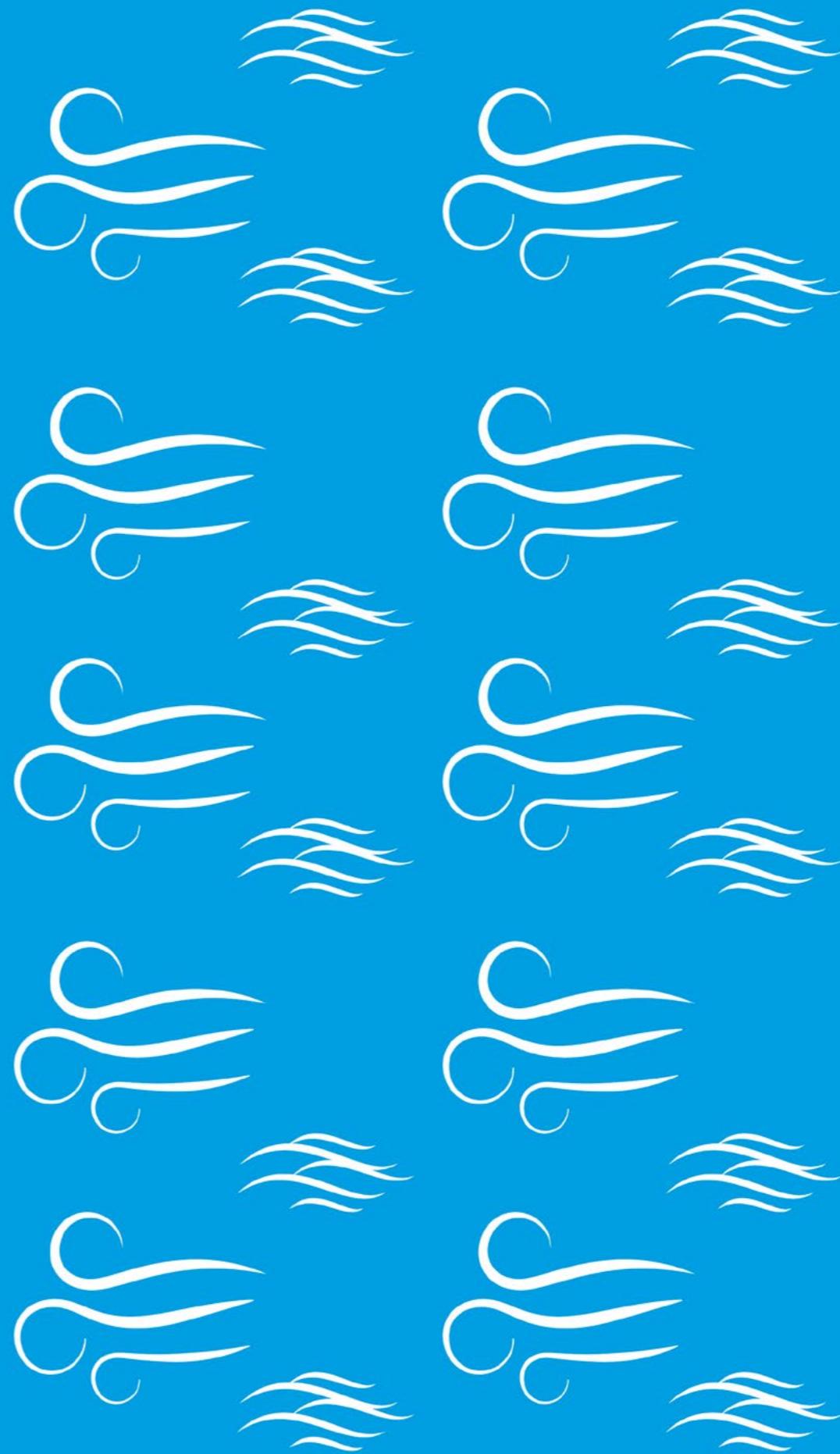
Los efectos de la contaminación del aire y del cambio climático en la salud de la niñez en el Ecuador





© Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia – UNICEF
UNICEF Ecuador
Edificio Titanium Plaza Av. República E7-61, entre Alpallana y Martín Carrión
Teléfono: (593-2) 2460330
www.unicef.org/ecuador
Quito - Ecuador

Fotografía de portada: ©UNICEF/ECU/2019/Arcos
Diseño de portada: Mauricio López / LETRA SABIA Servicios Editoriales
Primera edición Julio Awad / LETRA SABIA Servicios Editoriales:



EL AIRE QUE RESPIRAMOS

Los efectos de la contaminación del aire y del cambio climático en la salud de la niñez en el Ecuador



PREÁMBULO



En este momento, el futuro de la niñez se ve más incierto que nunca. Como humanidad, hemos logrado grandes avances hacia el cumplimiento de los derechos de cada niño y niña; no obstante, la pandemia global causada por el COVID-19 ha mostrado la fragilidad de estos avances cuando no aplican por igual a todos y cuando depredamos los sistemas ambientales que nos rodean. La pandemia ha puesto de relieve la interdependencia entre nuestra salud y el estado del ambiente, así como también las vulnerabilidades económicas y sociales que influyen en la exposición a las amenazas ambientales.

Investigaciones recopiladas en el presente informe muestran con claridad que el nivel de exposición de la niñez a la contaminación del aire está estrechamente vinculado con vivir en barrios con mayores niveles de pobreza, y que la contaminación del aire aumenta el riesgo de complicaciones de salud por COVID-19. Asimismo, la contaminación del aire y el cambio climático tienen los mismos orígenes, y comparten muchas de las soluciones como, por ejemplo, la reducción en el uso de combustibles fósiles.

La respuesta a la pandemia de COVID-19 nos proporciona, como sociedad, una oportunidad de invertir en soluciones que reduzcan la vulnerabilidad de las familias frente a esta y futuras

crisis, y que disminuyan la degradación ambiental a causa de nuestros patrones de consumo y producción claramente insostenibles. Para esto, es imprescindible fortalecer la generación de información y el acceso a la misma, alianzas estratégicas, inversiones innovadoras, un liderazgo político visionario, y el desarrollo de espacios de diálogo entre todos los sectores sociales con la representación activa de niñas, niños, adolescentes y jóvenes.

Desde UNICEF Ecuador reconocemos esta responsabilidad con las generaciones actuales y futuras. Con este informe queremos poner nuestro grano de arena hacia la profundización del entendimiento de estas interrelaciones y las posibles acciones que se requieren para desarrollar soluciones integrales.

Finalmente, invitamos a nuestros socios y aliados a que también aprovechen la información y las recomendaciones expuestas en este informe, con el fin de buscar soluciones concretas a favor de un futuro más equitativo, sostenible y resiliente para toda la niñez ecuatoriana.

Joaquín González-Alemán

Representante UNICEF Ecuador



RECONOCIMIENTOS

El presente informe fue elaborado por Leonie Dudda, quien colaboró con UNICEF Ecuador a través del programa de becas de Mercator, bajo la supervisión de Moa Cortobius (Oficial de Cambio Climático y WASH UNICEF Ecuador), y Koenraad Vancraeynest (Especialista de WASH UNICEF Ecuador). Además, el informe se ha beneficiado de aportes importantes técnicos de Amy Wickham (Especialista de Cambio Climático, Energía y Ambiente UNICEF), Alban Nouvellon (Especialista de Agua, Saneamiento e Higiene UNICEF LACRO), Hanoch Barlevi (Especialista de Cambio Climático y Desastres UNICEF LACRO).

CITAR COMO: UNICEF Ecuador. (2020). *El aire que respiramos: Los efectos de la contaminación del aire y del cambio climático en la salud de la niñez en el Ecuador*. Quito: UNICEF Ecuador.

RESUMEN EJECUTIVO

La contaminación del aire y el cambio climático están afectando la salud, la vida de las niñas y los niños, y la capacidad de alcanzar su máximo potencial. Viola los derechos de la niñez no solo a sobrevivir sino a prosperar (Consejo de Derechos Humanos, 2020a; Merino Molina, 2016). Cabe indicar que, en Ecuador, el artículo 14 de la Constitución enfatiza el derecho de la población a vivir en un ambiente saludable (Ministerio del Ambiente, 2010, 2011).

La contaminación del aire o la contaminación atmosférica es directamente perjudicial para el logro de varios Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), particularmente el ODS 3: *Salud y bienestar*, el ODS 11: *Ciudades y comunidades sostenibles* y el ODS 13: *Acción por el clima*. Además, la contaminación atmosférica afecta a la mayoría de los demás objetivos: ODS 1: *Fin de la pobreza*, ODS 4: *Educación de calidad*, ODS 5: *Igualdad de género*, ODS 7: *Energía asequible y no contaminante*, ODS 8: *Trabajo decente y crecimiento económico*, ODS 9: *Industria, innovación e infraestructura*, ODS 10: *Reducción de las desigualdades*, ODS 12: *Producción y consumo responsables*, ODS 15: *Vida de ecosistemas terrestres*, ODS 16: *Paz, justicia e instituciones sólidas*, y ODS 17: *Asociaciones para lograr los objetivos*.

La contaminación del aire es un problema mundial. Más del 90 % de las niñas y los niños en el mundo viven en áreas que exceden los límites de contaminación del aire según la Organización Mundial de la Salud (OMS) (Consejo de Derechos Humanos, 2020a; Rees y UNICEF, 2016; Watts et al., 2019; OMS, 2017a). La combustión por medios de transporte, energía e industria es una fuente de contaminación importante por emisión de ozono, óxido de azufre, óxido de nitrógeno y óxido de carbono (Clark et al., 2020; Landrigan et al., 2018; Watts, Amann, Arnell, et al., 2018). Con el fin de ilustrar, se puede distinguir entre la disminución de la contaminación del aire interior en cocinas y calefacción, y el aumento de la contaminación

del aire exterior producto del consumo de combustibles fósiles (Laborde et al., 2015; Landrigan et al., 2018; Rees y UNICEF, 2016; OMS, 2017b). Sin embargo, la contaminación del aire varía mucho con el tiempo y puede viajar largas distancias (Bernhardt et al., 2019; Landrigan et al., 2018; Rees y UNICEF, 2016).

Los vínculos entre la contaminación atmosférica y el cambio climático son dos. Por un lado, la contaminación atmosférica y el cambio climático son a menudo causados por las mismas fuentes (Landrigan et al., 2018; Rees y UNICEF, 2016; Watts et al., 2019), y el cambio climático puede agravar los efectos de la contaminación del aire (D'Amato et al., 2014; Rees, 2017; OMS, 2017b). Por otro lado, los esfuerzos para mitigar el cambio climático mejoran la calidad del aire y la salud general de las personas (Landrigan et al., 2018; Rees y UNICEF, 2016; Watts et al., 2019; OMS, 2017b). Además, los beneficios para la salud compensan algunos de los costos relacionados con la reducción de gases de efecto invernadero (Landrigan et al., 2018; Rees y UNICEF, 2016; Watts et al., 2019). En resumen, tanto las fuentes como las soluciones para el cambio climático y la contaminación del aire están profundamente interrelacionadas.

La contaminación del aire causa más de 7 millones de muertes prematuras cada año, incluidos 600 000 niños menores de 5 años (Laborde et al., 2015; Rees y UNICEF, 2016; Watts et al., 2019). El escenario se está poniendo peor: para el año 2050 se prevé que la contaminación del aire se convertirá en la principal causa de muertes relacionadas con el medio ambiente (OCDE, 2012; UNED, 2014). En la región de América Latina y el Caribe (ALC), se estima que alrededor de 100 mil muertes por año son causadas por la exposición ambiental a partículas respirables presentes en la atmósfera de nuestras ciudades (PM_{2,5}) en forma sólida o líquida (Clean Air Institute, 2016). Además, está documentado que la contaminación del aire tiene efectos nocivos en el neonato, relacionados con

abortos espontáneos, partos prematuros y bajos pesos al nacer (Clark et al., 2020; Laborde et al., 2015; Landrigan et al., 2018; Rees y UNICEF, 2016). La contaminación del aire también se asocia con enfermedades respiratorias como la neumonía (Rees y UNICEF, 2016; Save the Children, 2019; OMS, 2017b) y efectos negativos en el desarrollo del cerebro con daños permanentes (Clark et al., 2020; Rees y UNICEF, 2016; OMS, 2017b). Asimismo, las enfermedades cardiovasculares y pulmonares en adultos están relacionadas con la contaminación del aire (Landrigan et al., 2018; Rees y UNICEF, 2016; OMS, 2017b). Todos estos efectos conllevan costos considerables tanto para el individuo como para la sociedad en general (Awe et al., 2015; Rees y UNICEF, 2016).

Niñas y niños (particularmente aquellos con condiciones preexistentes) son especialmente vulnerables a la contaminación del aire debido a que están cerca de contaminantes, por ejemplo, cuando juegan al aire libre durante las horas pico, en el suelo donde la concentración de contaminantes es alta y/o en interiores, cerca de la cocina. También, las personas menores de edad tienen la frecuencia respiratoria más alta, por lo tanto, absorben más aire por unidad de peso, y sus sistemas respiratorio, inmunológico y neurológico no están completamente desarrollados (Rees, 2017; Rees y UNICEF, 2016; OMS, 2017a).



La contaminación del aire genera mayor impacto en los más pobres y tiene, claramente, una dimensión de género (Clark et al., 2020; Landrigan et al., 2018; Rees y UNICEF, 2016). Las mujeres

son desproporcionalmente vulnerables debido a las normas establecidas a nivel social que las hacen responsables de prácticas como la cocina. Fisiológicamente, la exposición de mujeres embarazadas a la contaminación del aire afecta su bienestar en gran medida.

En Ecuador, más del 90 % de los hogares usa combustible limpio para cocinar (Gould et al., 2018). En contraposición, el consumo de combustibles fósiles en los medios de transporte, la energía y la industria son fuentes primarias para la contaminación del aire en las ciudades (FLACSO/MAE/PNUMA, 2008; Moreira-Romero, 2018; Paredes, 2013). En especial los datos de Quito y Cuenca indican un nivel moderado de contaminación del aire (EMOV, 2017; Secretaría de Ambiente, 2020), donde los niveles de partículas en suspensión exceden las normas nacionales y de la OMS. Los impactos en la salud por la contaminación del aire han sido documentados en Ecuador; los estudios encontraron vínculos entre contaminación atmosférica y enfermedades respiratorias, déficits neuroconductuales, condiciones cardiovasculares y altos costos relacionados con estas enfermedades (Estrella Cahuenas, 2019; Harris et al., 2011; Khan et al., 2019; Ministerio del Ambiente, 2010).

Para hacer frente a la contaminación del aire, se están desarrollando colaboraciones, recolección de datos, campañas y planes de acción a nivel internacional (Bernhardt et al., 2019; Landrigan et al., 2018). En Ecuador se están realizando investigaciones, desarrollando regulaciones, planes y programas relacionados (FLACSO/MAE/PNUMA, 2008; Ministerio del Ambiente, 2010). En Quito, en lo referente al tema de consumo de combustibles, se ha establecido una red de monitoreo, regulación y restricción de cuándo y dónde se pueden usar los vehículos (MAE y PNUMA, 2017; Ministerio del Ambiente, 2010; Secretaría de Ambiente, 2019). Un programa de investigación sobre la contaminación del aire, aplicado en toda la ciudad entre 2002 y 2007, disminuyó con éxito los niveles de monóxido de carbono, lo que conllevó la reducción de la frecuencia de enfermedades respiratorias en menores de edad (Estrella et al., 2019; Estrella Cahuenas, 2019). Sin embargo, se pueden implementar medidas adicionales. Las

Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC, por sus siglas en inglés) y las negociaciones internacionales deben prestar especial cuidado a la contaminación del aire, pudiendo implementar más regulaciones y políticas (D'Amato et al., 2014; Landrigan et al., 2018; Rees y UNICEF, 2016).

Es importante crear conciencia entre los jóvenes a través de la participación y la educación (COP25, 2019; UNICEF LACRO, 2019b). El fortalecimiento de la investigación a través de financiamiento en la generación de instituciones sólidas puede traer cambios positivos (Landrigan et al., 2018; Rees y UNICEF, 2016). Las ciudades pueden trabajar en alternativas sostenibles de transporte y planificación urbana (Rees y UNICEF, 2016; Conferencia de las Naciones Unidas sobre Vivienda y Desarrollo Urbano Sostenible, 2017; Watts et al., 2019). El monitoreo del aire y la puesta a disposición de los datos recolectados en las plataformas de información pueden acelerar una mejor acción (Landrigan et al., 2018; Rees y UNICEF, 2016; Watts et al., 2019). Finalmente, son esenciales las alianzas interdisciplinarias en todos los niveles (Laborde et al., 2015; Landrigan et al., 2018). Estas acciones cuentan con un gran apoyo de los jóvenes ecuatorianos (UNICEF Ecuador, 2020b).

La capacidad intersectorial de UNICEF Ecuador, combinada con su capacidad para apalancar los recursos y la tecnología, posiciona a la organización en un lugar único para ofrecer soluciones integradas que hacen frente a la contaminación del aire y que contribuyen a la mejora de la salud, incluyendo la salud materna, y el bienestar de los infantes, niños, niñas, adolescentes y jóvenes.

Las posibles acciones incluyen:

- **Conocimiento.** Asegurarse de estar actualizado.
- **Coordinación.** Colaborar y estar en constante comunicación con todos los actores relevantes.
- **Proyecto piloto.** Desarrollar un proyecto piloto destacando todas las oportunidades.
- **Integración.** Evaluar dónde integrar el tema en la programación existente.
- **Financiamiento.** Movilizar recursos para futuras acciones.



©UNICEF/ECU/2020/Kingman

CONTENIDO

PREÁMBULO	6
RECONOCIMIENTOS	7
RESUMEN EJECUTIVO.....	8
ACRÓNIMOS Y SIGLAS	16
ANTECEDENTES	17
La contaminación del aire	18
Contaminación del aire y el cambio climático	24
Contaminación del aire y salud	27
Entendiendo las vulnerabilidades particulares de las niñas y los niños.....	30
METODOLOGÍA.....	32
CONTAMINACIÓN DEL AIRE EN ECUADOR.....	34
Recursos y situación actual.....	35
Impactos en la salud documentados en Ecuador	40
SOLUCIONES	42
Lo que se ha hecho	43
¿Qué más se podría hacer?.....	47
RECOMENDACIONES.....	52
1. Conocimiento	54
2. Coordinación	55
3. Proyecto piloto	56
4. Integración transversal.....	57
5. Financiamiento.....	58
REFERENCIAS	59

FIGURAS

Figura 1: Contaminantes atmosféricos primarios seleccionados y sus fuentes a nivel mundial en 2015	22	Figura 17: Nivel promedio de PM2,5 durante 24 horas en Quito, 2005 - 2018	37
Figura 2: IQ Mapa aéreo, 30 de marzo de 2020.....	23	Figura 18: Promedio anual de niveles de PM2,5 en Quito, 2005 - 2018	37
Figura 3: Monitoreo a nivel mundial de la contaminación del aire: índice de calidad del aire en tiempo real, 31 de marzo de 2020	23	Figura 19: Índice de Calidad del Aire Cuenca, 30 de marzo de 2020	38
Figura 4: Estaciones de monitoreo a nivel mundial de la contaminación del aire en tiempo real	23		
Figura 5: Relación entre contaminación del aire y cambio climático	24		
Figura 6: El dióxido de nitrógeno en el aire cae en picada sobre China	26		
Figura 7: Muertes causadas por la contaminación del aire exterior e interior, 1990-2015	27		
Figura 8: Años de vida ajustados por discapacidad (AVAD) por contaminación de PM2,5 por grupo de edad en 2013	27		
Figura 9: Efectos en la salud por contaminación del aire	28		
Figura 10: Efectos de la contaminación del aire en las esferas social y económica	29		
Figura 11: Muertes estimadas a nivel mundial por factor de riesgo de contaminación y edad de fallecimiento, 2015	31		
Figura 12: Años de vida ajustados por discapacidad mundiales estimados por factor de riesgo de contaminación y edad al fallecer, 2015	31		
Figura 13: IQAir Map Ecuador, 30 de marzo de 2020	35		
Figura 14: Contaminación del aire de Ecuador: Índice de calidad del aire en tiempo real, 31 de marzo de 2020	35		
Figura 15: Índice Quiteño de Calidad del Aire (IQCA), marzo de 2020	36		
Figura 16: Contaminación del aire en Quito, 31 de marzo de 2020	36		

TABLAS

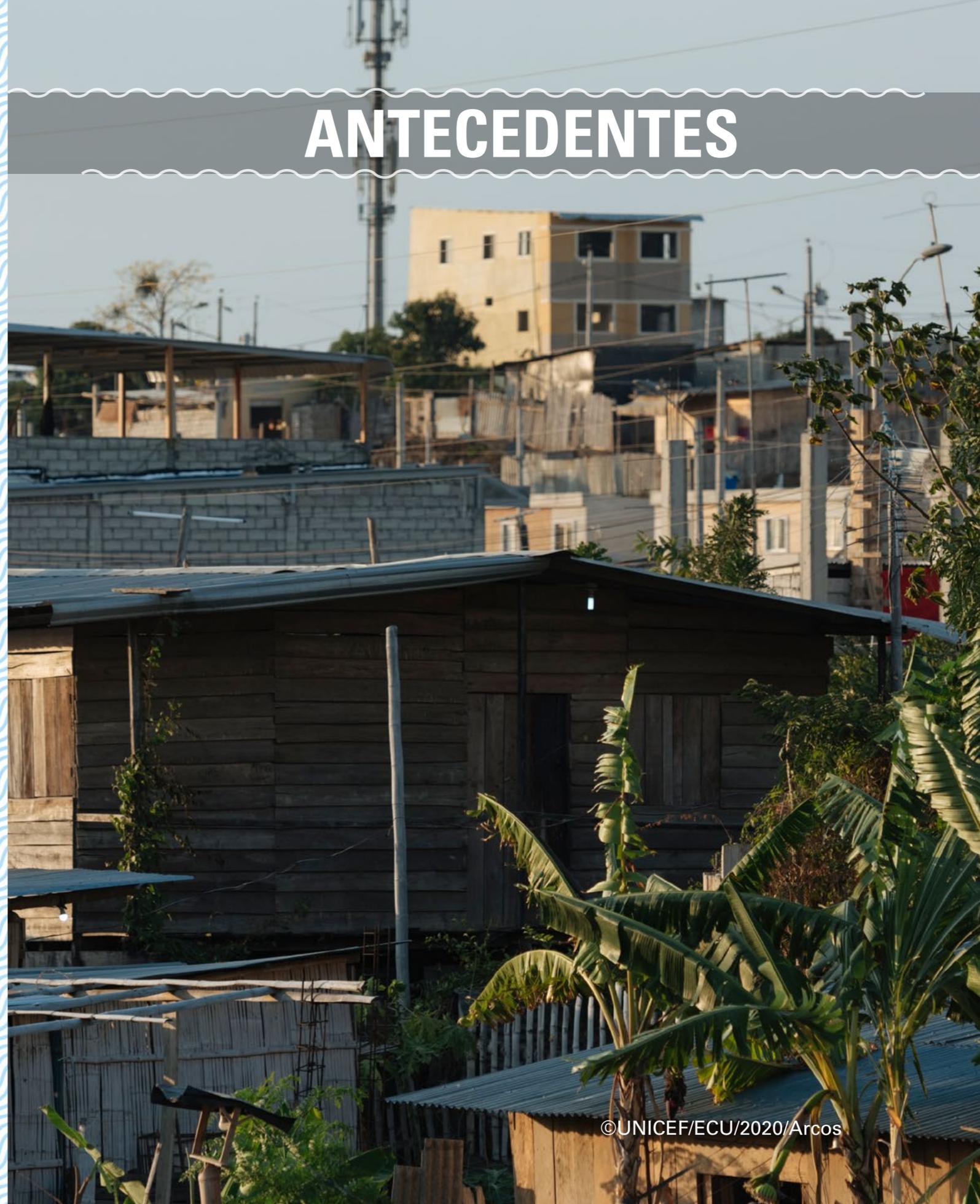
Tabla 1: Niveles máximos de concentración de los principales componentes de la contaminación del aire permitidos en Ecuador, en comparación con los lineamientos de calidad del aire de la Organización Mundial de la Salud48



ACRÓNIMOS Y SIGLAS

AEC	Acción para el Empoderamiento Climático
CO	Monóxido de carbono
COHb	Carboxihemoglobina
EPOC	Enfermedad pulmonar obstructiva crónica
COVID-19	Enfermedad de coronavirus 2019
C40	Grupo de Liderazgo Climático C40
AVAD	Años de vida ajustados por discapacidad
DIT	Desarrollo infantil temprano
EMOV	Empresa Pública Municipal de Movilidad, Tránsito y Transporte de Cuenca
PIB	Producto interno bruto
IQCA	Índice Quiteño de Calidad del Aire
ALC	América Latina y el Caribe
GLP	Gas licuado de petróleo
SMNI	Salud materna, neonatal e infantil
NASA	Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio
NDC	Contribuciones determinadas a nivel nacional
ONG	Organizaciones no gubernamentales
NO	Óxido de nitrógeno
O ₃	Ozono
MP	Material particulado
ODS	Objetivos de desarrollo sostenible
SO ₃	Óxido de azufre
RU	Reino Unido
ONU	Organización de las Naciones Unidas
UNICEF	Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia
EUA	Estados Unidos de América
USD	Dólares de Estados Unidos de América
WAQI	Índice Mundial de la Calidad del Aire
OMS	Organización Mundial de la Salud

ANTECEDENTES





LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE



A nivel mundial, 9 de cada 10 personas respiran aire contaminado, especialmente en países de renta baja y mediana (Rees y UNICEF, 2016; Watts, Amann, Ayeb-Karlsson, et al., 2018; Watts, Amann, Arnell, et al., 2018; Watts et al., 2019; OMS, 2017b). Más del 90 % de las niñas y los niños en todo el mundo viven en áreas que exceden los niveles nocivos de contaminación del aire, según la OMS (Consejo de Derechos Humanos, 2020a; Rees y UNICEF, 2016; Watts et al., 2019; OMS, 2017a), y 630 millones de estos niños son menores de 5 años (Consejo de Derechos Humanos, 2020a).

A nivel global, los sectores que generan contaminación del aire son, principalmente, los hogares, la industria, la electricidad, el transporte y la agricultura (Bernhardt et al., 2019; Clark et al., 2020; Watts, Amann, Arnell, et al., 2018). Sin embargo, la combustión de combustibles fósiles en países de ingresos altos y medios, y biomasa en países de bajos ingresos, representa la mayor parte de la contaminación (Landrigan et al., 2018). Los combustibles fósiles aportan el 95 % del combustible utilizado para el transporte a nivel mundial (Watts et al., 2019). Por otro lado, la quema de desechos, los incendios forestales, las tormentas de polvo y las erupciones volcánicas también contribuyen a la contaminación del aire (Rees y UNICEF, 2016).

Si bien se repiten muchos de los mismos contaminantes, y a menudo coexisten, se puede distinguir entre la contaminación del aire interior o doméstico, y la contaminación del aire exterior o ambiente (Landrigan et al., 2018).

Contaminación del aire interior o del hogar

La principal fuente de contaminación del aire interior es la quema de combustibles sólidos de biomasa para cocinar, calefacción y alumbrado, especialmente en zonas rurales (Laborde et al., 2015; Rees y UNICEF, 2016; OMS, 2017b). A nivel mundial, casi 3000 millones de personas están

expuestas a la contaminación del aire interior (Rees y UNICEF, 2016; OMS, 2017b); no obstante, la contaminación del aire en los hogares en todo el mundo está disminuyendo lentamente (Landrigan et al., 2018). Cabe indicar que la quema de combustibles sólidos de biomasa en interiores también contribuye a la contaminación del aire exterior (OMS, 2017b).

Contaminación del aire exterior o ambiente

La principal fuente de contaminación del aire exterior es la quema de combustibles fósiles. La contaminación del aire exterior va en aumento y las zonas urbanas son las más afectadas (Landrigan et al., 2018; OMS, 2017b). El principal impulsor de la contaminación del aire exterior es el crecimiento urbano (Awe et al., 2015; Save the Children, 2019; PNUMA, 2014); este factor va en ascenso: para el año 2050 se espera que dos tercios de la población viva en áreas urbanas (Watts et al., 2019). Una deficiente planificación urbana y el aumento de medios de transporte privados son fuentes importantes de emisiones urbanas (OMS, 2017b). Los medios de transporte continúan utilizando casi exclusivamente combustibles fósiles (Watts, Amann, Arnell, et al., 2018). Por otro lado, las prácticas agrícolas, principalmente en áreas rurales, también contribuyen a la contaminación del aire exterior (Watts, Amann, Arnell, et al., 2018; OMS, 2017b). 2000 millones de niños viven en áreas donde la contaminación del aire exterior excede los límites internacionales (Rees y UNICEF, 2016).

Clasificación de contaminantes

Los contaminantes más comunes que afectan la salud humana (ver Figura 1) incluyen:



Partículas o material particulado

El PM es una mezcla de partículas tóxicas (Secretaría de Ambiente, s.f.; OMS, 2017b); la producción y uso de energía (especialmente energía de carbón) generan el 85 % de estos contaminantes (Watts, Amann, Ayeb-Karlsson, et al., 2018). Dependiendo de su tamaño, el PM se divide en diferentes categorías y tiene un impacto distinto en la salud:

- PM10. Partículas que miden menos de 10 micras de diámetro; constan de sulfato, nitratos, amoníaco, cloruro de sodio y carbono negro. Permanecen en el sistema respiratorio y pueden bloquear los conductos bronquiales (Secretaría de Ambiente, s.f.).
- PM2,5. Partículas que miden menos de 2,5 micras de diámetro (aproximadamente 1/30 del ancho de un cabello humano) y generalmente se originan de la combustión de carbón u otros combustibles fósiles para la producción de electricidad, transportes y varios procesos industriales (Watts et al., 2019). Otro componente de las partículas finas es el carbono negro que mata a millones de personas cada año (OMS, 2017b). La quema de combustibles sólidos también contribuye significativamente a la contaminación por PM2,5 (Watts et al., 2019). El 98 % de las grandes ciudades tienen niveles de PM2,5 que exceden los índices establecidos por la OMS (OMS, 2017b). El PM2,5 se considera a menudo más peligroso que el PM10, ya que puede ingresar al torrente sanguíneo (Bernhardt et al., 2019; Carrillo, 2015; Rees y UNICEF, 2016; Secretaría de Ambiente, s.f.).

Según la OMS, no existe un nivel seguro de partículas con cero efectos adversos para la salud (D'Amato et al., 2014; Secretaría de Ambiente, s.f.).



El ozono es un gas natural de la atmósfera de la Tierra. Sin embargo, a nivel del suelo, se transforma en un contaminante. Este elemento, a nivel del suelo, también llamado ozono troposférico, se crea a través de una reacción entre las emisiones de los vehículos por quema de combustible, la industria y la luz solar. Como consecuencia, los niveles de O_3 más altos se producen durante los días soleados y en horas de la mañana (Rees y UNICEF, 2016; Secretaría de Ambiente, s.f.). El ozono troposférico causa irritación en el sistema respiratorio, limita las funciones pulmonares y empeora los síntomas del asma (Secretaría de Ambiente, s.f.).

Ozono (O_3)

Óxido de nitrógeno (NO_x)

Este contaminante se produce principalmente por la quema de combustibles fósiles y ocurre cerca de grandes carreteras (Rees y UNICEF, 2016). Limita la función pulmonar e influye en las enfermedades respiratorias asociadas (Secretaría de Ambiente, s.f.).



Óxido de azufre (SO_2)

Este gas con un olor distintivo se forma cuando se quema carbón o petróleo con elevados niveles de azufre (Rees y UNICEF, 2016). Se pueden encontrar altos niveles de SO_2 en zonas industriales o cerca de plantas termoeléctricas (Secretaría de Ambiente, s.f.). Este empeora los síntomas cardiovasculares y respiratorios, así como el asma (Secretaría de Ambiente, s.f.).

Este gas se produce principalmente por los vehículos, por procesos industriales y durante incendios forestales (Rees y UNICEF, 2016; Secretaría de Ambiente, s.f.). Mientras que los niveles altos causan dolores de cabeza, los niveles extremos podrían conducir a la pérdida del conocimiento y la muerte (Secretaría de Ambiente, s.f.).

Monóxido de carbono (CO).



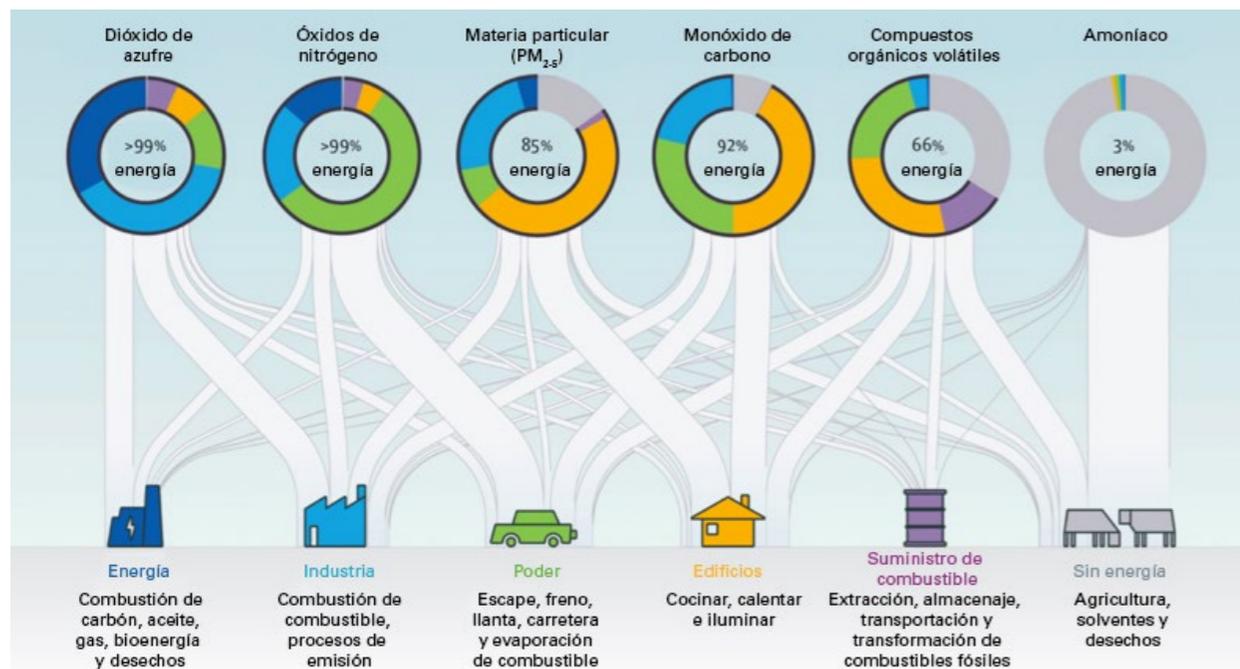


Figura 1: Contaminantes atmosféricos primarios seleccionados y sus fuentes a nivel mundial en 2015 (Watts, Amann, Ayeb-Karlsson, et al., 2018).

Existen otros contaminantes del aire, como el plomo, que en especial se generan mediante la quema de desechos sólidos (Rees y UNICEF, 2016). A menudo, las personas están expuestas a varios de los contaminantes mencionados al mismo tiempo.

Monitoreo de la contaminación del aire

“La reducción de la exposición de las niñas y los niños a los contaminantes - y por lo tanto la reducción del daño a su salud y el desarrollo temprano del cerebro - comienza con una comprensión robusta de la calidad del aire que respiran.”

— Henrietta Fore, Directora Ejecutiva de UNICEF

La contaminación del aire puede cambiar rápidamente según el clima, las actividades y la fuente (Rees, 2017; Rees y UNICEF, 2016). Por ejemplo, los picos de contaminación exterior ocurren en las horas de mayor tráfico vehicular, mientras que cocinar y la quema de la basura tienden a realizarse en horarios distintos (Rees y UNICEF,

2016). Además, los contaminantes no conocen fronteras y pueden viajar largas distancias (Bernhardt et al., 2019; Landrigan et al., 2018; Rees y UNICEF, 2016; Solomon, 2019; PNUMA, 2014).

Para formular respuestas y políticas efectivas dirigidas particularmente a la protección de las niñas y los niños con mayor riesgo, un componente esencial es conformar una red local confiable de monitoreo de la calidad del aire. Estas redes están ancladas por estaciones de medición de alta calidad, se utilizan para mejorar las estimaciones realizadas por mediciones satelitales y monitores de menor costo. La combinación de monitoreo terrestre y el uso de sensores remotos satelitales se utiliza para crear mapas (ver Figuras 2 y 3) de contaminación del aire (Landrigan et al., 2018; Rees y UNICEF, 2016). Cabe señalar que los mapas no muestran la exposición real, pero indican si la contaminación atmosférica es pobre a nivel macro y a largo plazo (Rees y UNICEF, 2016). El monitoreo se realiza principalmente en las ciudades (OMS, 2017b).

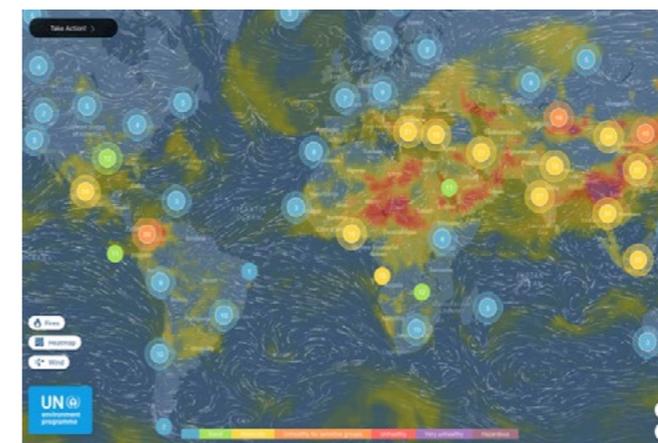


Figura 2: IQ Mapa aéreo, 30 de marzo de 2020 (UN environment, 2020).



Figura 3: Monitoreo a nivel mundial de la contaminación del aire: índice de calidad del aire en tiempo real, 31 de marzo de 2020 (WAQI, 2020).

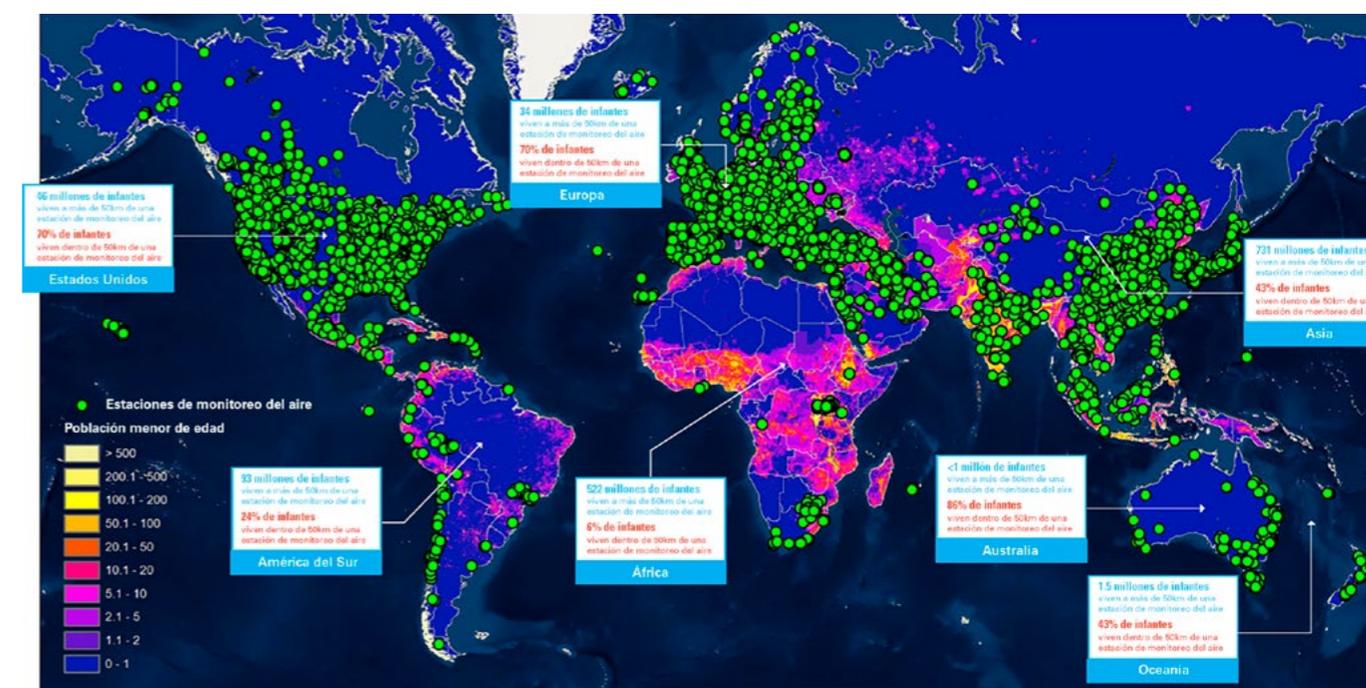


Figura 4: Estaciones de monitoreo a nivel mundial de la contaminación del aire en tiempo real (Rees et al., 2019).

Pese a la existencia de estas redes, apenas el 24 % de las niñas y los niños en Sudáfrica, por ejemplo, viven a menos de 50 km de una estación de monitoreo de aire (ver Figura 4) (Rees et al., 2019). Por lo tanto, no podemos conocer la gravedad del daño y estamos potencialmente subestimando el impacto.

Los contaminantes no conocen fronteras y pueden viajar largas distancias

CONTAMINACIÓN DEL AIRE Y EL CAMBIO CLIMÁTICO

La contaminación del aire y el cambio climático son causados por las mismas fuentes; por ejemplo, el carbono negro de corta duración y el dióxido de carbono a largo plazo se producen a través de la quema de combustibles fósiles (Bernhardt et al., 2019; Landrigan et al., 2018; Rees y UNICEF, 2016; Watts et al., 2019; OMS, 2017b). Las acciones para reducir la contaminación del aire (como invertir en energía renovable y reducir la quema de combustibles fósiles) no solo hacen frente a las amenazas contra la salud pública, sino que también contribuyen a mitigar el cambio climático y benefician a los ecosistemas (Landrigan et al., 2018; Rees, 2017; Rees y UNICEF, 2016; Watts, Amann, Arnell, et al., 2018; Watts et al., 2019; OMS, 2017b). En consecuencia, el costo de reducir la emisión de gases de efecto invernadero podría compensarse parcialmente con el valor económico creado de las mejoras de la salud pública mediante la reducción de la contaminación del aire (Landrigan et al., 2018; Rees y UNICEF, 2016; Watts, Amann, Ayeb-Karlsson, et al., 2018; Watts et al., 2019), de tal forma que se

genera una situación de ganar-ganar-ganar. Por otro lado, el cambio climático puede incrementar los efectos de la contaminación del aire. El aumento de las temperaturas eleva los niveles de polvo, ozono troposférico (debido al aumento de luz solar) y la presencia de partículas en el aire a causa de más incendios, tormentas y un mayor uso de energía alimentada por carbón para enfriamiento (Rees, 2017; UNICEF Ecuador, 2020a; OMS, 2017b). Las temperaturas más cálidas también generan la liberación de más alérgenos, lo que puede incrementar las enfermedades respiratorias como el asma (D'Amato et al., 2014; Consejo de Derechos Humanos, 2017; OMS, 2017b).

En conclusión, el cambio climático y la contaminación del aire están intrínsecamente relacionados en un círculo vicioso.

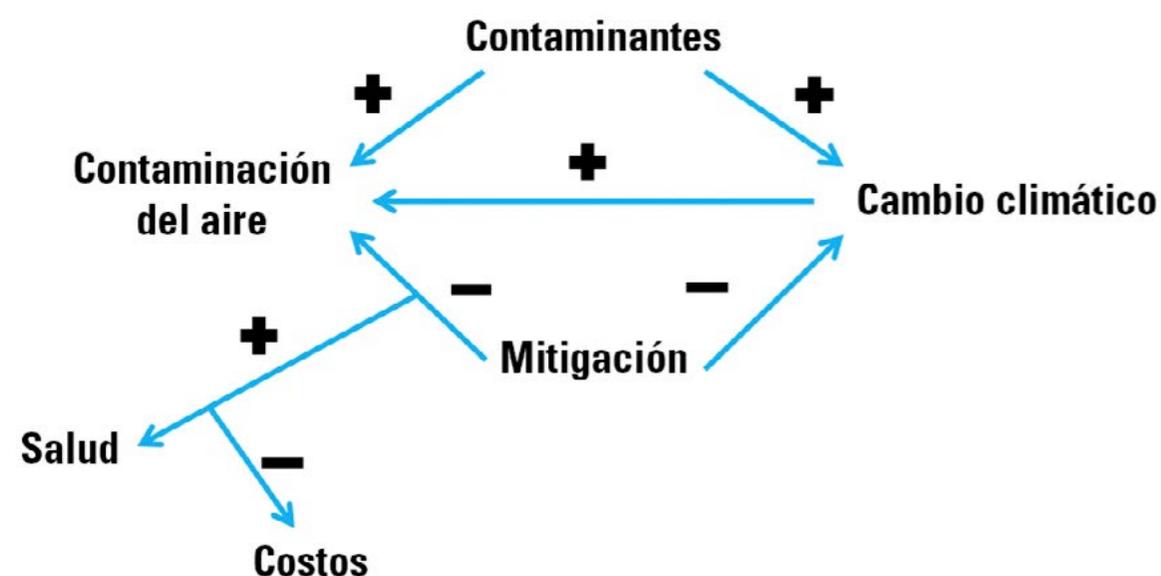


Figura 5: Relación entre contaminación del aire y cambio climático.



Si bien este informe no analiza en profundidad los complejos vínculos entre el cambio climático, la contaminación del aire y COVID-19, vale la pena echar un vistazo a algunas de las interconexiones. El cambio climático aumenta la degradación ambiental que, a su vez, es un factor de riesgo subyacente de enfermedades infecciosas como el COVID-19 a entrar en contacto con los humanos (Banerjee, 2020; Carlson et al., 2020; Carrington, 2020a; UNICEF, 2020b).

El propio COVID-19 es particularmente peligroso para los más pobres quienes, a menudo, viven en áreas de alta contaminación (Carrington, 2020; Friedman, 2020; UNICEF, 2020b; Wu et al., 2020; Wyns, 2020). La contaminación causa enfermedades respiratorias y afecta al sistema inmunológico, lo que causa que las personas sean más vulnerables a cualquier enfermedad, incluida la del COVID-19 (Banerjee, 2020; Carrington, 2020a; Carrington, 2020; Friedman, 2020; Wu et al., 2020). Por ejemplo, se ha comprobado que, a largo plazo, un pequeño aumento a la exposición a PM2,5 conduce a un gran incremento en las tasas de mortalidad por COVID-19 (Carrington, 2020; Friedman, 2020; Ogen, 2020; Wu et al., 2020).

Además, la crisis sanitaria por COVID-19 destaca la necesidad de sistemas de atención médica sólidos y resilientes (Wyns, 2020). Actualmente, las niñas y los niños de todo el mundo están privados de su educación, incluida la educación sobre el cambio climático y la contaminación del aire (UNICEF, 2020b). Por lo tanto, tenemos que proteger a los más vulnerables tratándose de la enfermedad COVID-19, el cambio climático y la contaminación del aire (Wyns, 2020).

Al mismo tiempo, se podría argumentar que el brote de COVID-19 puede representar una oportunidad ya que la contaminación del aire está disminuyendo drásticamente en algunas áreas debido a las restricciones de viaje y el cierre de industrias (ver Figura 6) (Carrington, 2020a; NASA, 2020). Sin embargo, es poco probable que esta mejora de la calidad del aire sea sostenible en el tiempo, además de que se logra a costa de la afectación de muchas personas (Ambrose, 2020; De Paula, 2020; Harvey, 2020). Aun así, podemos entender a la pandemia del COVID-19

como un llamado de atención a garantizar que las inversiones para reactivar la economía después de la pandemia sean amigables con el ambiente (Ambrose, 2020; Harvey, 2020a; UNICEF, 2020b; Wyns, 2020). La pandemia actual nos ofrece la oportunidad de comprender la importancia de la salud, la misma que está constantemente amenazada por el cambio climático y la contaminación del aire (Wyns, 2020).

El brote de COVID-19 muestra, una vez más, que es esencial guiarse por la ciencia, misma que proporciona pruebas sólidas para hacer frente al cambio climático y la contaminación del aire (Wyns, 2020). La pandemia resalta la interdependencia a escala mundial y refuerza lo que podemos hacer si trabajamos juntos (UNICEF, 2020b; Harvey, 2020). Ir de lo global a lo local es esencial para responder a la crisis de COVID-19, cambio climático y contaminación del aire (Wyns,

2020). Por lo tanto, es clave que el aplazamiento de la COP26, debido a la crisis sanitaria, no conlleve a una reducción de esfuerzos a nivel mundial para abordar el cambio climático. Si bien la atención actual al COVID-19 en los medios de comunicación es importante, es fundamental no dejar atrás los problemas analizados en esta sección, y aplicar una perspectiva de largo plazo (Wyns, 2020); el cambio climático y la contaminación del aire constituyen una amenaza para la salud de manera más lenta, pero las acciones de respuesta deben ser igualmente drásticas (Wyns, 2020).

En conclusión, la crisis sanitaria por COVID-19, el cambio climático y la contaminación del aire son problemas que, para ser enfrentados, requieren una fuerte voluntad política; las regulaciones deben continuar protegiendo la salud durante y después de la pandemia (Harvey, 2020; Wu et al., 2020).

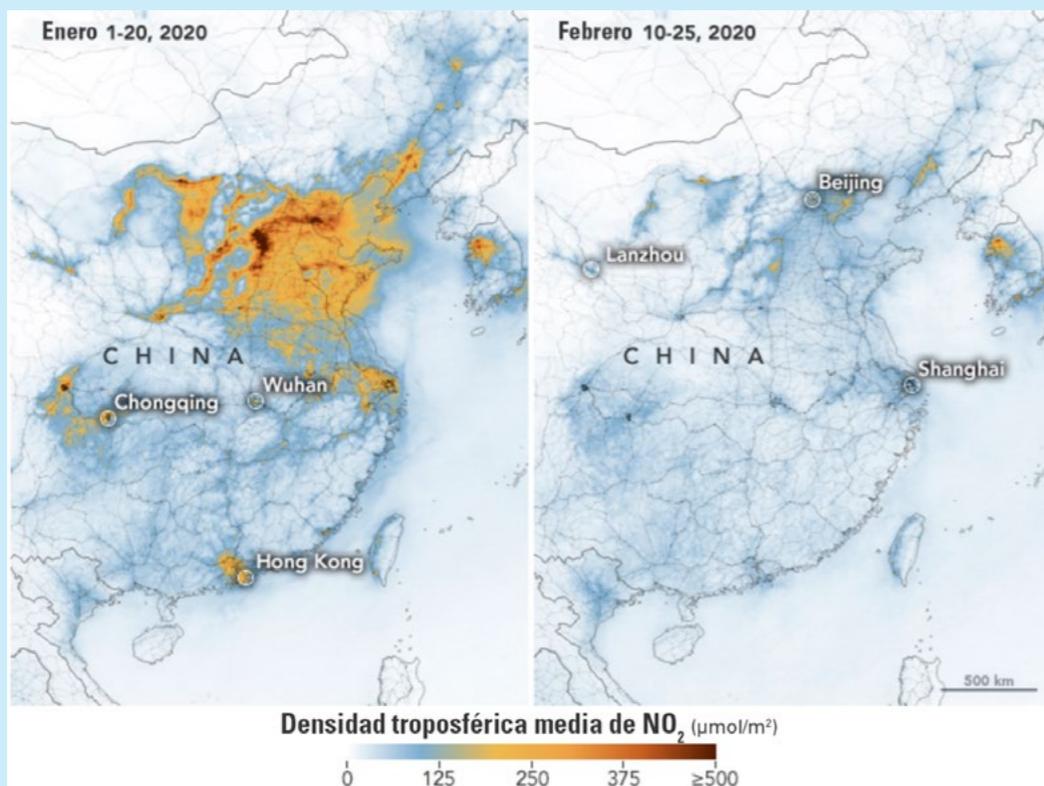


Figura 6: El dióxido de nitrógeno en el aire cae en picada sobre China (NASA, 2020).

CONTAMINACIÓN DEL AIRE Y SALUD

La contaminación del aire es uno de los riesgos de la salud ambiental más importantes (OMS, 2017a) ya que causa más de 7 millones de muertes prematuras cada año, incluidos 600 000 niños menores de 5 años (Consejo de Derechos Humanos, 2017, 2020b; Laborde et al., 2015; Rees y UNICEF, 2016; Conferencia de las Naciones Unidas sobre Vivienda y Desarrollo Urbano Sostenible, 2017; Watts et al., 2019; OMS, 2017a, 2017b). En el año 2016, la contaminación del aire interior mató a unas 3 millones de personas y la contaminación del aire exterior, a unas 4 millones (ver Figura 7) (Watts, Amann, Arnell, et al., 2018; Watts, Amann, Ayeb-Karlsson, et al., 2018; Watts et al., 2019). El 88 % de estas muertes ocurrieron en países de renta baja (Awe et al., 2015; Conferencia de las Naciones Unidas sobre Vivienda y Desarrollo Urbano Sostenible, 2017).

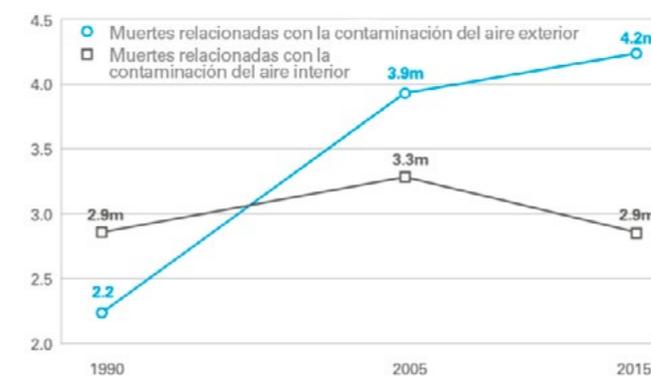


Figura 7: Muertes causadas por la contaminación del aire exterior e interior, 1990-2015 (Rees y UNICEF, 2016).

En promedio, la contaminación del aire roba un año de vida a cada persona en todo el mundo (Bernhardt et al., 2019). Aproximadamente 1 de cada 10 muertes en niños menores de 5 años está relacionada con la contaminación del aire (Rees y UNICEF, 2016) y, de no realizar acciones, las predicciones sugieren un aumento en las muertes debidas a la contaminación del aire en más del

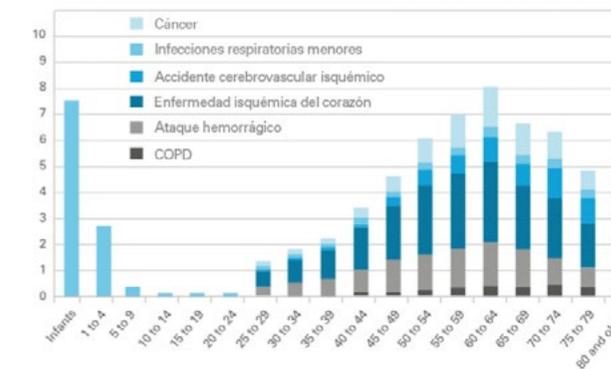


Figura 8: Años de vida ajustados por discapacidad (AVAD) por contaminación de PM2,5 por grupo de edad en 2013 (Rees y UNICEF, 2016).

50% hasta el año 2050 (Landrigan et al., 2018; Rees y UNICEF, 2016). Como resultado, se prevé que la contaminación del aire exterior se convierta en la principal causa de muertes relacionadas con el ambiente en todo el mundo (PNUMA, 2014).

La exposición a la contaminación del aire está asociada a una serie de enfermedades y afectaciones en la salud de personas de todas las edades (ver Figura 8). Por ejemplo, exacerba enfermedades cardiovasculares y está relacionada con infarto del miocardio, insuficiencia cardíaca y accidente cerebrovascular (Bernhardt et al., 2019; Clark et al., 2020; Landrigan et al., 2018; Rees y UNICEF, 2016; OMS, 2017a, 2017b). Existe también evidencia de que la contaminación del aire causa la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) y el cáncer de pulmón (Landrigan et al., 2018; Rees y UNICEF, 2016; UNEP, 2014; WHO, 2017a, 2017b). También se están investigando los vínculos entre la contaminación del aire y otras enfermedades como el síndrome de muerte súbita del lactante, demencia, autismo, obesidad, diabetes tipo 2 y síndrome metabólico (Clark et al., 2020; Landrigan et al., 2018; OMS, 2017b).

Efectos en la salud de infantes y niños

Los efectos de la contaminación del aire en la salud infantil comienzan a temprana edad (ver Figura 9). La contaminación del aire tiene efectos nocivos en el neonato relacionados con el aborto espontáneo, el parto prematuro y bajo peso al nacer (Clark et al., 2020; Laborde et al., 2015; Landrigan et al., 2018; Rees y UNICEF, 2016).

La contaminación del aire reduce la capacidad pulmonar y se asocia con enfermedades respiratorias como faringitis, laringitis, sinusitis, bronquitis y asma (Clark et al., 2020; D'Amato et al., 2014; Laborde et al., 2015; Rees y UNICEF, 2016; Watts et al., 2019; OMS, 2017a, 2017b). La neumonía es una de las principales causas de muerte en niños, más de la mitad de los fallecimientos está relacionada con la contaminación del aire (Rees, 2017; Rees y UNICEF, 2016; Save the Children, 2019; OMS, 2017a, 2017b).

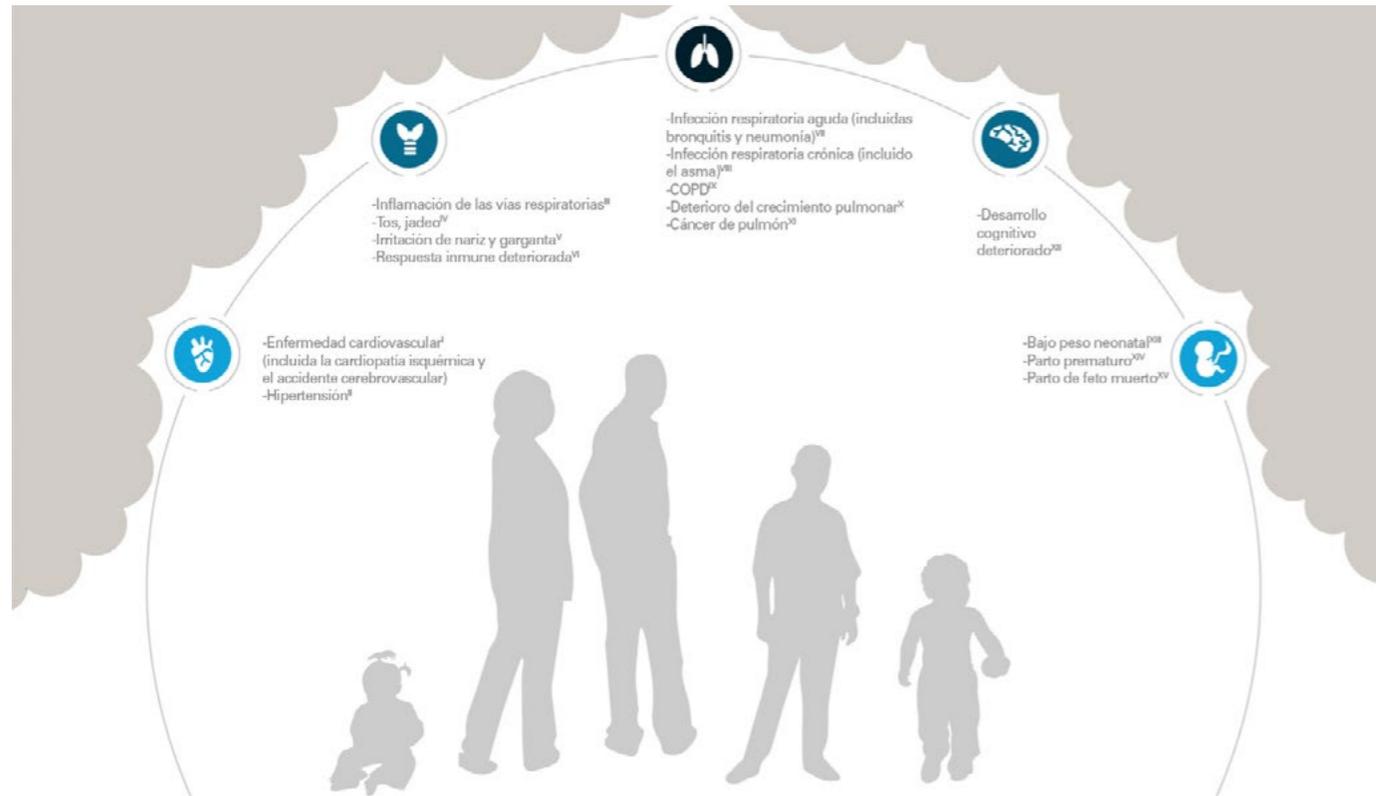


Figura 9: Efectos en la salud por contaminación del aire (Rees y UNICEF, 2016).

De manera adicional, la contaminación del aire afecta perjudicialmente el desarrollo del cerebro (Clark et al., 2020; Rees, 2017; Rees y UNICEF, 2016; OMS, 2017b); en especial las PM2,5 pueden atravesar la placenta y la barrera hematoencefálica, y causar daño al cerebro en desarrollo del feto. Estos daños causan efectos de por vida (ver Figura 9) (Bernhardt et al., 2019; Solomon, 2019; OMS, 2017b). La investigación ha demostrado que existen vínculos entre la contaminación del aire y los resultados cognitivos, el trastorno por déficit de atención e hiperactividad, la ansiedad y la depresión (Braithwaite et al., 2019; OMS, 2017a). Estos efectos están relacionados con el rendimiento escolar, la productividad, la pobreza y las desigualdades (ver Figura 10) (Rees y UNICEF, 2016).

Sumando la pérdida de ingresos y el aumento de los costos médicos (Awe et al., 2015), se espera que la pérdida económica anual total por contaminación del aire sea de alrededor del 1 % del PIB (Rees y UNICEF, 2016).

Los efectos acumulativos de la contaminación del aire pueden causar privaciones socioeconómicas que exacerban la pobreza y la inequidad.

Nota: Estas infografías solo son ilustrativas. Los impactos de la contaminación del aire en los niños varían considerablemente según el contexto, la exposición y las opciones de tratamiento.

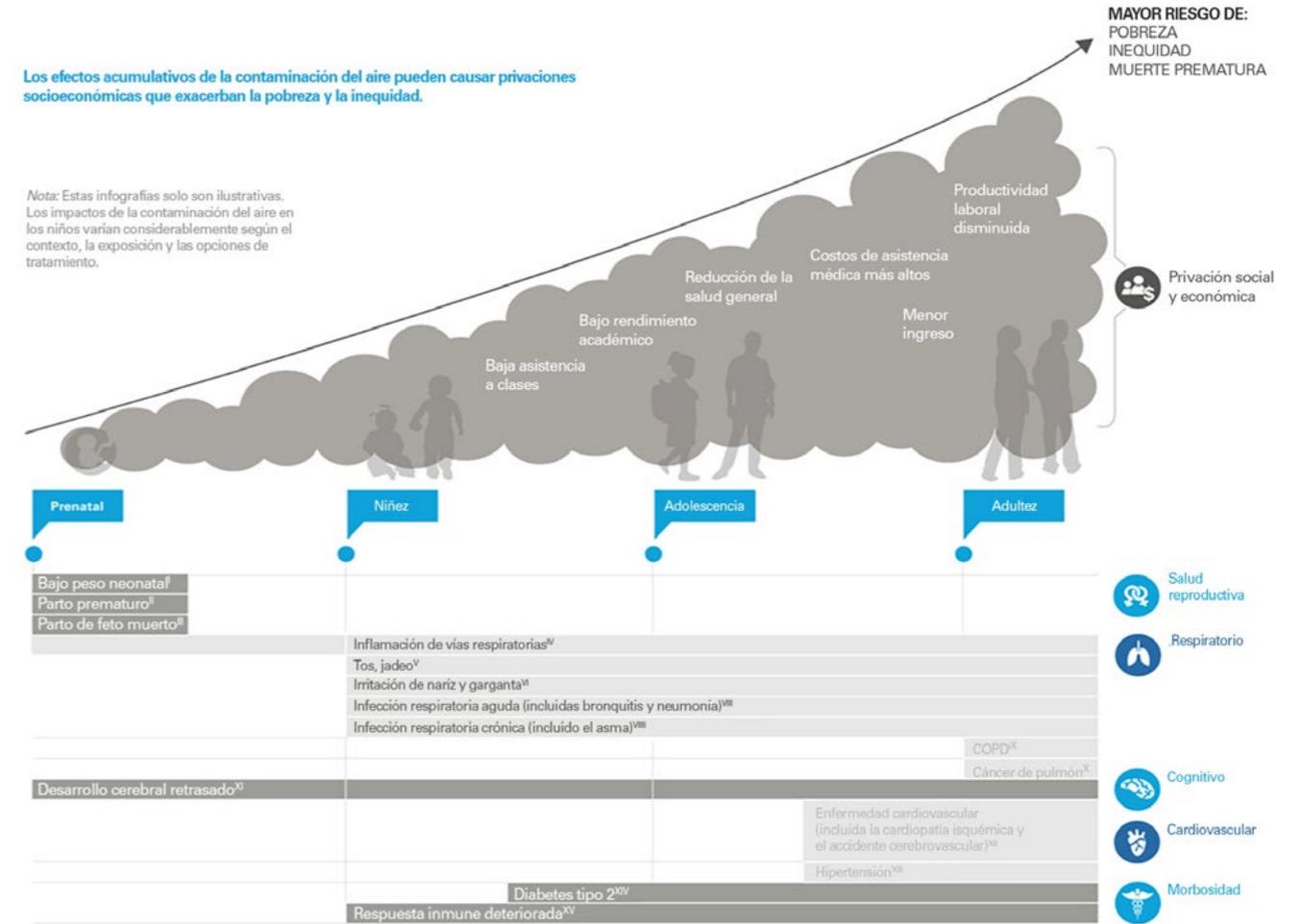


Figura 10: Efectos de la contaminación del aire en las esferas social y económica (Rees y UNICEF, 2016).

La neumonía es una de las principales causas de muerte en niños, más de la mitad de los fallecimientos está relacionada con la contaminación del aire

ENTENDIENDO LAS VULNERABILIDADES PARTICULARES DE LAS NIÑAS Y LOS NIÑOS

Factores fisiológicos

La contaminación del aire afecta particularmente a la niñez debido a varias razones fisiológicas. En primer lugar, las niñas y los niños tienen una tasa de respiración más alta que los adultos (Bernhardt et al., 2019; Consejo de Derechos Humanos, 2017; Rees, 2017; UNICEF LACRO, 2019b) y una mayor cantidad de respiración bucal, en comparación con la respiración nasal (Rees y UNICEF, 2016). Adicionalmente, en edades tempranas, las personas inhalan un mayor volumen de aire en relación con su masa corporal, en comparación con la edad adulta, lo que significa que toman más aire tóxico por unidad de peso corporal (Bernhardt et al., 2019; Consejo de Derechos Humanos, 2017, 2020a; Rees, 2017; UNICEF LACRO, 2019b).



©UNICEF/ECU/2019/Arcos

En segundo lugar, sus sistemas respiratorio e inmunológico no están completamente desarrollados, lo que hace que las niñas y los niños tengan una defensa inmunológica más débil y que sean más vulnerables a las infecciones. Debido a que la inflamación es más fácil, el sistema respiratorio de las niñas y los niños es más permeable a las sustancias tóxicas y más expuesto a bloqueos (Bernhardt et al., 2019; Rees y UNICEF, 2016; OMS, 2017a).

En tercer lugar, el sistema neurológico, incluida la barrera hematoencefálica está todavía en desarrollo (Rees y UNICEF, 2016; OMS, 2017a). Por lo tanto, la dosis de toxinas que se requiere para dañar el tejido cerebral es mucho menor en las niñas y los niños (Rees, 2017).

Niñas y niños con condiciones preexistentes como desnutrición, anemia, inmunosupresión, enfermedades respiratorias y cardiovasculares tienen un riesgo mayor en comparación con quienes disfrutaron de una niñez saludable (D'Amato et al., 2014; Harris et al., 2011).

Factores geográficos

Menores en áreas urbanas están especialmente expuestos a la contaminación del aire exterior, debido a que pasan al aire libre más tiempo por día durante las horas pico de contaminación del aire (Landrigan et al., 2018; Rees, 2017; TUDelft, 2017). Además, las niñas y los niños juegan más cerca del suelo donde la concentración de contaminación del aire es más alta (Rees y UNICEF, 2016); en zonas rurales, tienden a estar más expuestos a la contaminación del aire interior, ya que podrían estar más cerca de prácticas contaminantes de cocina (Rees y UNICEF, 2016; OMS, 2017a).

Factores socioeconómicos

El 90 % de las muertes por contaminación del aire exterior y el 99 % de las muertes por contaminación

del aire interior ocurren en países de renta baja y mediana (Landrigan et al., 2018; Rees y UNICEF, 2016). Las niñas y los niños menores de 5 años en estos países tienen 60 veces más probabilidades de morir por la contaminación del aire en comparación con los de países de renta alta (Rees y UNICEF, 2016).

Adicionalmente, a nivel mundial, las áreas con población con bajos ingresos tienden a ser ubicados más cerca de las carreteras y fábricas, lo que las expone en mayor grado a diferentes tipos de toxinas (Rees y UNICEF, 2016). Las familias más pobres también tienen más probabilidades de utilizar biomasa y madera para cocinar en el hogar (Rees y UNICEF, 2016), y tienen acceso limitado a servicios de salud de calidad (D'Amato et al., 2014). Sin embargo, los riesgos de salud derivados de la contaminación del aire se extienden más allá de las fronteras nacionales y la segregación socioeconómica (Romero-Lankao et al., 2013).

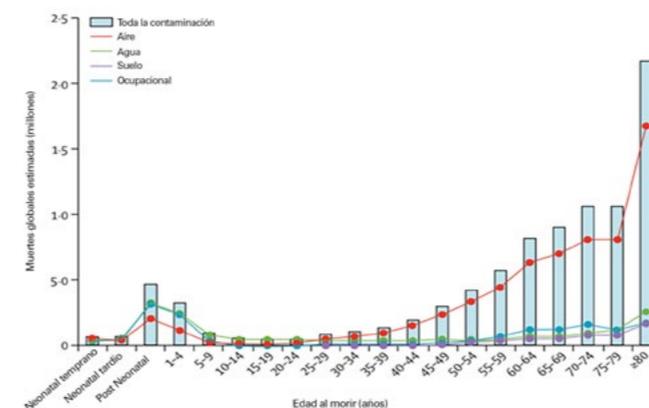


Figura 11: Muertes estimadas a nivel mundial por factor de riesgo de contaminación y edad de fallecimiento, 2015 (Landrigan et al., 2018).

Factores de género

Las normas socialmente construidas acerca de la división del trabajo relacionado con la preparación de alimentos crean una exposición a la contaminación del aire disparada por motivos de género, siendo la salud de las mujeres más vulnerable que la de los hombres (Clark et al., 2020; Landrigan et al., 2018; Rees y UNICEF, 2016). De manera adicional, las mujeres a menudo pasan muchas horas en casa siendo responsables del

trabajo doméstico, lo que conduce a una mayor exposición a la contaminación del aire interior por la quema de combustibles de biomasa (Clark et al., 2020; Landrigan et al., 2018). La exposición de la mujer embarazada a la contaminación del aire afecta en gran medida no solo a la salud del feto sino también al bienestar de la madre (Rees y UNICEF, 2016).

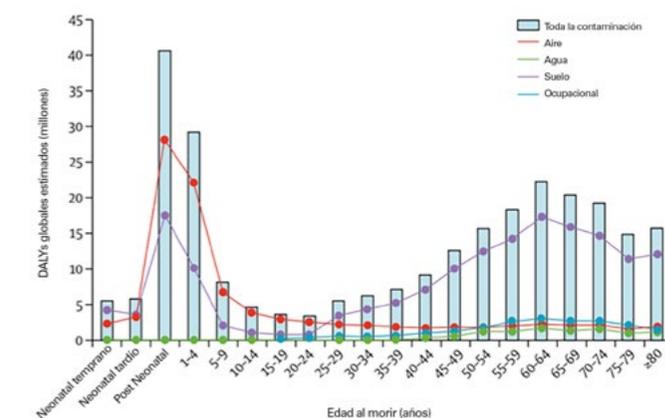


Figura 12: Años de vida ajustados por discapacidad mundiales estimados por factor de riesgo de contaminación y edad al fallecer, 2015 (Landrigan et al., 2018).

En resumen, las niñas y los niños son muy vulnerables a los impactos de la contaminación del aire. Esto también se refleja en los niveles de muertes y de años de vida ajustados por discapacidad (AVAD o DALY por sus siglas en inglés) (ver Figuras 11 y 12), relacionados con la contaminación del aire (Landrigan et al., 2018).

Niñas y niños con condiciones preexistentes tienen un riesgo mayor en comparación con quienes disfrutaron de una niñez saludable

METODOLOGÍA



©UNICEF/ECU/2019/Serrano

El presente informe tiene como propósito evaluar datos sobre el impacto del cambio climático y la contaminación del aire en la salud infantil en Ecuador. El estudio consolida informes de ONG y de la ONU, revistas académicas y tesis, normativas gubernamentales y literatura gris. Además, sistematiza artículos científicos que contienen las palabras “contaminación del aire”, “cambio climático”, “impactos en la salud” y “Ecuador”. Los datos fueron compilados en una hoja de cálculo con etiquetas específicas para cada subtítulo del informe, lo que permitió la clasificación sistemática de los datos recopilados. Entrevistas informativas con académicos y con la Secretaría de Ambiente en Quito proporcionaron evidencia de la situación actual. Los datos se analizaron para compilar un conjunto de recomendaciones.

El informe tiene varias limitaciones:

- 1) entrevistas adicionales con las partes interesadas podrían proporcionar más información clave;
- 2) debido a la extensión limitada, el informe carece de profundidad, particularmente en relación con el análisis de las intervenciones ya emprendidas en Ecuador; y,
- 3) ha habido dificultades para obtener más datos oficiales y validados para diferentes áreas geográficas del país.

CONTAMINACIÓN DEL AIRE EN ECUADOR



RECURSOS Y SITUACIÓN ACTUAL



Contaminación del aire interior o del hogar

En Ecuador, en el año 2013, menos del 5 % de la población usaba combustibles sólidos para cocinar (Rees y UNICEF, 2016). Debido a los grandes subsidios, más del 90 % de los hogares en Ecuador usan combustible limpio como el gas licuado de petróleo (GLP) en la cocción (Gould et al., 2018). Como objetivo final, el GLP puede verse como un combustible de transición a estufas de inducción que utilizan energía renovable (Goldemberg et al., 2018).

Para reducir el gasto público en el subsidio a los combustibles e incrementar el uso de los recursos hidroeléctricos nacionales en lugar de GLP importado, el gobierno lanzó un programa de estufas de inducción para 2 millones de familias que las recibieron en 2014 (Goldemberg et al., 2018; Gould et al., 2018). Sin embargo, familias en Ecuador manifestaron reticencias frente a los altos costos relacionados con el cambio (Goldemberg et al., 2018).

Por otro lado, ciertos hogares rurales en el norte de Ecuador informaron que, utilizando la madera como energía de cocción secundaria y suplementaria para racionar el gas, se benefician de los efectos de calentamiento y mantienen las prácticas de cocción tradicionales (Gould et al., 2018).

Contaminación del aire ambiente o exterior

En Ecuador, los problemas relacionados con la contaminación del aire exterior existen mayormente en las ciudades (FLACSO/MAE/PNUMA, 2008; Moreira-Romero, 2018; Paredes, 2013). Las fuentes principales incluyen una urbanización densa junto con un abultado parque automotor, la producción de energía y actividades industriales (Almeida, 2016; FLACSO/MAE/PNUMA, 2008; Merino Molina, 2016; Moreira-Romero, 2018; Paredes, 2013; Rodríguez-Guerra y Cuvi, 2019).



Figura 13: IQAir Map Ecuador, 30 de marzo de 2020 (UN environment, 2020).

Contaminación mundial del aire: Índice de calidad del aire en tiempo real

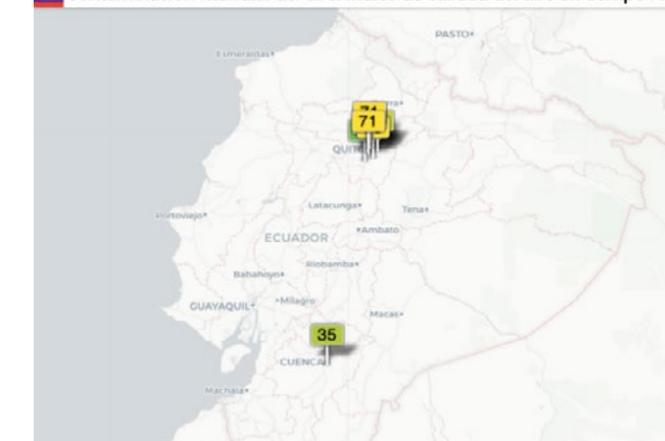


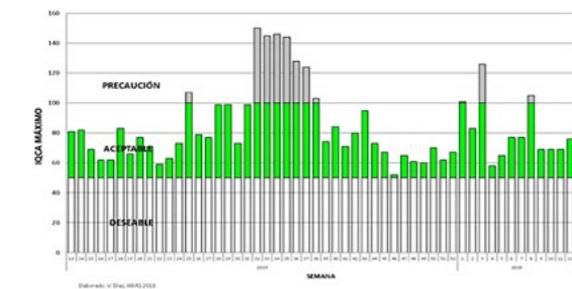
Figura 14: Contaminación del aire de Ecuador: Índice de calidad del aire en tiempo real, 31 de marzo de 2020 (WAQI, 2020).

Actualmente, no es posible evaluar con certeza la situación relacionada con la contaminación del aire en todo el país, debido a que los datos a nivel del suelo solo se miden en pocos lugares (ver Figuras 13 y 14). Los datos para ciudades como Quito y Cuenca indican una calidad del aire moderada (ver Figuras 15 a 19).

Quito

Quito es una ciudad cercana al paralelo cero, ubicada a una altitud de 2830 metros sobre el nivel del mar. Como consecuencia de su ubicación alta, la ciudad cuenta con menos oxígeno en el aire, lo que resulta en una combustión menos eficiente (TUDelft, 2017). Además, está rodeada de montañas volcánicas que impiden una circulación óptima del viento (Estrella Cahuenas, 2019; TUDelft, 2017) y los altos niveles de luz solar favorecen a la formación de ozono a nivel del suelo (Estrella Cahuenas, 2019; TUDelft, 2017).

La principal fuente de contaminación en Quito es el tráfico vehicular y la combustión (Carrillo, 2015; Harris et al., 2011; Raysoni et al., 2016; Rodas y Arias, 2018; TUDelft, 2017). Los autobuses y otros vehículos a diésel, a menudo viejos y sin mantenimiento, son los principales contribuyentes a la contaminación del aire (Almeida, 2016; Rodríguez-Guerra y Cuvi, 2019; TUDelft, 2017), ya que el uso de diésel de baja calidad emite metales pesados (Carrillo, 2015; TUDelft, 2017; Zalakeviciute et al., 2020). Una correlación positiva entre los registros de los niveles de dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre con el uso de automóviles durante las horas de trabajo, indica un vínculo entre el tráfico y la contaminación (Argüello y Nieto, 2018). La fuente principal de material particular es polvo natural y resuspensión del suelo (Zalakeviciute et al., 2020.), pero las actividades



Condición	Condición desde el punto de vista de la salud
0-50	Deseable
50-100	Aceptable
100-200	Precaución
200-300	Alerta
300-400	Alerta
400-500	Alerta
500-600	Alerta

Figura 15: Índice Quiteño de Calidad del Aire (IQCA), marzo de 2020 (Secretaría de Ambiente, 2020).



industriales y las emisiones aeroportuarias también juegan un papel importante (Rodas y Arias, 2018; TUDelft, 2017; Zalakeviciute et al., 2020).

Otras fuentes de contaminación en Quito incluyen canteras, actividades de construcción, generación de energía, incendios forestales y erupciones volcánicas (Carrillo, 2015; Rodríguez-Guerra y Cuvi, 2019; TUDelft, 2017). Quito está experimentando un crecimiento demográfico que tiene un efecto en el aumento del uso de vehículos y energía (Estrella Cahuenas, 2019; TUDelft, 2017). Durante las lluvias, la contaminación del aire en Quito disminuye (Argüello y Nieto, 2018).



Figura 16: Contaminación del aire en Quito, 31 de marzo de 2020 (WHO/CCAC/UNEP, 2020).

Desde el 2003, la ciudad de Quito ha implementado 9 estaciones automáticas y 40 manuales de monitoreo de la calidad del aire que funcionan las 24 horas, los 365 días del año (Rodas y Arias, 2018; Secretaría de Ambiente, 2019). Durante el año 2019, el Índice de la Calidad del Aire de Quito mostró de manera general niveles aceptables de calidad del aire, sin embargo, nunca indicó niveles deseables (Secretaría de Ambiente, 2020). Además, durante 11 semanas del mismo año, los niveles de alerta indicaron una calidad del aire poco saludable para las personas con condiciones preexistentes de salud (Secretaría de Ambiente, 2020).

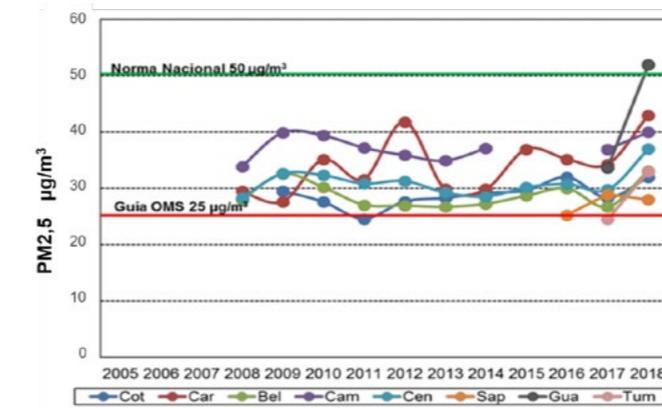


Figura 17: Nivel promedio de PM2.5 durante 24 horas en Quito, 2005 - 2018 (Secretaría de Ambiente, 2019).

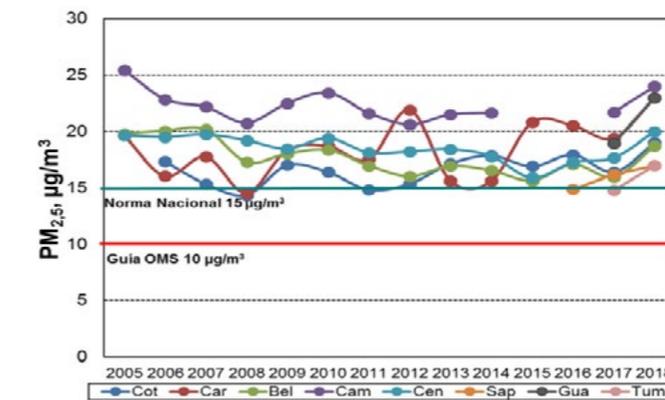


Figura 18: Promedio anual de niveles de PM2.5 en Quito, 2005 - 2018 (Secretaría de Ambiente, 2019).

Entre 2008 y 2018, el nivel promedio de PM2,5 en 24 horas no superó la norma nacional recomendada, aunque sí sobrepasó lo recomendado por la OMS; en cambio, en lo que

respecta al nivel promedio anual de PM2,5, se superaron las normas nacionales y de la OMS (Pino Vallejo, 2018). Además, los niveles de PM en Quito mostraron algunos picos alarmantes durante los incendios y la celebración de Año Nuevo (Pino Vallejo, 2018; Zalakeviciute et al., 2020).

Al margen de las áreas con altas cotas de tráfico, los niveles de SO₂, CO y NO₂ fueron poco preocupantes (Carrillo, 2015; Ministerio del Ambiente, 2010; Rodas y Arias, 2018).

Las emisiones de ozono han aumentado entre 2012 y 2017, con niveles elevados en las zonas de gran altitud y las cercanas al paralelo cero (Argüello y Nieto, 2018; Rodas y Arias, 2018).



©UNICEF/ECU/2017/Escobar

Cuenca

En la ciudad de Cuenca, se superaron las directrices de la OMS para PM10 y PM2,5, especialmente en el casco antiguo (Al et al., 2015; EMOV, 2017; Espinoza, 2014; Palacios Espinoza, 2018).

De manera adicional, los niveles de ozono excedieron las normas nacionales y de la OMS (EMOV, 2017). Se encontró que los niveles de CO, NO₂ y SO₂ eran aceptables (EMOV, 2017).

En la ciudad de Cuenca, los vehículos son la principal fuente de contaminación del aire (Molina, 2011; Moyano Tobar, 2017).



Figura 19: Índice de Calidad del Aire Cuenca, 30 de marzo de 2020 (IERSE Universidad del Azuay, 2020; Sellers Walden, 2017).

En la ciudad de Cuenca, los vehículos son la principal fuente de contaminación del aire

Loja

En la ciudad de Loja, usando líquenes epífitos como especies indicadoras de contaminación del aire, se estimaron niveles más altos presentes en los barrios centrales donde el tráfico vehicular es mayor (Ochoa-Jiménez et al., 2015).



Costa y la ciudad de Esmeraldas

En la Región Litoral, se identifica mayor contaminación del aire por la industria alrededor de las plantaciones de banano (FLACSO/MAE/PNUMA, 2008; Ministerio del Ambiente, 2010; UNICEF Ecuador, 2020a).

De manera particular, un estudio del 2005 concluyó que la calidad del aire en la ciudad de Esmeraldas es generalmente aceptable (FLACSO/MAE/PNUMA, 2008). Sin embargo, importantes sectores industriales, como el petróleo y la electricidad, producen altos niveles de contaminación del aire y causan malos olores (FLACSO/MAE/PNUMA, 2008; Ministerio del Ambiente, 2010; UNICEF Ecuador, 2020a).

Región Amazónica y frontera norte

En la Región Amazónica, se ha demostrado que la extracción y la producción de petróleo causan contaminación del aire (FLACSO/MAE/PNUMA, 2008; Moreira-Romero, 2018).

De manera adicional, en la frontera entre Ecuador y Colombia, debido a la cercanía de plantaciones de coca en el lado colombiano, la contaminación del aire por glifosato afecta la salud y el bienestar de las comunidades amazónicas de esta región (FLACSO/MAE/PNUMA, 2008; Ministerio del Ambiente, 2010; UNICEF Ecuador, 2020a).



IMPACTOS EN LA SALUD DOCUMENTADOS EN ECUADOR

Si bien la situación varía para cada zona en Ecuador, la presente sección explorará el vínculo entre el cambio climático y la contaminación del aire y los impactos en la salud a nivel país, así como sus semejanzas con tendencias a nivel mundial.

Actualmente existen pocos estudios relacionados con los impactos de la contaminación del aire en la salud en Ecuador (FLACSO/MAE/PNUMA, 2008; Ministerio del Ambiente, 2010; Moreira-Romero, 2018). Sin embargo, se han encontrado algunas evidencias; según el Ministerio de Salud Pública, alrededor de 1770 personas mueren cada año debido a la contaminación del aire. De estas, aproximadamente 85 son niños (Ministerio de Salud Pública, 2016). La mayor parte de estudios apuntan a causas relacionadas con problemas con enfermedades respiratorias (Estrella Cahuenas, 2019; Ministerio del Ambiente, 2010; UNICEF Ecuador, 2020a). Otras investigaciones han concluido que las niñas y los niños en edad escolar son afectados por dificultades para respirar debido a la contaminación del aire (Moreira-Romero, 2018).

En Quito, las niñas y los niños que asisten a escuelas primarias en áreas con indicadores más altos de contaminación presentan niveles elevados de carboxihemoglobina (COHb); un marcador de exposición crónica al monóxido de carbono (CO) (Estrella et al., 2019; FLACSO/MAE/PNUMA, 2008). Además, se ha encontrado un vínculo entre los niveles de COHb y la contaminación del aire con la neumonía u otras infecciones respiratorias en Ecuador (Borbor-Córdova y Barriga, 2007; Farhat y Borbor, y; Estrella Cahuenas, 2019; FLACSO/MAE/PNUMA, 2008; Harris et al., 2011; Palacios Espinoza, 2018). Un estudio de la ciudad de Esmeraldas mostró una mayor prevalencia de asma en zonas de alta población (Rodríguez et al., 2011). Adicionalmente, se ha demostrado que la tasa de atenciones de emergencias (principalmente en niños menores de 5 años) debido a enfermedades respiratorias y los diagnósticos de asma

aumentaron después de erupciones volcánicas (Estrella Cahuenas, 2019).

Un estudio en Cuenca encontró que la exposición a PM10 aumenta el riesgo de mortalidad por cáncer de pulmón y por enfermedades cardiopulmonares (Espinoza, 2014). Se han evidenciado resultados adicionales provocados por el material particulado en Quito, estos muestran la activación de las vías de señalización inflamatoria; un mecanismo que subyace a muchas enfermedades (Ceballos et al., 2017). La disminución de la calidad del aire en San Francisco de Milagro está relacionada con problemas de salud cardíaca (Guerrero Mayorga, 2018). Adicionalmente, Khan et al. (2019) concluyeron que las niñas y los niños que viven en áreas con alto tráfico vehicular muestran déficits neuroconductuales (Khan et al., 2019).



©UNICEF/ECU/2016/Chauvin

Las condiciones fisiológicas también juegan un papel importante. En Ecuador, menores de edad que presentan anemia tienen más probabilidades de sufrir neumonía cuando son expuestos a la contaminación del aire (Estrella Cahuenas, 2019).

De manera adicional, se ha encontrado un vínculo entre el estado socioeconómico y la contaminación del aire. En Quito, las personas que viven en zonas socioeconómicas más bajas también son las que viven en las áreas con mayores niveles de contaminación (Rodríguez-Guerra y Cuvi, 2019). En Cuenca también se evidencian niveles más altos de contaminación del aire en lugares donde la población tiene un nivel socioeconómico más bajo (Palacios Espinoza, 2018). En estas zonas prevalecen también problemas relacionados con síntomas respiratorios, así como con infantes que presentan bajo peso al nacer (Palacios Espinoza, 2018).

En general, los resultados relativos a los impactos por la contaminación del aire en la salud de las niñas y niños ecuatorianos son muy similares a las tendencias globales. No obstante, aún existe una necesidad de realizar más investigación sobre estas problemáticas y su interrelación en el Ecuador para poder desarrollar respuestas y medidas de prevención. Por ejemplo, se requiere más información sobre los impactos en la salud del feto, el desarrollo del cerebro o los costos de salud relacionados.

Se ha encontrado un vínculo entre el estado socioeconómico y la contaminación del aire



©UNICEF/ECU/2017/Serrano

SOLUCIONES

Esta sección resume diferentes acciones que son ejecutadas a nivel internacional, nacional y local para abordar el problema de la contaminación del aire.

LO QUE SE HA HECHO

A nivel internacional

Actividades que responden a la contaminación del aire y la salud:

- **Se incrementó la información disponible.** En el Décimo Foro Urbano Mundial se lanzó la plataforma de datos sobre la calidad del aire más grande del mundo (UN Environment, 2020) y el proyecto *Sustainable Healthy Urban Environments* está creando una base de datos sobre la calidad del aire (Taylor et al., 2018). La OMS ha establecido lineamientos mundiales de calidad del aire y prácticas de implementación, bases de datos como la WHO Global Ambient Air Quality Database, y programas de capacitación (Landrigan et al., 2018; OMS, 2018b, 2018a). La NASA proporciona datos satelitales y herramientas de aprendizaje, incluyendo una serie de seminarios web (HAQAST, 2020) y herramientas de aprendizaje en línea sobre la calidad del aire y la salud. Una de estas es provista por la Universidad de Copenhague y el Banco Mundial (Universidad de Copenhague, 2020). Finalmente, el Índice Mundial de Calidad del Aire (WAQI) es un proyecto sin fines de lucro que tiene como objetivo promover la conciencia al proporcionar información y mapas técnicos (WAQI, 2020). BrezzoMeter es una plataforma de información adicional (BrezzoMeter, 2020).

La OMS ha establecido lineamientos mundiales de calidad del aire y prácticas de implementación

- **Se establecieron planes de acción.** Los ministros de medio ambiente de la región, junto con ONU Ambiente, desarrollaron el “Plan de acción regional para la cooperación intergubernamental sobre la contaminación del aire para América Latina y el Caribe” en 2014 ; este plan promueve la colaboración para el desarrollo de planes nacionales (Landrigan et al., 2018). A través del plan regional, se alienta el intercambio de conocimientos técnicos, datos e investigaciones (PNUMA, 2014).

Actividades que responden al cambio climático, la contaminación del aire y la salud:

- **Se logró la colaboración.** Reconociendo que la contaminación del aire requiere eventos de colaboración global, la Conferencia Mundial de la OMS sobre Contaminación del Aire y Salud de 2018 reunió a una gama de actores internacionales (Bernhardt et al., 2019). La Coalición Clima y Aire Limpio está uniendo a gobiernos, sociedad civil y empresas privadas para crear conciencia, desarrollar estrategias y presentar alternativas prácticas e investigación científica (CCAC, 2020; OMS, 2017b). Ecuador, como país, aún no forma parte de la Coalición, pero la ciudad de Cuenca es miembro (CCAC, 2020).
- **Se iniciaron campañas e iniciativas.** La OMS, junto con la Coalición de Clima y Aire Limpio y ONU Ambiente, lanzó la Campaña Breath Life (que incluye una página web informativa) en la conferencia global de Hábitat III, en Quito, en 2016 (Landrigan et al., 2018; WHO / CCAC / PNUMA, 2020). Adicionalmente, lanzada en la Cumbre de Acción Climática 2019, la Iniciativa de Salud Urbana de la OMS y la Iniciativa de Aire Limpio buscan reducir los impactos de la contaminación del aire en la salud (Landrigan

et al., 2018; Martin, 2019). La OMS, UNICEF, así como otras organizaciones e iniciativas, han producido abogacía y videos para la concientización (Little Things Matter, 2020; UNICEF / WHO, 2019).

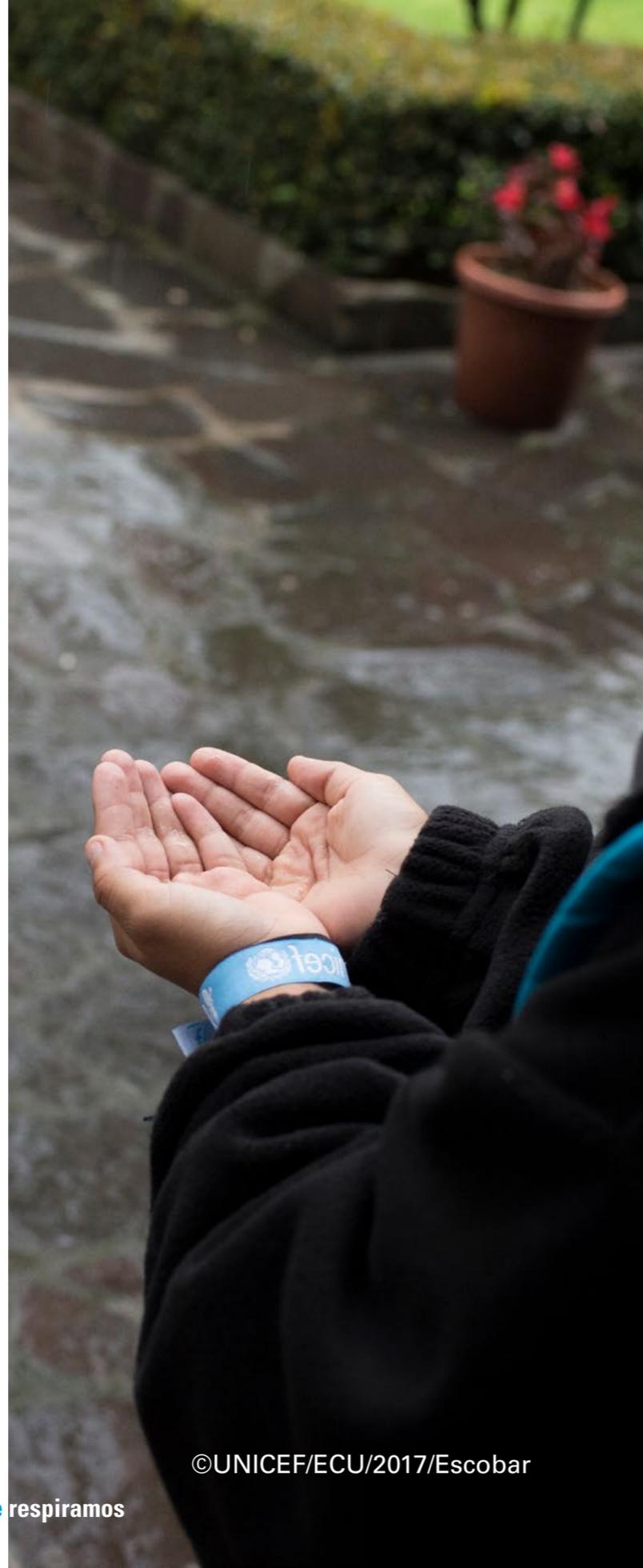
■ *Actividades que responden al cambio climático:*

● **Los actores intensifican sus compromisos.**

La estrategia de sostenibilidad climática y ambiental de UNICEF se centra en cuatro pilares que incluyen: 1) poner a las niñas y los niños en el centro de las políticas ambientales; 2) empoderar a las niñas y los niños como agentes de cambio; 3) proteger a las niñas y los niños de los impactos del cambio climático y la degradación ambiental; y, 4) reducir las emisiones y la contaminación (UNICEF LACRO, 2019b; UNICEF, 2020).

UNICEF es un actor importante debido a que la organización es activa en el campo humanitario y de desarrollo, tiene acceso a información y recursos económicos, y trabaja con enfoques de multinivel (UNICEF LACRO, 2019b). Como organización con presencia local y una gran red de oficinas en más de 190 países, UNICEF tiene un papel de liderazgo en programas globales de monitoreo y experiencia en plataformas geoespaciales a gran escala. UNICEF además forma parte de coaliciones mundiales relacionadas con la salud respiratoria infantil y lleva a cabo investigaciones y programas sobre la contaminación del aire en varios países (Rees y UNICEF, 2016; Rees, 2017; Rees et al., 2019; UNICEF Mongolia, 2018; UNICEF Kosovo, 2019).

UNICEF también está desarrollando un Marco Estratégico para la Contaminación del Aire y el Cambio Climático (EPCC). Su propósito es mostrar la importancia de tomar acciones, orientar sobre soluciones concretas en colaboración con agencias multilaterales y otros socios, y proporcionar un menú de intervenciones para que las oficinas de país de UNICEF aborden el problema de la contaminación del aire y el cambio climático. Estas intervenciones deberían implementarse de forma integrada con las acciones en los programas de cooperación ya existentes.



©UNICEF/ECU/2017/Escobar

A nivel nacional

■ *Actividades que responden a la contaminación del aire y la salud:*

● **Se desarrollaron regulaciones.**

En Ecuador, las redes de monitoreo de la calidad del aire, así como las primeras políticas regulatorias, existen desde la década de los setenta, y grupos de trabajo vienen elaborando estrategias desde la primera década del siglo XXI (FLACSO/MAE/PNUMA, 2008; Rodríguez-Guerra y Cuvi, 2019). Las normas nacionales sobre la calidad del aire se establecieron en 2003 y fueron revisadas en el año 2011 (Carrillo, 2015; FLACSO/MAE/PNUMA, 2008; Paredes, 2013).

● **Se establecieron planes de acción.**

En 2010, se introdujo un Plan Nacional de Calidad del Aire para Ecuador, que incluye los siguientes programas: 1) Control y vigilancia: fortalecer el sistema de monitoreo e información en todo el país; 2) Mejora de la calidad del aire: reduciendo las emisiones a través de, por ejemplo, las revisiones técnicas vehiculares y acciones de participación ciudadana; y, 3) Desarrollar un plan de contingencia, financiamiento y evaluación (Delgado et al., 2014; Ministerio del Ambiente, 2010). El Plan destaca el derecho a vivir en un ambiente saludable y describe los impactos y vulnerabilidades frente al cambio climático (UNICEF Ecuador, 2020a).

● **Se implementaron programas y campañas.**

El programa para promover las estufas de inducción eléctrica en Ecuador ha hecho que cocinar con combustibles no fósiles sea factible, ya que gran parte de la electrificación se deriva de la energía hidroeléctrica (Landrigan et al., 2018). El Programa Nacional de Comunidades Saludables tiene como objetivo incrementar los espacios sin contaminación y el monitoreo de la calidad del aire (Ministerio de Salud Pública, 2016). El Ministerio de Salud Pública apoya las campañas de la OMS y la Coalición de Clima y Aire Limpio (Ministerio de Salud Pública, 2016).

■ *Actividades que responden al cambio climático, la contaminación del aire y la salud:*

● **Se recopilaron más datos.**

Se han realizado algunas investigaciones sobre el cambio climático y la salud, que también incluyen los impactos de la contaminación del aire. Los hallazgos fueron presentados en varios eventos (MAE y PNUD, 2017).

A nivel subnacional

■ *Actividades que reducen la contaminación del aire:*

● **Se recopilaron más datos.**

En la ciudad de Quito, especialmente, se cuenta con una red considerable de monitoreo de la calidad del aire (MAE y PNUD, 2017; UNICEF Ecuador, 2020a). Se establecieron proyectos para medir la calidad del aire en un campus universitario (Aldás, 2013). En Cuenca, la empresa de transporte público EMOV mide la calidad del aire y se estableció una red de monitoreo (FLACSO/MAE/PNUMA, 2008; Ministerio del Ambiente, 2010; Molina, 2011); junto con el gobierno local, desarrollaron un mecanismo para administrar y publicar estos datos en forma de un índice local de calidad del aire (IERSE Universidad del Azuay, 2020; Sellers Walden, 2017).

UNICEF es un actor importante debido a que es activa en el campo humanitario y de desarrollo

● **Se desarrollaron nuevas regulaciones.**

En 2004, el Gobierno Autónomo Municipal de Quito presentó el Índice de Calidad del Aire de Quito (IQCA) con informes periódicos y una iniciativa para realizar la revisión técnica vehicular (Carrillo, 2015; Ministerio



del Ambiente, 2010; Moreira-Romero, 2018). Además, los esfuerzos para mejorar la calidad de los combustibles y filtros para vehículos apuntan a reducir la contaminación del aire en la ciudad (Paredes, 2013; Secretaría de Ambiente, 2019). También se han introducido regulaciones como el denominado “Pico y placa” (restricciones semanales de circulación de automóviles en el perímetro urbano), el establecimiento de una zona peatonal en el centro histórico de la ciudad y el cierre de las calles centrales al tráfico los domingos para promover el uso de bicicletas y reducir los niveles de contaminación (Paredes, 2013; Pino Vallejo, 2018; Secretaría de Ambiente, 2019). Un programa de gestión de la calidad del aire de 5 años en toda la ciudad ha llevado a una disminución en los niveles de monóxido de carbono y, como consecuencia, menos enfermedades respiratorias y niveles de COHb en niños y niñas (Estrella et al., 2019; Estrella Cahuenas, 2019).

■ *Actividades que abordan el cambio climático, la contaminación del aire y la salud:*

● **Se establecieron planes de acción.**

La construcción extendida de ciclovías y un metro en Quito probablemente aportarán de manera directa a reducir la contaminación del aire en la ciudad (Paredes, 2013). Como parte del grupo de ciudades C40 comprometidas con abordar el cambio climático, Quito está solicitando fondos para mejorar la información y el conocimiento de la contaminación del aire y sus impactos en la salud (Secretaría de Ambiente, 2019). Quito también está invirtiendo en complementar los datos satelitales de la NASA con monitoreo a nivel del suelo (Secretaría de Ambiente, 2019). En Guayaquil, se llevó a cabo una investigación sobre la contaminación del aire y las enfermedades respiratorias; el objetivo fue utilizar los datos para luego fortalecer la participación de la comunidad y establecer un Plan de Acción para la ciudad, que incluye pasos legales, sociales y técnicos concretos, junto con la industria y autoridades locales (Farhat et al., 2005).

¿QUÉ MÁS SE PODRÍA HACER?

A nivel internacional

■ *La contaminación del aire:*

Las negociaciones internacionales deben tener en cuenta los cobeneficios producidos entre la reducción de gases de efecto invernadero y las mejoras en la salud pública, y cómo estos pueden compensar una parte de los costos de las medidas de mitigación al cambio climático (D’Amato et al., 2014).

Los impactos en la salud de la contaminación del aire y el cambio climático en las niñas y los niños deben incluirse en las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC, por sus siglas en inglés) de los países signatarios al Acuerdo de París (Rees y UNICEF, 2016).

Además, los países pueden unirse a campañas e iniciativas mundiales que aborden la contaminación del aire y su impacto en la salud infantil y materna (Bernhardt et al., 2019). Un ejemplo de esto es el Paquete de Contaminación del Aire de UNICEF, que propone una acción global para incorporar las intervenciones de contaminación del aire en los programas mundiales de Salud Materna, del Recién Nacido y del Niño (MNCH) y Desarrollo de la Primera Infancia (ECD).

Los países pueden unirse a campañas que aborden la contaminación del aire y su impacto en la salud infantil y materna

A nivel nacional

■ *Actividades que responden a la contaminación del aire y la salud:*

Se deben apoyar todos los esfuerzos de investigación que estudian las fuentes de contaminación del aire y los impactos en la salud de los grupos más vulnerables, los costos económicos y la evolución de las innovaciones (Consejo de Derechos Humanos, 2020b; Laborde et al., 2015; Landrigan et al., 2018; Rees, 2017; Rees y UNICEF, 2016; UNICEF LACRO, 2019b).

Mejores prácticas - ejemplos

UNICEF ha realizado investigaciones sobre la contaminación del aire en África, Asia Oriental y el Pacífico, Reino Unido, Kosovo, Indonesia, Mongolia, Macedonia (Edwards & Wellesley, 2019; Edwards & Whitehouse, 2018; Rees et al., 2019; UNICEF EAPRO, 2019, 2020; UNICEF Indonesia & Vital Strategies, 2018; UNICEF Kosovo, 2019a; UNICEF Macedonia, 2018; UNICEF Mongolia, 2018).

Con respecto a las normas nacionales, los países deben tratar de alinear sus normas de contaminación del aire con las propuestas por la OMS (ver Tabla 1) (Arguello y Nieto, 2018; Pino Vallejo, 2018).

La salud general de las niñas y los niños debe mejorar a través del incremento en el acceso a la atención médica, la vacunación antineumocócica y los medicamentos adecuados, y por medio de avances en la nutrición y atención a la mujer embarazada (Rees, 2017; Rees y UNICEF, 2016).

Estándares por país	PM ₁₀ (µg/m ³)		PM _{2.5} (µg/m ³)		O ₃ (µg/m ³)		NO ₂ (µg/m ³)		SO ₂ (µg/m ³)		CO ₂ (ppm) 8h
	24h ^a	Anual	24h	Anual	8h	1h	1h	Anual	24h	Anual	
OMS	50	20	25	10	100		200	40	20	---	---
Ecuador	100	50	50	15	100	160	---	40	125	60	60

Tabla 1: Niveles máximos de concentración de los principales componentes de la contaminación del aire permitidos en Ecuador, en comparación con los lineamientos de calidad del aire de la Organización Mundial de la Salud (Riojas-Rodríguez et al., 2016).

Actividades que responden al cambio climático, la contaminación del aire y la salud:

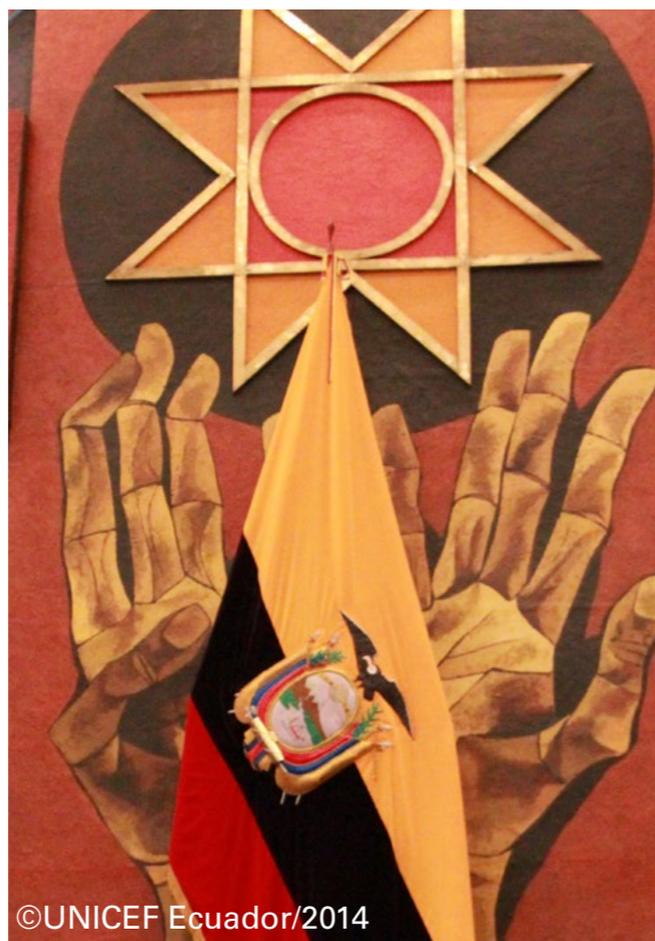
Las regulaciones, legislaciones, normas y políticas basadas en la evidencia, que promueven el acceso a una energía más limpia, podrían ser respaldadas por la sociedad civil y los profesionales del sector salud (Awe et al., 2015; D'Amato et al., 2014; Consejo de Derechos Humanos, 2020b; Landrigan et al., 2018; Muenala Sagnay, 2016; Rees y UNICEF, 2016; UNICEF LACRO, 2019b; Watts et al., 2019; OMS, 2017b).

En este contexto, la concientización y la abogacía son actividades importantes (COP25, 2019; Guerrero Mayorga, 2018; Merino Molina, 2016; UNICEF LACRO, 2019b) y se debe alentar la participación de la sociedad civil, especialmente de los jóvenes (COP25, 2019; Landrigan et al., 2018; UNICEF LACRO, 2019a). Estas estrategias también se destacan en el marco de la Acción para el Empoderamiento Climático (ACE) que está anclado en el Acuerdo de París (UNESCO, 2016). La participación de la niñez en el monitoreo y abogacía a través de plataformas que se vinculan con las políticas y demandas nacionales ha demostrado ser efectiva (Edwards y Wellesley, 2019).

Para fomentar la participación de los jóvenes, la educación es un impulsor clave (COP25, 2019; Rees y UNICEF, 2016; UNICEF LACRO, 2019b).

La implementación de políticas debe ser monitoreada y evaluada (Consejo de Derechos Humanos, 2020b; Ministerio del Ambiente, 2010).

Los subsidios a los combustibles fósiles no deben usarse para promover su consumo excesivo e irresponsable (Landrigan et al., 2018; Watts, Amann, Arnell, et al., 2018). Al mismo tiempo, recursos financieros para una transición a alternativas sostenibles necesitan estar disponibles (COP25, 2019; Landrigan et al., 2018; Ministerio del Ambiente, 2010; Rees y UNICEF, 2016; UNICEF LACRO, 2019b).



©UNICEF Ecuador/2014

Se han promulgado normas más estrictas para combatir la contaminación del aire en Bosnia y Herzegovina, Bulgaria, Costa Rica, Croacia, Singapur, Eslovaquia y Turkmenistán (Human Rights Council, 2020b). En China, los esfuerzos de control de la contaminación han mejorado la calidad del aire en muchas ciudades (Watts et al., 2019). Europa tiene niveles lentamente decrecientes de PM_{2.5} debido a la regulación controlada (Watts et al., 2019). Se han establecido zonas de baja emisión con prohibición de entrada de vehículos que no cumplen con un estándar específico en Alemania, Reino Unido, China y México (Human Rights Council, 2020b). En Estados Unidos, la Ley de Aire Limpio se introdujo en 1970, lo que generó una reducción de la contaminación del aire y beneficios económicos, como un aumento del PIB (Bernhardt et al., 2019; Human Rights Council, 2020b; Landrigan et al., 2018).

El **derecho** a limpiar el aire ha sido reconocido en países como República Dominicana, Francia, Filipinas, India, Pakistán y Líbano (Human Rights Council, 2020b).

Las iniciativas de **política** en las áreas de leyes y legislación, combustibles y vehículos, transporte público, industria, contaminación del aire interior y quema de desechos existen en varios países del mundo, como Estados Unidos, México, Costa Rica, Bolivia, Chile, Brasil, Noruega, Reino Unido, Francia, Namibia, Sudáfrica, Suecia, Dinamarca, Italia, Israel, Ruanda, Mozambique, Zimbabue, India, China, Indonesia, Singapur, Mongolia, Japón, Bangladesh y Tailandia (Rees y UNICEF, 2016).

La **abogacía** en contra de la contaminación del aire por parte de UNICEF se ha implementado en Indonesia, Mongolia, Reino Unido y Francia (Edwards y Wellesley, 2019; Edwards y Whitehouse, 2018; UNICEF France, 2019; UNICEF Indonesia y Vital Strategies, 2018; UNICEF Mongolia, 2018).

El **compromiso** sobre la contaminación del aire cuenta con el apoyo de UNICEF a través de iniciativas de monitoreo y promoción, incluidos los informes U-Report en Kosovo, India y Myanmar (UNICEF India, 2019; UNICEF Kosovo, 2019b; UNICEF Myanmar, 2019).

Además, se requiere un fortalecimiento de la capacidad institucional relacionada con las problemáticas (Landrigan et al., 2018; Ministerio del Ambiente, 2010; Rees y UNICEF, 2016; UNICEF LACRO, 2019b).

A nivel subnacional

■ Actividades que responden a la contaminación del aire y la salud:

El monitoreo de la calidad del aire y el rastreo de datos locales deben ampliarse debido a que aún existen brechas grandes en la disponibilidad de datos (Awe et al., 2015; Borbor-Córdova y Barriga, 2007; Consejo de Derechos Humanos, 2020b; Laborde et al., 2015; Landrigan et al., 2018; Ministerio del Ambiente, 2010; Rees, 2017; Rees y UNICEF, 2016; Riojas-Rodríguez et al., 2016; UNICEF LACRO, 2019b; Watts, Amann, Ayeb-Karlsson, et al., 2018).

Si bien la medición directa sobre el terreno es la forma más precisa de estimar la contaminación del aire, también es más costosa y no siempre está disponible (Delgado et al., 2014; Landrigan et al., 2018). Por lo tanto, el uso de modelos y datos de teledetección aún pueden usarse para cerrar algunas brechas de información (Álvarez-Mendoza et al., 2019; Álvarez-Mendoza y Padilla, 2016; Moyano Tobar, 2017).

Mejorar la capacidad técnica también puede ayudar a llenar las brechas de información (Ministerio del Ambiente, 2010; PAHO/UNICEF, 2020) y los datos obtenidos deben gestionarse adecuadamente (Molina, 2011). Las plataformas de información pueden usar los datos para hacerlos accesibles al público y fácilmente comprensibles (Consejo de Derechos Humanos, 2020b; Landrigan et al., 2018; Rees, 2017; Rees y UNICEF, 2016; UNICEF LACRO, 2019b), ya que un mejor monitoreo puede inspirar una mayor acción (Rees y UNICEF, 2016).

Los datos se pueden usar para desarrollar una línea base, planificar acciones (a corto y

largo plazo) e implementar sistemas de alerta temprana (Consejo de Derechos Humanos, 2020b; Landrigan et al., 2018; Ministerio del Ambiente, 2010; Rees y UNICEF, 2016)

■ Actividades en torno a la salud:

En el futuro, las escuelas no deberían construirse en áreas con altos niveles de contaminación (Rees, 2017). Para las escuelas que ya están ubicadas en áreas de riesgo, las estrategias comunitarias integrales multisectoriales podrían incluir aumentar el acceso al transporte público, instalar tecnologías más limpias en los autobuses escolares, imponer normas de emisión, construir muros o barreras de vegetación hacia las carreteras e instalar sistemas de filtración que reducen la exposición en interiores a la contaminación del aire relacionada con el tráfico (Boothe y Baldauf, 2020; UNICEF, 2018). Las políticas que limitan la velocidad o prohíben el tráfico en áreas estratégicas, como cerca de escuelas o centros de salud, podrían tener un costo relativamente accesible y bajo, pero un impacto inmediato y alto.

■ Actividades que responden al cambio climático, la contaminación del aire y la salud:

Dentro de las ciudades, es importante disminuir el uso de combustibles fósiles y contaminantes, controlar las emisiones de los vehículos, usar sistemas de filtración en los automóviles y mejorar el transporte público (D'Amato et al., 2014; Consejo de Derechos Humanos, 2020b; Landrigan et al., 2018; Rees, 2017; Rees y UNICEF, 2016; Watts, Amann, Ayeb-Karlsson, et al., 2018; Watts et al., 2019; OMS, 2017b). Se podrían evaluar regulaciones tales como establecer el número de personas que deben transitar en un automóvil, peajes dentro de la ciudad, o incentivos para el uso de automóviles eléctricos o bicicletas (Paredes, 2013).

Se debe fomentar un transporte más sostenible, como caminar y montar en

bicicleta. De esta manera se logra un aire más limpio y una mayor actividad física al mismo tiempo (Landrigan et al., 2018; Watts, Amann, Arnell, et al., 2018; Watts, Amann, Ayeb-Karlsson, et al., 2018; Watts et al., 2019; OMS, 2017b). Estos hábitos contribuyen también al transporte más seguro e independiente (OMS, 2017b). Sin embargo, podría haber resistencia al cambio a un transporte más sostenible, ya que requiere modificaciones en la conducta ciudadana (Rodríguez-Guerra y Cuvi, 2019).

De manera adicional, se pueden plantar árboles no alergénicos y aumentar los espacios verdes (D'Amato et al., 2014; Rees, 2017; Rodríguez-Guerra y Cuvi, 2019; OMS, 2017b).

Por otro lado, la gestión de residuos también juega un papel importante (Ministerio de Salud Pública, 2016; Rees, 2017; Rees y UNICEF, 2016; OMS, 2017b).

Fortalecer la planificación urbana sostenible es clave (Rees y UNICEF, 2016; Conferencia de las Naciones Unidas sobre Vivienda y Desarrollo Urbano Sostenible, 2017; Watts et al., 2019), razón por la cual UNICEF ha desarrollado principios de planificación urbana basados en los derechos de las niñas y los niños, incluyendo secciones sobre transporte sostenible y redes energéticas (UNICEF, 2018). UNICEF también apoya las iniciativas de Ciudades Amigables con la Infancia (UNICEF, 2020).

A nivel del hogar

■ Actividades que responden a la contaminación del aire y la salud:

Es esencial que las personas sean conscientes de la contaminación del aire dentro de sus hogares. Para mejorar la calidad del aire en interiores, se pueden promover sistemas de ventilación, prevenir la exposición al humo de tabaco y eliminar la quema de desechos, así como mejores prácticas de cocción o calefacción (Landrigan

et al., 2018; Rees y UNICEF, 2016; OMS, 2017b). Se debería promover el cambio a electrodomésticos más eficientes.

En general

■ Actividades que responden al cambio climático, la contaminación del aire y la salud:

En todos los niveles, se debe alentar la colaboración interdisciplinaria, como la agricultura, la industria, el transporte, el medio ambiente, la salud, la energía y las finanzas, para garantizar que no se produzcan daños entre sectores diferentes (Awe et al., 2015; Laborde et al., 2015; Landrigan et al., 2018; OMS, 2017b).

Mejores prácticas - ejemplos

La INVESTIGACIÓN INTERDISCIPLINARIA se ha llevado a cabo en Argentina, Colombia, México y Chile (Romero-Lankao, Borbor-Córdova, et al., 2013).

Las plataformas para el diálogo y la coordinación con todas las partes interesadas relevantes del sector público, privado y de la sociedad civil pueden mejorar la comunicación y las asociaciones (Borbor-Córdova y Barriga, 2007; Laborde et al., 2015; Landrigan et al., 2018; Ministerio del Ambiente, 2010; Rees y UNICEF, 2016; UNICEF LACRO, 2019b).

Según el informe U-report, realizado por UNICEF Ecuador, el 85 % de jóvenes no cree que el gobierno esté haciendo el trabajo suficiente para enfrentar el cambio climático (UNICEF Ecuador, 2020b). Muchas de las sugerencias de la juventud van de la mano con lo que ha propuesto el sector académico. Algunas de las ideas expuestas son: fortalecimiento de formas sostenibles de transporte, energía, industria y agricultura; mejora de la gestión de residuos y el desarrollo urbano; desarrollo de mecanismos y políticas de monitoreo; y, apoyar la participación y la educación (UNICEF Ecuador, 2020b).

RECOMENDACIONES

UNICEF Ecuador tiene la oportunidad de mejorar la salud y el bienestar de niños, niñas, adolescentes y jóvenes, haciendo frente al cambio climático y la contaminación del aire. Para hacerlo, UNICEF puede dar los primeros pasos teniendo como objetivo abordar el cambio climático, la contaminación del aire y la salud al mismo tiempo:

1. CONOCIMIENTO

UNICEF Ecuador puede asegurarse de estar actualizado con respecto a la contaminación del aire, el cambio climático y los impactos en la salud de las niñas y los niños en Ecuador

Sin conocimiento y conciencia, es difícil generar cambios. Por lo tanto, es importante que UNICEF Ecuador tenga conocimiento sobre la contaminación del aire y los efectos del cambio climático entre la niñez.

El sector Agua, Saneamiento e Higiene (WASH por sus siglas en inglés) de UNICEF Ecuador ya está realizando investigaciones sobre el cambio climático y la salud a través del *Diagnóstico de la Situación de las Niñas, Niños y Adolescentes de Ecuador frente al Cambio Climático*. Este informe es otro paso importante para obtener más información sobre cómo la contaminación del aire impacta en la salud de las niñas y los niños en el país. Otra acción podría ser descubrir más sobre los impactos en tiempo real a través de encuestas por la plataforma U-Report. Obtener más información respalda la identificación de acciones que produzcan triunfos rápidos a nivel nacional y local.



2. COORDINACIÓN

La coordinación y la comunicación con todos los actores relevantes son esenciales para construir mejores alianzas

Diversos actores a nivel subnacional, nacional e internacional, como las comunidades, las entidades gubernamentales, la academia, la sociedad civil, las organizaciones no gubernamentales y las agencias de la ONU, están actuando para hacer frente a la contaminación del aire. Además, juegan un papel importante diferentes sectores como los de la salud, medio ambiente, transporte, energía, industria, agricultura y finanzas.

Por lo mencionado, la coordinación y la comunicación con estos actores deben fortalecerse mediante el desarrollo de plataformas, mesas redondas o conferencias. La creación de alianzas estratégicas implica generar oportunidades para que UNICEF pueda incidir en los derechos de las niñas y los niños a un ambiente sano.

3. PROYECTO PILOTO

Un proyecto piloto de UNICEF Ecuador sobre la contaminación del aire implicaría muchas oportunidades

Potencialmente, un proyecto piloto podría incluir el trabajo con las escuelas para monitorear la contaminación del aire y desarrollar actividades en torno a este tema. Esto podría llenar un vacío de datos, al tiempo que brindaría la oportunidad de fortalecer la participación y educación del alumnado. Las niñas y los niños, como líderes del mañana, podrían participar en el monitoreo y aprender sobre la contaminación del aire a través de la integración del tema en su plan de estudios.

Lo descrito podría aumentar la conciencia y conducir a otras actividades favorables, como el desarrollo de material de promoción y comunicación de temas como, por ejemplo, formas sostenibles y seguras de transporte escolar, o la creación de espacios verdes. Las niñas y los niños son reconocidos como agentes de cambio, por lo que podrían acelerar acciones más amplias. El proyecto podría generar evidencia adicional si va acompañado de un proceso de investigación de manera colaborativa con el sector académico.



©UNICEF/EQU/2020/Serrano

4. INTEGRACIÓN TRANSVERSAL

UNICEF Ecuador también puede evaluar dónde la contaminación del aire puede ser integrada como tema transversal en proyectos existentes

En la actualidad, UNICEF Ecuador se encuentra realizando un trabajo importante en áreas como educación y salud. UNICEF no solo posee un amplio conocimiento sobre cómo implementar programas, también tiene actividades locales en terreno. Esto brinda una oportunidad única para evaluar dónde se puede integrar el tema de la contaminación del aire y el cambio climático en los programas ya existentes relacionados con, por ejemplo, las áreas de educación o salud.

UNICEF propone acciones globales para incorporar las intervenciones de contaminación del aire en los programas mundiales de Salud Materna, Recién Nacido e Infantil (MNCH) y Desarrollo de la Primera Infancia (DPI). Estas incluyen: 1) usar las guías existentes para capacitar a trabajadores de la salud comunitarios sobre la salud ambiental, y las niñas y los niños; 2) integrar la contaminación del aire con el trabajo de UNICEF de MNCH y abogar para que los socios también lo hagan; y, 3) apoyar a los gobiernos en la planificación y la gestión de políticas y soluciones para abordar los impactos de la contaminación del aire en la salud infantil y materna.

Sistemas de salud y educación inteligentes frente al cambio climático y la contaminación del aire son resilientes y abordan los riesgos ambientales, como la contaminación del aire. Con respecto a la salud, el marco EPCC (que aún se está desarrollando actualmente) se puede adaptar y aplicar según corresponda.



5. FINANCIAMIENTO

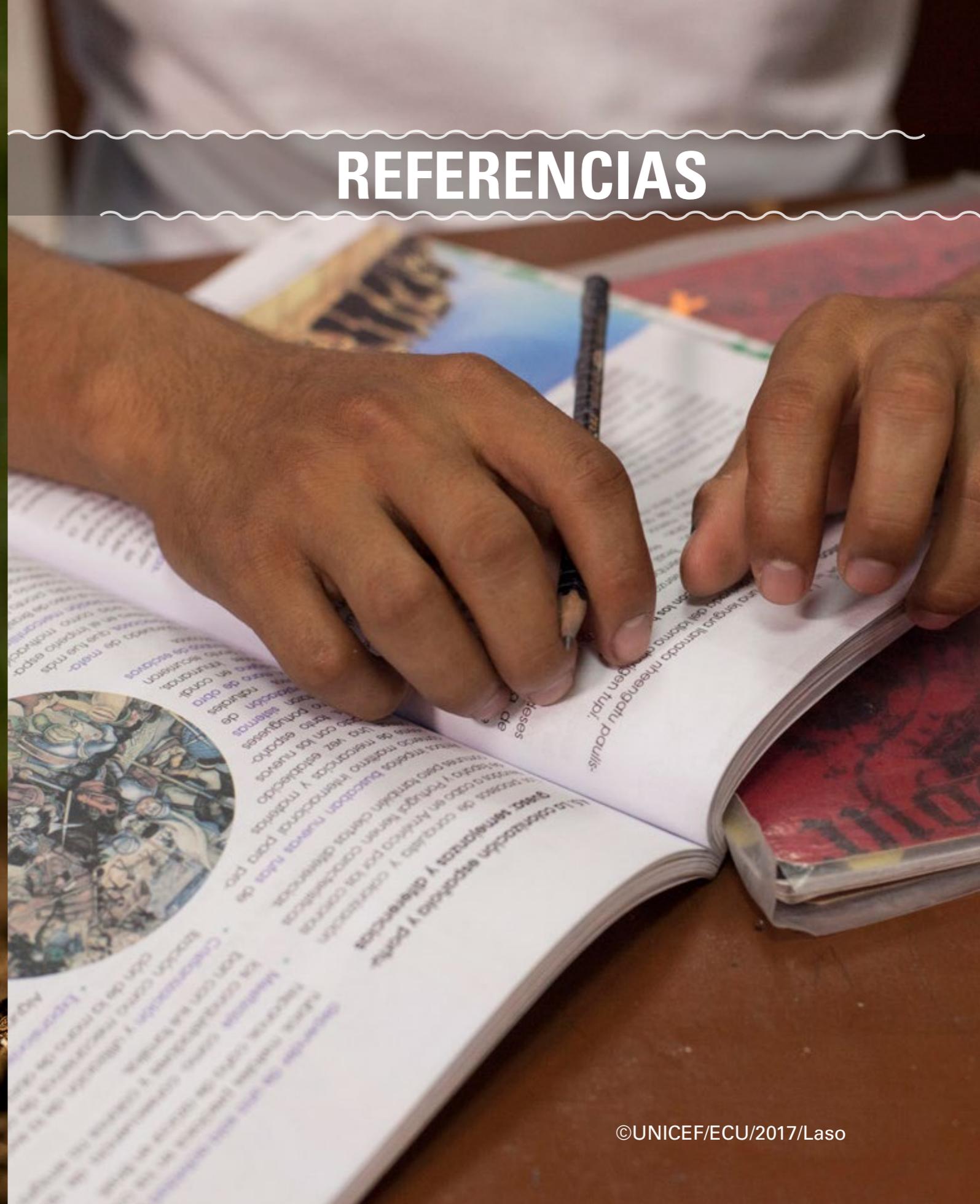
Para implementar estas recomendaciones, es necesaria la movilización de fondos y recursos

Es necesario el financiamiento suficiente para la implementación de acciones como el desarrollo de una plataforma de coordinación, el establecimiento de proyectos piloto en, por ejemplo, las escuelas, o la incorporación del tema en los programas existentes. Por lo tanto, UNICEF Ecuador puede movilizar fondos con las cuales se pueden tomar más medidas.

Es importante acelerar y multiplicar la inversión disponible para abordar el cambio climático, la contaminación del aire y la salud.



REFERENCIAS



- AirVisual. (2020, March). Quito Air Quality Index (AQI) and Ecuador Air Pollution. <https://www.iqair.com/ecuador/pichincha/quito>
- Aldás, L. V. P. (2013). Diagnóstico y monitoreo de la calidad del aire en los predios de la Universidad Central del Ecuador. 215.
- Almeida, J. L. G. (2016). Modelación de emisiones contaminantes de fuentes móviles terrestres en Quito, Ecuador. 184.
- Álvarez-Mendoza, C. I., y Padilla, O. (2016). Estimación de la contaminación del aire por PM10 en Quito a través de índices ambientales con imágenes LANDSAT ETM+. *Revista Cartografica* 92, 135–147.
- Álvarez-Mendoza, C. I., Teodoro, A. C., Torres, N., y Vivanco, V. (2019). Assessment of Remote Sensing Data to Model PM10 Estimation in Cities with a Low Number of Air Quality Stations: A Case of Study in Quito, Ecuador. *Environments*, 6(7), 85. <https://doi.org/10.3390/environments6070085>
- Álvarez-Mendoza, C. I., Teodoro, A., y Ramírez-Cando, L. (2019). Spatial estimation of surface ozone concentrations in Quito Ecuador with remote sensing data, air pollution measurements and meteorological variables. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(3), 155. <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7286-6>
- Ambrose, J. (2020, March). Coronavirus poses threat to climate action, says watchdog. <https://www.theguardian.com/environment/2020/mar/12/coronavirus-poses-threat-to-climate-action-says-watchdog?>
- Arguello, C. E. V., y Nieto, C. (2018). Análisis de la calidad del aire en los puntos de monitoreo de la Secretaría del Ambiente, ubicados dentro del Distrito Metropolitano de Quito en el periodo 2005 – 2017. 116.
- Astudillo, A., Ramírez, M., García, N., González, G., Gutiérrez, I., y Bailón, N. (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. *Rev. Toxicol* 7, 121-126.
- Awe, Y., Nygard, J., Larssen, S., Lee, H., Dulal, H., y Kanakia, R. (2015). Clean Air and Healthy Lungs (No. 03; Environment and natural resources global practice discussion paper, p. 130). World Bank. <http://documents.worldbank.org/curated/en/610191468166143435/pdf/ACS90350NWP0RE00Box385428B00PUBLIC0.pdf>
- Banerjee, N. (2020, March). A Harvard Expert on Environment and Health Discusses Possible Ties Between COVID and Climate. <https://insideclimatenews.org/news/11032020/coronavirus-harvard-doctor-climate-change-public-health?>
- Bernhardt, A., Caravanos, D. J., Oam, R. F., y Leahy, S. (2019). Pollution knows no borders. 54.
- Boothe, V. L., y Baldauf, R. W. (2020). Traffic emission impacts on child health and well-being. In *Transportation and Children's Well-Being* (pp. 119-142). Elsevier.
- Borbor-Córdova, M., y Barriga, A. (2007). Integración de salud, ambiente y comunidad para evaluar la calidad del aire en zonas populares de Guayaquil y proponer acciones sociales y políticas municipales.
- Braithwaite, I., Zhang, S., Kirkbride, J. B., Osborn, D. P. J., y Hayes, J. F. (2019). Air Pollution (Particulate Matter) Exposure and Associations with Depression, Anxiety, Bipolar, Psychosis and Suicide Risk: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Environmental Health Perspectives*, 127(12), 126002. <https://doi.org/10.1289/EHP4595>
- BrezoMeter. (2020, March). Quito, Ecuador Current Air Quality Map and Air Pollution Forecast. <https://breezometer.com/air-quality-map/city/quito>
- Carlson, C. J., Albery, G. F., Merow, C., Trisos, C. H., Zipfel, C. M., Eskew, E. A., Olival, K. J., Ross, N., y Bansal, S. (2020). Climate change will drive novel cross-species viral transmission [Preprint]. *Ecology*. <https://doi.org/10.1101/2020.01.24.918755>
- Carrillo, D. J. O. (2015). Consultoría: Actualización del Plan de Manejo de la Calidad del Aire 2005 – 2010. 168.
- Carrington, D. (2020a, March). Air pollution likely to increase coronavirus death rate, warn experts. <https://www.theguardian.com/environment/2020/mar/17/air-pollution-likely-to-increase-coronavirus-death-rate-warn-experts?>
- Carrington, D. (2020b, March). Coronavirus: 'Nature is sending us a message', says UN environment chief. https://www.theguardian.com/world/2020/mar/25/coronavirus-nature-is-sending-us-a-message-says-un-environment-chief?CMP=share_btn_link
- Carrington, D. (2020c, April). Air pollution linked to far higher Covid-19 death rates, study finds. <https://www.theguardian.com/environment/2020/apr/07/air-pollution-linked-to-far-higher-covid-19-death-rates-study-finds>
- CCAC. (2020). Climate & Clean Air Coalition. Climate & Clean Air Coalition. <https://www.ccacoalition.org/en>
- Censos, I. N. de E. y. (2020, March 10). Comisión de Ambiente. Instituto Nacional de Estadística y Censos. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/comision-de-ambiente/>
- Cevallos, V. M., Díaz, V., y Sirois, C. M. (2017). Particulate matter air pollution from the city of Quito, Ecuador, activates inflammatory signaling pathways in vitro. *Innate Immunity*, 23(4), 392–400. <https://doi.org/10.1177/1753425917699864>
- Chacha Vivar, V. H., Chacha Vivar, M. J., Lema Tixi, C. E., y Padilla Manzano, E. P. (2019). Pneumonia in children: Risk and response factors. *Revista Científica Mundo de La Investigación y El Conocimiento*, 3(2), 1290–1305. <https://doi.org/10.26820/recimundo/3.2.abril.2019.1290-1305>
- Clark, H., Coll-Seck, A. M., Banerjee, A., Peterson, S., Dalglis, S. L., Ameratunga, S., Balabanova, D., Bhan, M. K., Bhutta, Z. A., Borrazzo, J., Claeson, M., Doherty, T., El-Jardali, F., George, A. S., Gichaga, A., Gram, L., Hipgrave, D. B., Kwamie, A., Meng, Q., ... Costello, A. (2020). A future for the world's children? A WHO–UNICEF–Lancet Commission. *The Lancet*, 395(10224), 605–658. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(19\)32540-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)32540-1)

- Clean Air Institute. (2016). Air Pollution and Health in Latin America and the Caribbean: An Overview. https://science.gsfc.nasa.gov/610/applied-sciences/air_quality_health_showcase/Sanchez_AQ_Health_Showcase.pdf
- COP25. (2019a). Declaración sobre los Niños, Niñas, Jóvenes y la Acción Climática. <https://www.unicef.es/noticia/cop25-declaracion-sobre-los-ninos-ninas-jovenes-y-la-accion-climatica>
- COP25. (2019b). Intergovernmental Declaration on Children, Youth and Climate Change. <https://www.voicesofyouth.org/campaign/cop25-join-declaration-children-youth-and-climate-action>
- D'Amato, G., Cecchi, L., D'Amato, M., y Annesi-Maesano, I. (2014). Climate change and respiratory diseases. *European Respiratory Review*, 23(132), 161–169. <https://doi.org/10.1183/09059180.00001714>
- De Paula, N., y Mar, K. (s.f.). Is the Coronavirus “good” for climate change? This question misses the point. <https://www.iass-potsdam.de/en/blog/2020/03/coronavirus-climate-change>
- Delgado, E. R. C., Tapia, L., Soria, A. J. C., Samaniego, B. C., Chávez, D. R. M., & Cueva, I. V. G. (2014). Inventario Preliminar de las Emisiones de Contaminantes del Aire, de los cantones Ambato, Riobamba, Santo Domingo de los Colorados, Latacunga, Ibarra, Manta, Portoviejo, Esmeraldas y Milagro. 124.
- Edwards, H., y Wellesley, L. (2019). Healthy air for every child: a call for national action. 32.
- Edwards, H., y Whitehouse, A. (2018). The Toxic School Run. <https://www.unicef.org.uk/publications/the-toxic-school-run/>
- EMOV. (2017). Informe de Calidad Aire Cuenca. <http://www.emov.gob.ec/sites/default/files/CALIDAD%20DEL%20AIRE%202017.pdf>
- Espinoza, D. E. P. (2014). Contaminación del aire exterior. Cuenca - Ecuador, 2009- 2013. Posibles efectos en la salud. *Revista de Facultad de Ciencias Médicas*, 32(2), 12.
- Estrella, B., Sempértegui, F., Franco, O. H., Cepeda, M., y Naumova, E. N. (2019). Air pollution control and the occurrence of acute respiratory illness in school children of Quito, Ecuador. *Journal of Public Health Policy*, 40(1), 17–34. <https://doi.org/10.1057/s41271-018-0148-6>
- Estrella Cahuenas, B. (2019). Effects of Air Pollution on the Respiratory Health and the Respiratory Immune System. *Studies in Ecuadorian Children*. <https://repub.eur.nl/pub/124749/20191210-Thesis-Bertha-Estrella.pdf>
- Farhat, C., y Borbor, M. J. (s.f.). Integración de Salud, Ambiente y Comunidad para evaluar la Calidad del Aire en zonas populares de Guayaquil y proponer acciones sociales y políticas municipales.
- Farhat, C., Borbor, M. J., y Castillo, D. (2005). Integración de Salud, Ambiente y Comunidad para Evaluar la Calidad del Aire en sectores populares de Guayaquil.
- FLACSO/MAE/PNUMA. (2008). Estado del aire. GEOECUADOR. <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/41444.pdf>
- Friedman, L. (2020, April). New Research Links Air Pollution to Higher Coronavirus Death Rates. <https://www.nytimes.com/2020/04/07/climate/air-pollution-coronavirus-covid.html#click=https://t.co/5qi3VS7Ktl>
- Goldemberg, J., Martínez-Gómez, J., Sagar, A., y Smith, K. R. (2018). Household air pollution, health, and climate change: Cleaning the air. *Environmental Research Letters*, 13(3), 030201. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aaa49d>
- Gould, C. F., Schlesinger, S., Toasa, A. O., Thurber, M., Waters, W. F., Graham, J. P., y Jack, D. W. (2018). Government policy, clean fuel access, and persistent fuel stacking in Ecuador. *Energy for Sustainable Development*, 46, 111–122. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2018.05.009>
- Guerrero Mayorga, C. N. (2018). Diagnóstico preliminar para la calidad del aire en la ciudad de San Francisco de Milagro y su incidencia en la población. <http://repositorio.unemi.edu.ec/bitstream/123456789/3899/1/DIAGN%C3%93STICO%20PRELIMINAR%20PARA%20LA%20CALIDAD%20DEL%20AIRE%20EN%20LA%20CIUDAD%20DE%20SAN%20FRANCISCO%20DE%20MILAGRO%20Y%20SU%20INC.pdf>
- HAQAST. (2020, February). HAQAST2020. NASA Health and Air Quality Applied Sciences Team. <https://haqast.org/haqast2020/>
- Harris, A. M., Sempértegui, F., Estrella, B., Narváez, X., Egas, J., Woodin, M., Durant, J. L., Naumova, E. N., y Griffiths, J. K. (2011). Air pollution and anemia as risk factors for pneumonia in ecuadorian children: A retrospective cohort analysis. *Environmental Health*, 10(1), 93. <https://doi.org/10.1186/1476-069X-10-93>
- Harvey, F. (2020a, March). Covid-19 economic rescue plans must be green, say environmentalists. https://www.theguardian.com/environment/2020/mar/24/covid-19-economic-rescue-plans-must-be-green-say-environmentalists?CMP=share_btn_link
- Harvey, F. (2020b, March). Tackle climate crisis and poverty with zeal of Covid-19 fight, scientists urge. <https://www.theguardian.com/world/2020/mar/28/coronavirus-tackle-climate-crisis-and-poverty-with-zeal-of-covid-19-fight-scientists-urge?>
- Human Rights Council. (2017). Analytical study on the relationship between climate change and the full and effective enjoyment of the rights of the child [Data set]. Koninklijke Brill NV. https://doi.org/10.1163/2210-7975_HRD-9970-2016149
- Human Rights Council. (2020a). Realizing the rights of the child through a healthy environment. Annual report of the United Nations High Commissioner for Human Rights and reports of the Office of the High Commissioner and the Secretary-General.
- Human Rights Council. (2020b). Right to a healthy environment: Good practices [Data set]. Koninklijke Brill NV. https://doi.org/10.1163/2210-7975_HRD-9970-2016149
- IERSE Universidad del Azuay. (2020). Índice de Calidad del Aire—Cuenca. <http://ierse.uazuay.edu.ec/>
- Jerves Cobo, R., y Armijo Arcos, F. (2016). Análisis y revisión de la red de monitoreo de calidad del aire de la ciudad de Cuenca—Ecuador. *La Granja*, 23(1). <https://doi.org/10.17163/lgr.n23.2016.03>
- Khan, K. M., Weigel, M. M., Yonts, S., Rohlman, D., y Armijos, R. (2019). Residential exposure to urban traffic is associated with the poorer neurobehavioral health of Ecuadorian schoolchildren. *NeuroToxicology*, 73, 31–39. <https://doi.org/10.1016/j.neuro.2019.02.018>

- Laborde, A., Tomasina, F., Bianchi, F., Bruné, M.-N., Buka, I., Comba, P., Corra, L., Cori, L., Duffert, C. M., Harari, R., Iavarone, I., McDiarmid, M. A., Gray, K. A., Sly, P. D., Soares, A., Suk, W. A., y Landrigan, P. J. (2015). Children's Health in Latin America: The Influence of Environmental Exposures. *Environmental Health Perspectives*, 123(3), 201–209. <https://doi.org/10.1289/ehp.1408292>
- Landrigan, P. J., Fuller, R., Acosta, N. J. R., Adeyi, O., Arnold, R., Basu, N. (Nil), Baldé, A. B., Bertollini, R., Bose-O'Reilly, S., Boufford, J. I., Breysse, P. N., Chiles, T., Mahidol, C., Coll-Seck, A. M., Cropper, M. L., Fobil, J., Fuster, V., Greenstone, M., Haines, A., ... Zhong, M. (2018). The Lancet Commission on pollution and health. *The Lancet*, 391(10119), 462–512. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32345-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32345-0)
- Little Things Matter. (2020, March 10). The Deadly Impact of Airborne Particles. <http://littletthingsmatter.ca/2018/01/21/these-7-things-will-change-the-way-you-approach-travel/>
- Llanes Cedeño, E. A., Rocha-Hoyos, J. C., Peralta Zurita, D. B., y Leguísamo Milla, J. C. (2018). Evaluación de emisiones de gases en un vehículo liviano a gasolina en condiciones de altura. Caso de estudio Quito, Ecuador. *Enfoque UTE*, 9(2), 149–158. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v9n2.201>
- MAE, y PNUD. (2017). Tercera Comunicación Nacional del Ecuador. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/TERCERA-COMUNICACION-BAJA-septiembre-2017-1-ilovepdf-compressed1.pdf>
- Martin. (2019, July 23). United Nations announces 2019 Climate Action Summit 'Clean Air Initiative', calls on governments at all levels to join. *United Nations Sustainable Development*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/blog/2019/07/clean-air-initiative-calls-climate-action/>
- Merino Molina, R. M. (2016). La contaminación atmosférica producida por el transporte como limitante para el ejercicio del derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/6391>
- Ministerio de Salud Pública. (2016, Noviembre). Municipios saludables respiran vida. <https://www.salud.gob.ec/municipios-saludables-respiran-vida/>
- Ministerio del Ambiente. (2010). Plan nacional de la calidad de aire Ecuador. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/libro-calidad-aire-1-final.pdf>
- Ministerio del Ambiente. (2011). Acuerdo No.50. <http://yasunitransparente.ambiente.gob.ec/ministerial+050+registro+oficial+464+de+Martes+7+de+junio+de+2011.odt/13f9aed2-41ca-4c2d-a822-b697c1cc6a9d;jsessionid=0TJyObZ1cIU T7KRhbYVs+UX>
- Molina, A. E. (2011). Diseño de un sistema de información geográfica para la Red de Monitoreo Ambiental de la ciudad de Cuenca. 68.
- Moreira-Romero, Á. F. (2018). Contaminación del aire en el medio ambiente por las emisiones de gases tóxicos de empresas industriales en Ecuador. *Polo del Conocimiento*, 3(7), 299. <https://doi.org/10.23857/pc.v3i7.553>
- Moyano Tobar, C. M. (2017). Estimación de la contaminación del aire generada por efecto de la circulación vehicular motorizada en la Av. 10 de Agosto de la ciudad de Cuenca. 170.
- Muenala Sagnay, A. E. (2016). Evaluación del Impuesto ambiental a la contaminación vehicular en el Distrito Metropolitano de Quito. http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/10530/Tesis_IACV_final.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Murillo, S. E. P. (2018). Impacto de la contaminación atmosférica en dos principales ciudades del Ecuador. *Universidad y Sociedad*, 10(2), 285–288.
- Narasimhan, G. (2020, January). Reduce Emissions and Pollution for Children. <https://unicef.sharepoint.com/teams/DAPM-PPPX/SitePages/Reduce-Emissions-and-Pollution-for-Children.aspx>
- NASA. (2020, February). Airborne Nitrogen Dioxide Plummets Over China. <https://earthobservatory.nasa.gov/images/146362/airborne-nitrogen-dioxide-plummets-over-china>
- Numbeo. (2020, February). Pollution in Quito. <https://www.numbeo.com/pollution/in/Quito>
- Ochoa-Jiménez, D. A., Cueva-Agila, A., Prieto, M., Aragón, G., y Benítez, Á. (2015). Cambios en la composición de líquenes epífitos relacionados con la calidad del aire en la ciudad de Loja (Ecuador). *Caldasia*, 37(2), 333–343. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v37n2.53867>
- OECD (2012). OECD Environmental Outlook to 2050: The Consequences of Inaction - Key Facts and Figures
- Ogen, Y. (2020). Assessing nitrogen dioxide (NO₂) levels as a contributing factor to coronavirus (COVID-19) fatality. *Science of The Total Environment*, 726, 138605. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138605>
- PAHO/UNICEF. (2020). Health and Climate Change Areas Matrix.
- Palacios Espinoza, E. del C. (2018). Determinación social de la contaminación del aire urbano y de su relación con el deterioro de la salud respiratoria en las niñas y los niños y niñas menores de 5 años (Cuenca, Ecuador) 2012-2014. <http://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/6218>
- Paredes, F. P. J. (2013). Análisis económico de la contaminación del aire en el Ecuador – estudio de caso del Distrito Metropolitano de Quito: políticas aplicadas y propuestas. 142.
- Pilco, L. A. G. (2018). Diseño de la red de monitoreo de la calidad del aire en el cantón Mejía. 87.
- Pino Vallejo, -marco Vinicio. (2018). Predicción de la contaminación atmosférica con material particulado PM_{2,5} en el centro histórico de Quito, utilizando la teoría del caos. <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/14177>
- Raysoni, A. U., Armijos, R. X., Weigel, M. M., Montoya, T., Eschanique, P., Racines, M., y Li, W.-W. (2016). Assessment of indoor and outdoor PM species at schools and residences in a high-altitude Ecuadorian urban center. *Environmental Pollution*, 214, 668–679. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.04.085>
- Rees, N. (2017). Danger in the Air. UNICEF. https://www.unicef.org/environment/files/Danger_in_the_Air.pdf

- Rees, N., y UNICEF. (2016). Clear the air for the children: The impact of air pollution on children. UNICEF. http://www.unicef.org/publications/files/UNICEF_Clear_the_Air_for_Children_30_Oct_2016.pdf
- Rees, N., Wickham, A., y Choi, Y. (2019). Silent Suffocation in Africa. <https://www.unicef.org/reports/silent-suffocation-in-africa-air-pollution-2019>
- Riojas-Rodríguez, H., Texcalac-Sangrador, J. L., y Moreno-Banda, G. L. (2016). Air pollution management and control in Latin America and the Caribbean: Implications for climate change. *Rev Panam Salud Publica*, 10.
- Rodas, M., y Arias, V. (2018). Calidad del Aire Quito. 55.
- Rodríguez, A., Vaca, M., Oviedo, G., Erazo, S., Chico, M. E., Teles, C., Barreto, M. L., Rodríguez, L. C., y Cooper, P. J. (2011). Urbanisation is associated with prevalence of childhood asthma in diverse, small rural communities in Ecuador. *Thorax*, 66(12), 1043–1050. <https://doi.org/10.1136/thoraxjnl-2011-200225>
- Rodríguez-Guerra, A., y Cuvi, N. (2019). Contaminación del Aire y Justicia Ambiental en Quito, Ecuador. *Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science*, 8(3), 13–46. <https://doi.org/10.21664/2238-8869.2019v8i3.p13-46>
- Romero-Lankao, P., Borbor-Córdova, M., Abrutsky, R., Günther, G., Behrentz, E., y Dawidowsky, L. (2013). ADAPTE: A tale of diverse teams coming together to do issue-driven interdisciplinary research. *Environmental Science & Policy*, 26, 29–39. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2011.12.003>
- Romero-Lankao, P., Qin, H., y Borbor-Córdova, M. (2013). Exploration of health risks related to air pollution and temperature in three Latin American cities. *Social Science & Medicine*, 83, 110–118. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2013.01.009>
- Save the Children. (2019). Fighting for Breath—Call to Action. <https://www.savethechildren.org.uk/content/dam/gb/reports/policy/fighting-for-breath-call-to-action.pdf>
- Secretaría de Ambiente. (s.f.-a). Índice Quiteño de la Calidad del Aire IQCA. http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria_Ambiente/red_monitoreo/informacion/iqca.pdf
- Secretaría de Ambiente. (s.f.-b). Los contaminantes comunes del aire y sus efectos sobre la salud humana. http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria_Ambiente/red_monitoreo/informacion/contaminantes_aire_efec_salud.pdf
- Secretaría de Ambiente. (s.f.-c). Norma ecuatoriana de calidad de aire. <http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/index.php/norma-ecuatoriana-de-la-calidad-del-aire>
- Secretaría de Ambiente. (2019). La Experiencia de Quito en Monitoreo de Calidad de Aire: Metodología, Integridad de datos y Proyectos en Desarrollo.
- Secretaría de Ambiente. (2020a). Índice Quiteño de Calidad del Aire Marzo 2020.
- Secretaría de Ambiente. (2020b). Informe de la Calidad del Aire en el DMQ No 09-2020. 5.
- Secretaría de Ambiente. (2020c). Informe de la Calidad del Aire en el DMQ No 10-2020.
- Sellers Walden, C. A. (2017). Publicación de contaminantes atmosféricos de la estación de monitoreo de la ciudad de Cuenca, utilizando servicios estándares OGC. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, 9(15). <https://doi.org/10.18272/aci.v9i15.300>
- Solá, D. C., Vásquez, S. A., Granda, L. B., Velasco, C. R., y Cevallos, F. R. (2018). Contaminación del aire a filo de calle en Quito, caso estudio Guayaquil y Espejo. *Revista Científica*, 2, 10.
- Solomon, A. (2019, October). Towards a strategic framework for children's environmental health.
- Sripada, K. (2019, November). Introducing UNICEF Health Strategic Framework for Environmental Pollution & Climate Change.
- Taylor, J., Milner, J., Davies, M., Wilkinson, P., Haines, A., Sehgal, M., Singh, K. N., Barreto, M. L., y Vianna, N. (2018). SHUE Database. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.7399094.v1>
- TUDelft. (2017, September). Air Pollution in Quito. <https://sflambouris weblog.tudelft.nl/2017/09/18/air-pollution-in-quito/>
- UN environment. (2020, February 28). AirVisual Webpage. <https://www.airvisual.com/unep>
- UNEP. (2014). Decision—Regional Plan of Action on Atmospheric Pollution. <https://www.ccacoalition.org/en/resources/regional-action-plan-intergovernmental-cooperation-air-pollution-latin-america-and>
- UNESCO. (2016). Action for Climate Empowerment. https://www.bne-portal.de/sites/default/files/downloads/UNESCO%26UNFCCC_2016_Action%20for%20Climate%20Empowerment.pdf
- UNICEF. (2018). Shaping urbanization for children. https://www.unicef.org/publications/index_103349.html
- UNICEF. (2019). Key Messages for COP25.
- UNICEF. (2020). UNICEF Advocacy and Partnerships Strategy on Climate and Environment.
- UNICEF. (2020). Child friendly cities initiative. <https://childfriendlycities.org>
- UNICEF. (2020). COVID-19 and Climate & Environment linkages
- UNICEF. (2020). Environment and Climate Change. <https://www.unicef.org/environment-and-climate-change>
- UNICEF EAPRO. (2019). UNICEF's Activities on Air Pollution in East Asia and the Pacific. shorturl.at/dixVW
- UNICEF EAPRO. (2020). Children's environment and health in East Asia and the Pacific. <https://unicef.sharepoint.com/sites/PD-CERP/SiteAssets/SitePages/Climate-Action--Envi/Children%27s%20Environment%20and%20Health%20in%20East%20Asia%20and%20the%20Pacific.pdf>
- UNICEF Ecuador. (2020a). Climate Landscape Analysis for Children Ecuador.
- UNICEF Ecuador. (2020b). Resultados UReport Cambio Climatico. <https://ecuador.ureport.in/v2/opinion/1296/>
- UNICEF France. (2019). Lutte contre la pollution de l'air. <https://en.calameo.com/read/005586632ec9837c4a6d1>

- UNICEF India. (2019, December). RepAir Fortnight 2 -Youth Care 4 Air Challenge. <https://india.ureport.in/v2/opinion/1493/>
- UNICEF Indonesia, y Vital Strategies. (2018). Air Pollution: A Threat to Children's Health in Indonesia. <https://www.vitalstrategies.org/wp-content/uploads/2018/07/Vital-Strategies-Air-Pollution-Evidence-Brief-Indonesia.pdf>
- UNICEF Kosovo. (2019a). Impact of air pollution. https://www.unicef.org/kosovoprogramme/media/1091/file/UNICEF%20Report_Air%20Pollution.pdf%20.pdf%20.
- UNICEF Kosovo. (2019b, December). Questionnaire about air pollution in Kosovo. <https://westernbalkans.ureport.in/v2/opinion/1494/>
- UNICEF LACRO. (2019a). Acción Climática para la Niñez. UNICEF.
- UNICEF LACRO. (2019b). Climate Action for Children. UNICEF.
- UNICEF LACRO. (2020a). Acción Climática Para las niñas y los niños, Niñas y Adolescentes – Objetivo de Desarrollo Sostenible 13.
- UNICEF LACRO. (2020b). Climate Action for Children – Sustainable Development Goal 13.
- UNICEF LACRO/PAHO. (s.f.). Climate change impacts on child health in Latin America.
- UNICEF Macedonia. (2018). Climate Landscape Analysis for Children in Macedonia. <https://unicef.sharepoint.com/teams/Communities/ESC/Lists/Country%20Examples/Attachments/73/Formatted%20Macedonia%20CLAC%20final.pdf>
- UNICEF Mongolia. (2018). Mongolia's air pollution crisis. https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/Mongolia_air_pollution_crisis_ENG.pdf
- UNICEF Myanmar. (2019, April). Poll on Air Pollution. <https://myanmar.ureport.in/v2/opinion/3373/>
- UNICEF Perú. (2020). Climate Change and Health.
- UNICEF/WHO. (2019). Advocacy Videos. <https://www.youtube.com/watch?v=FowslcA7PZ8>
- United Nations Conference on Housing and Sustainable Urban Development (Ed.). (2017). Habitat III issue papers.
- University of Copenhagen. (2020). Air Pollution – a Global Threat to our Health. Coursera. <https://www.coursera.org/learn/air-pollution-health-threat>
- WAQI. (2020). World's Air Pollution: Real-time Air Quality Index. Waqi.Info. <https://waqi.info/>
- Watts, N., Amann, M., Arnell, N., Ayeb-Karlsson, S., Belesova, K., Berry, H., Bouley, T., Boykoff, M., Byass, P., Cai, W., Campbell-Lendrum, D., Chambers, J., Daly, M., Dasandi, N., Davies, M., Depoux, A., Dominguez-Salas, P., Drummond, P., Ebi, K. L., ... Costello, A. (2018). The 2018 report of the Lancet Countdown on health and climate change: Shaping the health of nations for centuries to come. *The Lancet*, 392(10163), 2479-2514. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)32594-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)32594-7)
- Watts, N., Amann, M., Arnell, N., Ayeb-Karlsson, S., Belesova, K., Boykoff, M., Byass, P., Cai, W., Campbell-Lendrum, D., Capstick, S., Chambers, J., Dalin, C., Daly, M., Dasandi, N., Davies, M., Drummond, P., Dubrow, R., Ebi, K. L., Eckelman, M., ... Montgomery, H. (2019). The 2019 report of The Lancet Countdown on health and climate change: Ensuring that the health of a child born today is not defined by a changing climate. *The Lancet*, 394(10211), 1836-1878. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(19\)32596-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)32596-6)
- Watts, N., Amann, M., Ayeb-Karlsson, S., Belesova, K., Bouley, T., Boykoff, M., Byass, P., Cai, W., Campbell-Lendrum, D., Chambers, J., Cox, P. M., Daly, M., Dasandi, N., Davies, M., Depledge, M., Depoux, A., Dominguez-Salas, P., Drummond, P., Ekins, P., ... Costello, A. (2018). The Lancet Countdown on health and climate change: From 25 years of inaction to a global transformation for public health. *The Lancet*, 391(10120), 581-630. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32464-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32464-9)
- We Don't Have Time. (2020). Let's Flatten This Curve Too. <https://twitter.com/WeDontHaveTime0/status/1244515509661548546>
- WHO. (2017a). Don't pollute my future! <https://www.who.int/ceh/publications/don-t-pollute-my-future/en/>
- WHO. (2017b). Inheriting a sustainable world?: Atlas on children's health and the environment. <http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/254677/1/9789241511773-eng.pdf>
- WHO. (2018a). Global ambient air pollution. <https://maps.who.int/airpollution/>
- WHO. (2018b). WHO Global Ambient Air Quality Database. WHO; World Health Organization. <http://www.who.int/airpollution/data/cities/en/>
- WHO/CCAC/UNEP. (2020, March 10). BreatheLife – A global campaign for clean air. BreatheLife2030. <https://breathelife2030.org/>
- Wu, X., Nethery, R., Sabath, B., Braun, D., y Dominici, F. (2020, April). Exposure to air pollution and COVID-19 mortality in the United States. <https://projects.iq.harvard.edu/covid-pm>
- Wyns, A. (2020, April). How our responses to climate change and the coronavirus are linked. <https://www.weforum.org/agenda/2020/04/climate-change-coronavirus-linked>
- Zalakeviciute, R., Rybarczyk, Y., Granda-Albuja, M. G., Díaz Suárez, M. V., y Alexandrino, K. (2020). Chemical characterization of urban PM10 in the Tropical Andes. *Atmospheric Pollution Research*, 11(2), 343–356. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2019.11.007>