

Red ciudadana de acción climática en  
calidad de aire en Latinoamérica

# Aires Nuevos

## Medir para actuar

Modelo Replicable para Actores Locales



**Aires Nuevos: La Infancia es la cara visible de la contaminación del aire.**

Medir para actuar. Red de acción climática en calidad de aire en Latinoamérica, impulsada por Líderes de Convergencia para la Acción de Fundación Horizonte Ciudadano.

**Fundación Horizonte Ciudadano**

[www.horizonteciudadano.cl](http://www.horizonteciudadano.cl)

Los contenidos de este documento pueden ser utilizados en cualquier medio, citando la fuente.

**Autoras**

Loreto Stambuk  
Marcela Otto

**Colaboradores**

Raúl Pino  
Vincenzo Rosso

**Diseño y diagramación**

Cristina Grandón Illanes

**Agradecimientos**

Agradecemos a George Castelar, Kyara Diaz y Caroline Henríquez de la Municipalidad Metropolitana de Lima, y a Edwin Villanueva de la Pontificia Universidad Católica del Perú, por su colaboración, reportes y productos de Aires Nuevos Lima incluidos en este documento.

Agradecemos a la Red de Líderes de Convergencia para la Acción de Fundación Horizonte Ciudadano, a las municipalidades participantes y académicos por su invaluable contribución al proyecto, implementado gracias al financiamiento de Bernard van Leer Foundation y The Children's Investment Fund Foundation.

**Agosto 2023, Santiago de Chile.**

# Contenidos



<b>I</b>	<b>¿Cuál es el problema?</b> _____	<b>4</b>
	Introducción _____	5
	Contaminación del aire _____	8
	Salud y calidad de aire _____	10
	¿Por qué el foco en la niñez? _____	13
	Motivación para medir en Latinoamérica _____	17
<b>II</b>	<b>Configurando la Red</b> _____	<b>21</b>
	Ideas fuerza _____	22
	Explorando tecnologías de medición _____	23
	Creando alianzas _____	26
	Eligiendo dónde medir _____	27
	Aires Nuevos: nuestra propuesta _____	29
<b>III</b>	<b>Los pilares de la Red</b> _____	<b>33</b>
	Gobernanza del aire _____	34
	Compromisos y etapas _____	39
	Que los datos hagan sentido _____	45
<b>IV</b>	<b>Medir para actuar</b> _____	<b>48</b>
	Territorialización de Aires Nuevos _____	50
	Productos _____	95
	Aprendizajes _____	101

I  
*¿Cuál es  
el problema?*

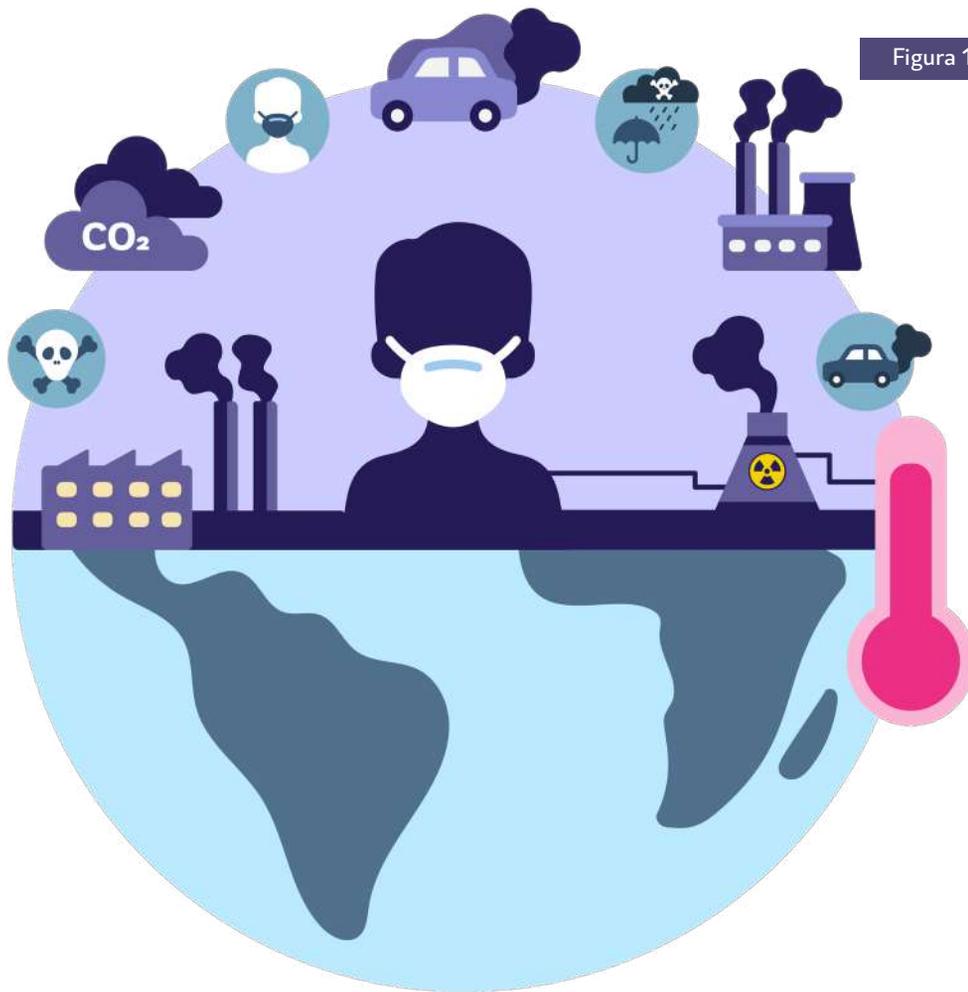


## Introducción

La contaminación del aire es una crisis ambiental que afecta a la niñez de todo el mundo, desencadenando diversas condiciones de salud graves y poniendo en riesgo sus vidas. La primera infancia es especialmente vulnerable ante esta amenaza mundial, que silenciosamente afecta la vida y el futuro de millones de niños y niñas, incluso desde su desarrollo prenatal.

La OMS describe la contaminación del aire como "el mayor riesgo ambiental para la

salud". Sin embargo, a pesar de la abrumadora evidencia de los peligros de la contaminación del aire, las políticas públicas y la planificación urbana en los países de ingresos bajos y medianos, no garantizan el derecho de la niñez a vivir en un ambiente sano y protegido, y no consideran aspectos de justicia intergeneracional con respecto a la calidad de aire y el cambio climático.



## ¿Sabías qué?

Cada año se producen aproximadamente

# 7 millones de muertes

debidas a la contaminación del aire y es causa de

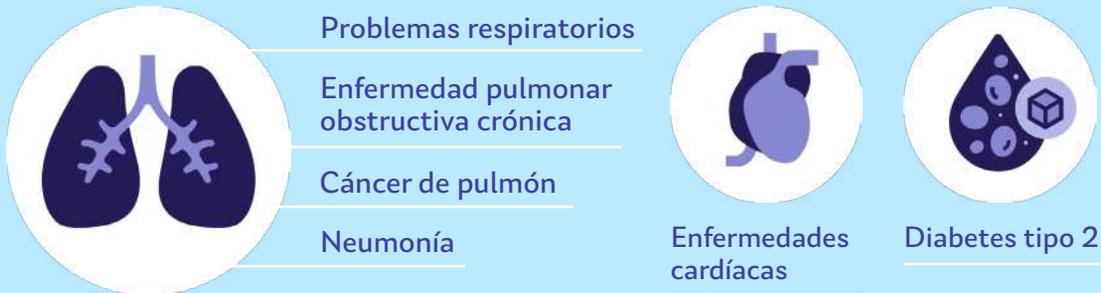


Figura 2.

En estos últimos años se han impulsado esfuerzos para generar datos sobre calidad del aire y ponerlos a disposición de las comunidades. En este contexto, se crea [Aires Nuevos](#), una red ciudadana de acción climática enfocada en mejorar la calidad del aire para la primera infancia. La iniciativa ha instalado sensores en más de 42 ciudades en Latinoamérica y ha generado datos de calidad del aire en más de 150 centros de cuidado infantil. Estos datos se han analizado y [publicado](#) para crear conciencia sobre el problema y para diseñar soluciones costo-efectivas mediante la colaboración de múltiples actores y la implementación de acciones para reducir la

exposición de los niños y niñas a contaminantes atmosféricos.

Aires Nuevos es una iniciativa de Fundación Horizonte Ciudadano, con el apoyo técnico del Centro de Acción Climática PUCV de Chile, enmarcada en la Red de líderes de Convergencia para la Acción, programa de incidencia política de líderes latinoamericanos comprometidos con la protección y promoción de los Derechos de la Infancia.

Con el objetivo de promover y replicar proyectos similares a Aires Nuevos en más países en desarrollo, impulsados ya sea por gobiernos locales u organizaciones sin

fines de lucro, hemos creado el presente documento para describir el proceso de creación de la red ciudadana de calidad de aire más grande de Latinoamérica, con una gobernanza tripartita, tecnología de bajo costo, a base de cooperaciones de distintos actores y con visibilidad internacional. Este exitoso proceso de tres años no ha estado exento de aprendizajes y tropiezos, los cuales también plasmamos en este documento.

Por último, es necesario recordar que la contaminación del aire y el cambio climático son dos caras de la misma moneda, que en general se tratan separadamente. Para abordar ambos desafíos, es necesario implementar iniciativas de calidad del aire que entreguen herramientas de adaptación a las comunidades frente a la crisis medioambiental, se centren en la protección de la salud de las personas, y fortalezcan el capital humano en mitigación frente al cambio climático.



**Aires Nuevos** para la Primera Infancia nace en junio de 2020. Después de tres años de desarrollo, el caso **“Aires Nuevos para la Infancia Lima”** ilustra la implementación satisfactoria y replicable de lo que define esta red ciudadana de calidad de aire:  
**“Medir para Actuar”.**

## Contaminación del aire

La contaminación del aire es el riesgo ambiental que más vidas cobra a nivel mundial. Provoca más muertes que el consumo de cigarrillos, los accidentes de tráfico y las guerras[1]. Sus riesgos se distribuyen de forma desigual y afectan en mayor proporción a los niños, ancianos y personas con enfermedades respiratorias preexistentes.

Dentro de los contaminantes más dañinos se encuentra el material particulado 2.5 (MP<sub>2.5</sub>), que está formado por diminutas partículas sólidas o líquidas que se encuentran en el aire. Estas partículas pueden incluir: polvo, tierra, hollín, humo y

gotas de líquido. La actividad humana es la principal responsable de las emisiones de MP<sub>2.5</sub>, siendo el tráfico vehicular y la quema de biomasa una de las principales fuentes de este problema ambiental[2].

Para realizar un aporte en la reducción de los contaminantes atmosféricos que afectan a la infancia, es crucial contar con datos de calidad de aire e indicadores de salud de niños/as al elaborar políticas públicas. De esta manera, es posible diseñar e implementar acciones de mitigación local, junto a generar capacidades de adaptación a la crisis climática.



## Tipos de contaminantes del aire y sus fuentes

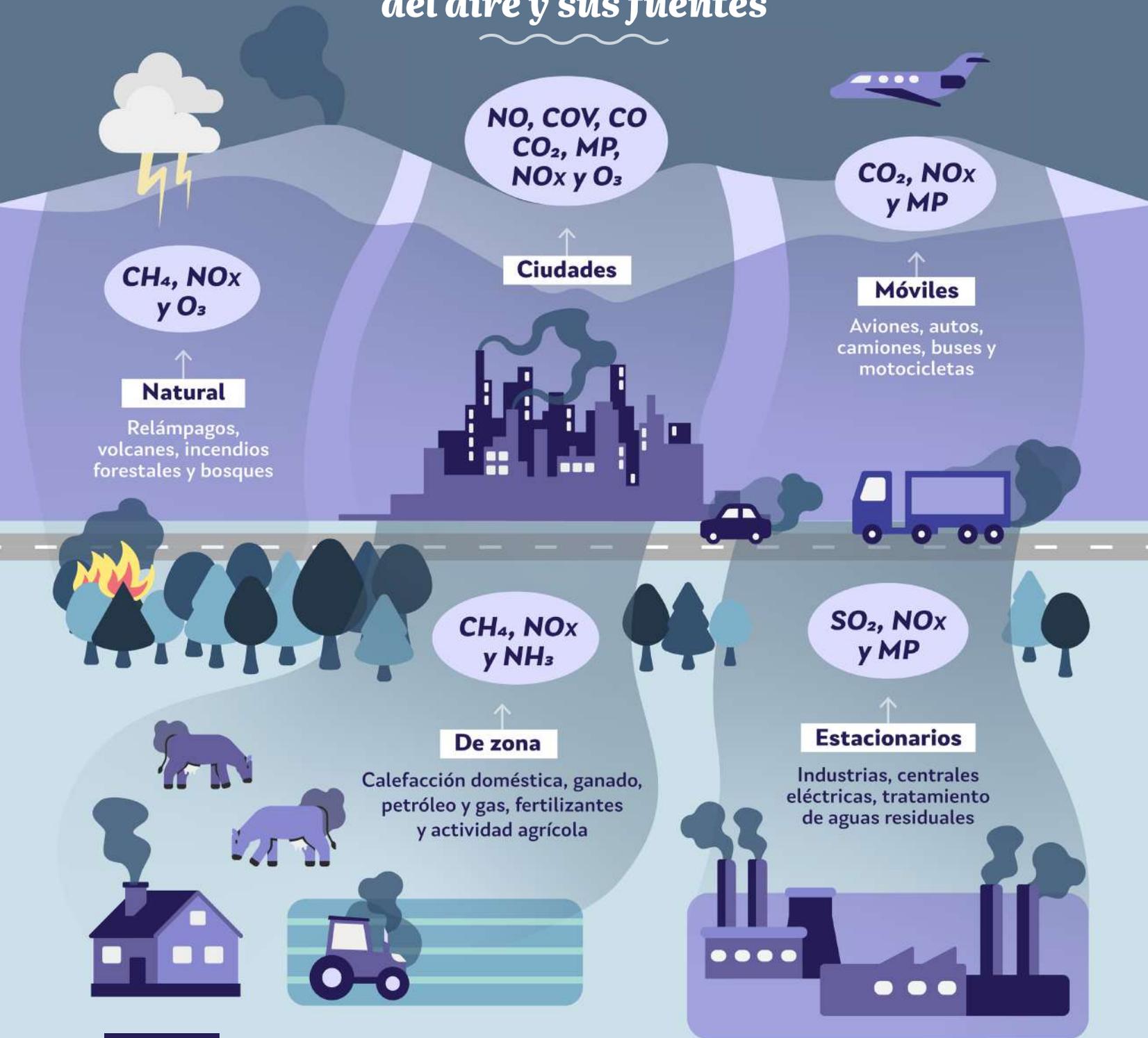


Figura 4.

$CH_4$ : Metano |  $CO$ : Monóxido de Carbono |  $CO_2$ : Dióxido de Carbono |  $COV$ : Compuestos orgánicos volátiles |  $MP$ : Material Particulado (10 y 2,5) |  $NH_3$ : Amoníaco |  $NO$  y  $NO_x$ : Óxidos de Nitrógeno |  $O_3$ : Ozono |  $SO_2$ : Dióxido de Azufre

## Salud y calidad de aire

En 2021, la Organización Mundial de la Salud (OMS) actualizó los estándares [3] de calidad de aire para reflejar la sólida evidencia científica de los últimos 15 años que demuestra los efectos perjudiciales de la contaminación atmosférica, especialmente de las partículas finas (MP2.5) en la salud humana.

Según la OMS, 9 de cada 10 personas respiran aire contaminado en el mundo, ya sea en entornos exteriores o interiores [4]. Esta contaminación del aire está asociada con una mayor incidencia de enfermedades respiratorias, cardiovasculares y otras afecciones de salud.

### ¿Sabías qué?

La contaminación del aire mata a

# 13 personas cada minuto

La quema de combustibles fósiles como hidrocarburos, carbón y gas natural pueden provocar **cáncer al pulmón, cardiopatías y accidentes cardiovasculares**

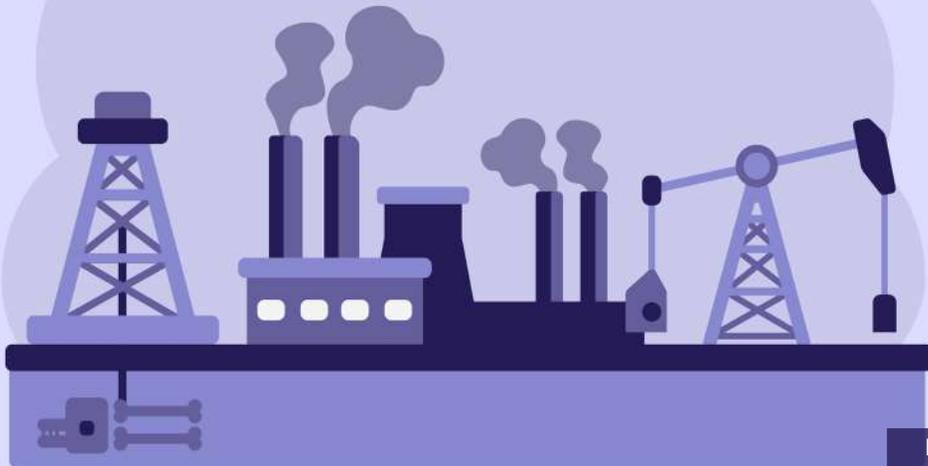


Figura 5.

La mayor incidencia en enfermedades respiratorias se debe principalmente a la exposición a partículas finas (MP2,5)[5] las cuales penetran más profundamente en los pulmones y el sistema cardiovascular a medida que su tamaño disminuye. Esto puede ocasionar a accidentes cerebrovasculares (ACV), enfermedades al corazón, cáncer de pulmón y, en

última instancia, la muerte prematura. Además contribuyen al desarrollo de enfermedades como la diabetes y enfermedades neurodegenerativas y determinan la salud humana desde etapas tempranas, incluso desde la gestación si la madre está expuesta a niveles elevados de contaminación[6].

## ¿Cómo afecta la contaminación del aire a la salud?

Partículas contaminantes de diámetro inferior a 2,5 micrones (MP2,5) pueden afectar a todas las partes del cuerpo

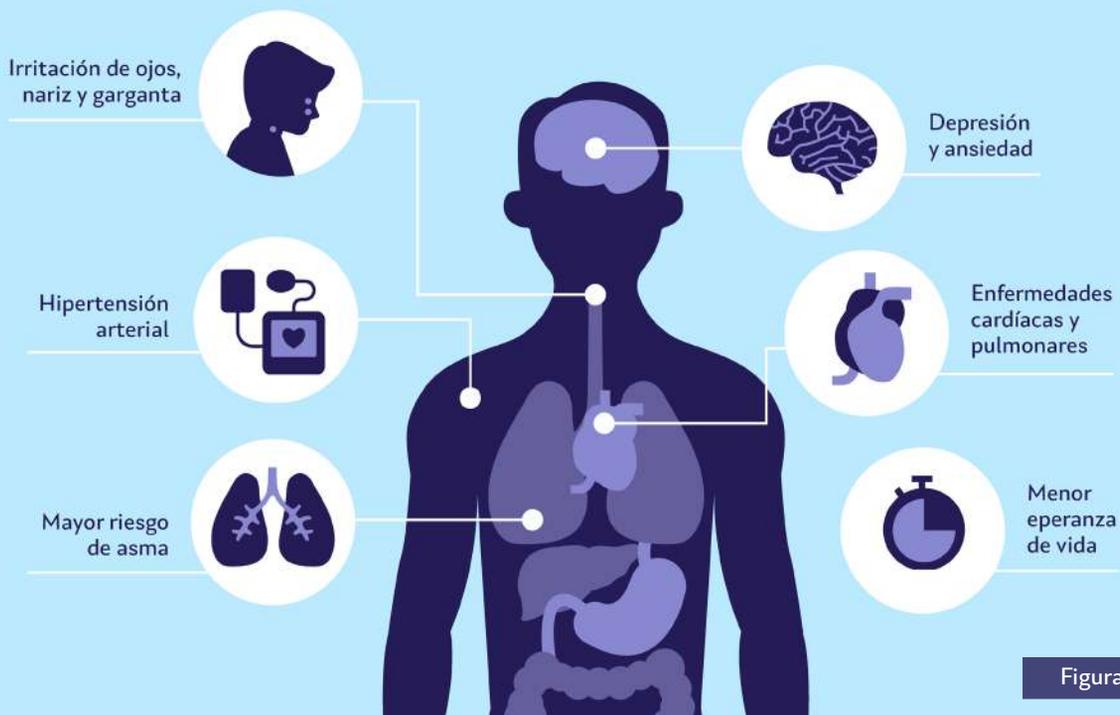


Figura 6.



Aproximadamente el 95% de estas muertes ocurren por contaminación del aire en países en desarrollo [7], donde miles de millones de personas están expuestas a concentraciones de MP2.5 superiores a los estándares de la OMS [8]. En un informe del Banco Mundial se estima que el costo de los daños a la salud causados por la contaminación del aire asciende a \$8,1 billones por año, equivalente al 6,1% del producto interno bruto (PIB) mundial [9].

Lo que no se mide no se puede gestionar adecuadamente, porque sin datos es imposible dimensionar la magnitud del problema. Es por esto que los países deben establecer redes de monitoreo en los territorios para generar datos confiables sobre calidad del aire y generar colaboraciones que permitan que estos esfuerzos se multipliquen y sean replicados. La evidencia científica es contundente y la carencia de datos localizados ha sido un obstáculo para mejorar políticas públicas en salud urbana y calidad de aire en Latinoamérica.

# ¿Por qué el foco en la niñez?

Los niños y niñas se enfrentan a mayores riesgos provenientes de su exposición a la contaminación atmosférica, debido a que:

Sus órganos vitales y sistemas inmunológicos en desarrollo presentan vías respiratorias altamente permeables.



Pulmones y órganos en desarrollo



Sistema inmune más débil

Tienen un ritmo de respiración más rápido que el de los adultos, inhalando una mayor cantidad de aire en proporción a su peso corporal.



Respiración más rápida

Tienden a tener una respiración más bucal, por lo que los vellos nasales no actúan como barrera protectora de las partículas.



Respiración por la boca

Están expuestos a la contaminación del aire más cerca del suelo, donde las concentraciones de algunos contaminantes son más altas.



Están más cerca del suelo



Patios de escuelas y guarderías



Pasan más tiempo al aire libre y son más activos físicamente que los adultos, lo que puede aumentar su exposición a la contaminación del aire ambiental.



Dedican más tiempo al aire libre



Son más activos físicamente

Figura 8.

## ¿Cómo afecta la contaminación del aire a la niñez?

En 2016, la contaminación atmosférica, tanto ambiental como doméstica, provocó 543,000 muertes en niños y niñas menores de 5 años debido a infecciones respiratorias[10].

En Latinoamérica, las principales causas de muerte infantil relacionadas con la contaminación del aire son las infecciones respiratorias, como la neumonía y la bronquitis, y las enfermedades cardíacas[11]. Pero

no sólo la salud respiratoria de la niñez se ve afectada por la contaminación atmosférica, la evidencia muestra que también altera su desarrollo cerebral[12], afecta el déficit de atención con hiperactividad[13], altera el funcionamiento conductual y el rendimiento cognitivo[14], aumenta el riesgo de demencia[15], y de trastornos del espectro autista[16].



Figura 9.

Si bien la contaminación atmosférica es un problema global, son los países de ingresos bajos y medianos los que experimentan la mayor carga de mortalidad atribuible a las partículas del aire, donde el 91% de las muertes de bebés prematuros están relacionadas con este tipo de contaminación atmosférica[17]. Al igual que otros riesgos ambientales, la contaminación atmosférica afecta en mayor proporción a los niños y

niñas de hogares de menores recursos, que tienen una mayor exposición en comparación con los niños de hogares de mayores ingresos[18]. Al residir en áreas con mayor presencia de fuentes contaminantes, tienen menor acceso a servicios básicos de calidad y a espacios verdes, con acceso limitado a información, tratamiento y otros recursos de asistencia sanitaria[19].

**91%**

de las muertes por contaminación del aire se encuentran en países de ingresos bajos y medianos (PIBM).

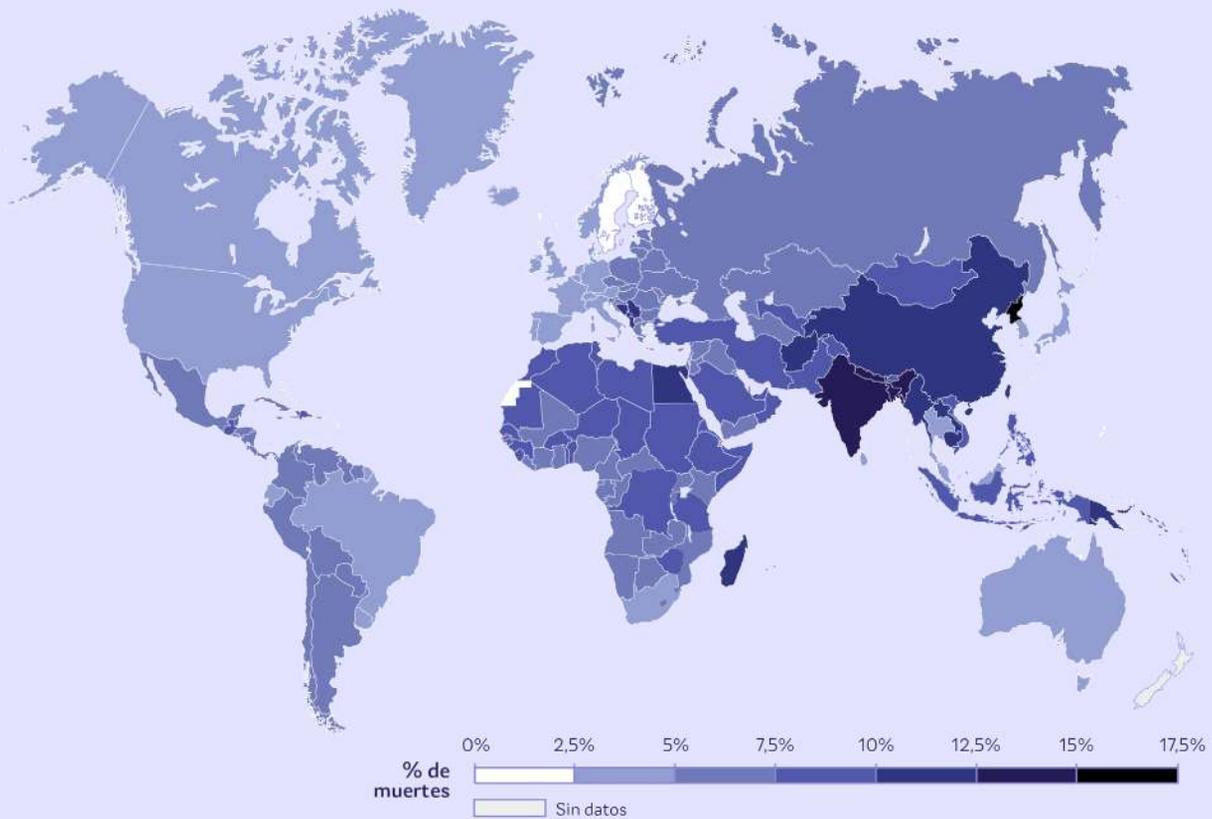
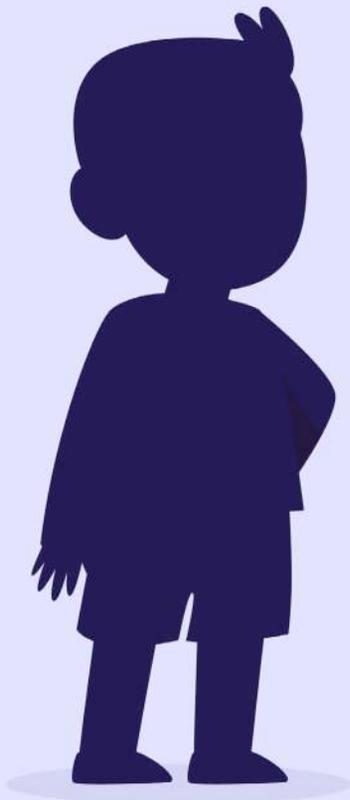


Figura 10.



## 1 de cada 10 muertes de niños menores de cinco años es a causa de la contaminación de aire

**3 a 7 millones**  
(2010 al 2050)

Aumento de muertes anuales\*\* debido a la contaminación del aire exterior\*[20].

**130 millones**

Niños en LAC respirar aire contaminado[22].

**98%**

Niños en PIBM respiran aire tóxico[21].

**60%**

de los niños en LAC viven bajo la línea de pobreza[23].

**50%**

Enfermedades Respiratorias Agudas en niños (5 años)[24].

### Consecuencias de la contaminación del aire en la niñez



Baja natalidad



Asma y reducción de la función pulmonar



Riesgo de infecciones respiratorias



Infecciones de vías respiratorias superiores y otitis



Alergias, incluida la rinitis alérgica

\*Excluye las muertes debidas a la contaminación del aire interior.

\*\*Referido como "muertes prematuras atribuibles a la contaminación atmosférica".

Figura 11.



Sólo en América Latina, **130 millones de niños residen en ciudades con mala calidad del aire**, y otros 30 millones viven en hogares calefaccionados y con cocinas que funcionan con la quema de combustibles fósiles, lo que agrava el problema (UNICEF, 2021).

## Motivación para medir calidad del aire en Latinoamérica

No existe una única solución para mejorar la calidad del aire. Abordar el problema de la contaminación atmosférica requiere esfuerzos a largo plazo, enfocados a nivel local y considerando las complejas circunstancias políticas, sociales y económicas de cada lugar.

La contaminación atmosférica tiene además tiene un alto costo económico. El Banco Mundial calcula que la economía

mundial pierde anualmente 5,7 billones de dólares, el 4,8% del PIB mundial, debido a la mala calidad del aire<sup>[25]</sup>. En Latinoamérica, la presencia de partículas finas en el aire, provocó la pérdida de 37,000 vidas en 2020 con un valor económico que equivale al ingreso promedio de 2.9 millones de personas<sup>[26]</sup>.

Para generar soluciones, el primer paso es obtener datos de calidad de aire. En este

sentido, si bien el monitoreo de la calidad del aire en América Latina ha mejorado, aún se necesitan más inversiones y esfuerzos gubernamentales. De los 33 países en la región, sólo 17 han implementado algún

tipo de red de vigilancia de la calidad del aire, ya sea periódica o continua. Según un informe de la ONU de 2021[27], hay 14 países que no tienen informes o no disponen de monitores de calidad del aire.

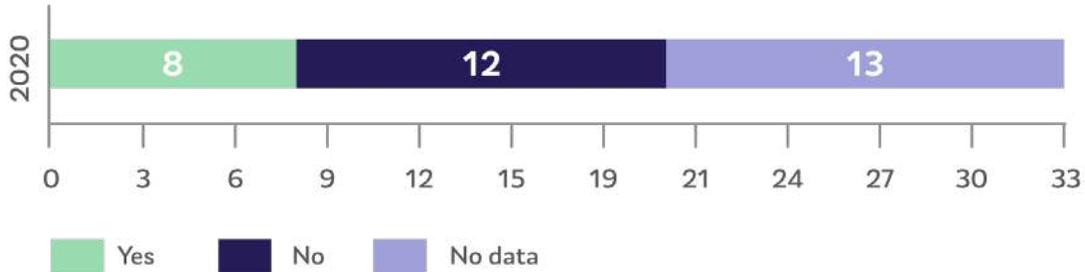


Figura 12.

Número de países con una estrategia de gestión nacional de calidad de aire, marco o plan de acción

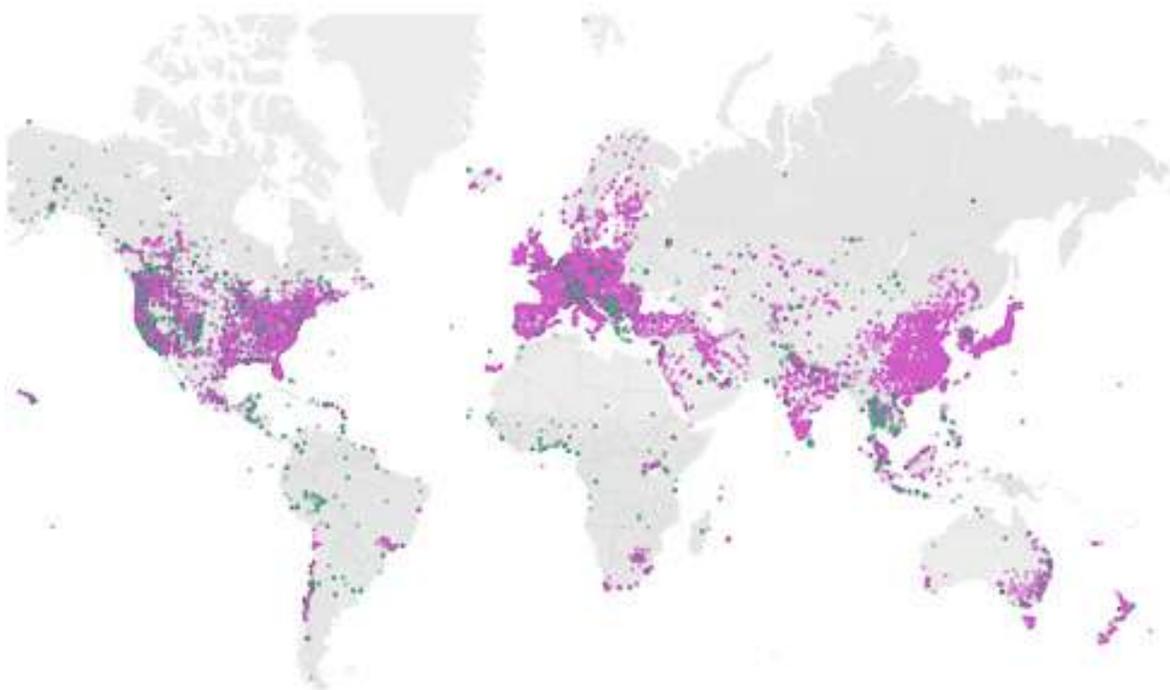


Figura 13.

Los puntos violeta: estaciones de monitoreo oficiales. Los puntos verdes: sensores de calidad de aire operadas independientemente.

La formación de la red de calidad del aire en América Latina Aires Nuevos es impulsada por la falta de estaciones de monitoreo de calidad de aire y la escasez de datos, la falta de normativas actualizadas y las limitadas opciones de acción costo-efectivas para abordar la contaminación del aire

y sus impactos en la infancia desde las realidades locales.

El monitoreo de bajo-costos y focalizado impulsado por Aires Nuevos, tiene las siguientes ventajas en comparación con la gestión oficial de la contaminación del aire:

→ Entrega una imagen más precisa y frecuente de cómo está la calidad del aire, **registrando concentraciones instantáneas** en lugar de por hora o por día.

→ Complementa la información oficial en **áreas donde los datos no están disponibles.**

→ Recopila datos específicos que miden la calidad de aire **donde habitan las personas** y no bajo criterios estandarizados para instalar un medidor oficial.

Dadas las brechas existentes entre el conocimiento científico actual y las políticas públicas en materia de calidad de aire en los países de ingresos bajos y medianos, las organizaciones de la sociedad civil deben abogar por medidas estratégicas de precaución, destinadas a reducir la exposi-

ción a la contaminación del aire y mitigar sus efectos. Al generar datos de calidad de aire focalizados y en tiempo real, los gobiernos locales pueden implementar acciones, promulgar ordenanzas y llevar a cabo una fiscalización más eficiente de las fuentes contaminantes.



**En colaboración, los esfuerzos de la sociedad civil pueden ayudar a cerrar la brecha entre la ciencia y las políticas y **mejorar la calidad de aire para proteger la salud de los niños y de la población en general.****

Democratizar la información sobre la calidad del aire, en línea con el Acuerdo de Escazú, es otra motivación de Aires Nuevos junto con el acceso democrático a infor-

mación ambiental y el estímulo para tomar medidas están alineados con los siguientes Objetivos de Desarrollo Sostenible y sus metas para el año 2030 [28].



- 3.2** Reducción de las tasas de mortalidad en niños menores de 5 años y neonatos [29].
- 3.4** Reducción de las muertes por enfermedades no transmisibles
- 3.9** Reducción considerable de muertes y enfermedades por productos químicos, contaminación y contaminación del aire, agua y suelo
- 3.d** Reforzar la capacidad en materia de alerta temprana, reducción de riesgos y gestión de los riesgos para la salud nacional y mundial, con énfasis en países en desarrollo.
- 4.7** Educación para el desarrollo sostenible.
- 11.6** Reducir el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades, incluso prestando especial atención a la calidad del aire y la gestión de los desechos municipales.
- 17.7** Fomentar y promover la constitución de alianzas eficaces en las esferas pública, público-privada y de la sociedad civil.

# III

## *Configurando la Red*



## Ideas fuerza

El concepto central de Aires Nuevos comienza a tomar forma mediante la adquisición de medidores de calidad del aire de bajo-coste y la conformación de redes con

distintos actores para activar el interés en visibilizar y enfrentar el impacto de la contaminación del aire en el desarrollo de niños y niñas en Latinoamérica.

### Cinco principios rigen el accionar de la red



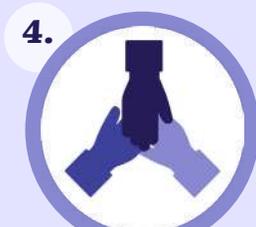
Bienestar infantil como estándar comunitario.



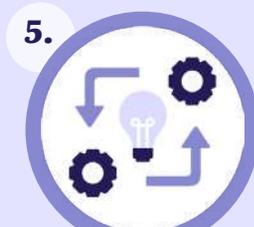
Trabajo colaborativo para incorporar saberes y recursos.



Uso de datos e información científica en decisiones y diagnósticos.



Participación comunitaria en la toma de decisiones y monitoreo.



Acciones locales transformadoras a través de planes de acción.

## Explorando tecnologías de medición de calidad del aire

Durante el 2021, en la búsqueda de marcas de microsensores para conformar la red, se consideraron las siguientes características para la elección final: tipo de contaminantes medidos, confiabilidad de los datos, plataforma de datos, aplicación para acceder fácilmente a los datos en tiempo real y costo del microsensor.

En cuanto a la confiabilidad de los datos, se hizo un análisis de estudios comparativos sobre la precisión de sensores de bajo-costeo en relación con los de la Agencia de Protección Ambiental (EPA), se tomó la decisión de elegir los microsensores de IqAir [\*].

Los monitores de calidad de aire utilizados en el proyecto son los modelos Air Visual Pro (AVP) y Air Visual Outdoor (AVO) de IQAir. Estos monitores cuentan con una plataforma en línea y una aplicación gratuita llamada 'Air Visual' para smartphones. Proporcionan información en tiempo real sobre la calidad del aire, incluyendo material particulado 2.5  $\mu\text{m}$ , y 10 $\mu\text{m}$ , CO<sub>2</sub>, temperatura y humedad. Según el fabricante IQAir, tienen un alcance de medición de hasta 5 kms, pero en Aires Nuevos se utiliza un criterio más conservador de 2 kms a la redonda, dada la geografía de la región.

Tablas resumen e informes del Centro de Evaluación del Rendimiento de los Sensores de Calidad del Aire



El modelo AVP es para espacios interiores como exteriores. En uso de exteriores se requiere de un pequeño techo para protegerlo de la lluvia. Tiene una pantalla y necesita estar conectado a una red eléctrica y WiFi para funcionar en red. Cuenta con una batería con una duración de tres a cuatro horas para experimentos móviles.

Por otro lado, el modelo AVO está diseñado específicamente para espacios exteriores y no requiere protección climática. Se conecta a internet a través de cable Ethernet o WiFi y necesita una conexión a la red eléctrica. No cuenta con pantalla.

Para ambos modelos, Aires Nuevos generó manuales de instalación y vídeos explicativos en español, que fueron distribuidos a todos los actores del proyecto.

#### Modelo AVO



Video instalación Monitor de calidad de aire modelo AVO

Manuales de Instalación de Monitores de calidad de aire

## Parámetros de medición de los monitores de calidad del aire de la Red Aires Nuevos para la Primera Infancia.

Sensores	Parámetros de medición
<b>IQAir</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Material particulado de 2,5µm (PM<sub>2,5</sub>)</li> <li>- Material particulado de 10µm (PM<sub>10</sub>)</li> <li>- Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)</li> <li>- Temperatura</li> <li>- Humedad Relativa</li> </ul>

La aplicación [AirVisual](#) asociada a IQAir es gratuita, está en varios idiomas y permite ver toda la información de calidad de aire disponible en cualquier lugar del mundo, ya sea de fuentes oficiales o de otras marcas de monitores de calidad de aire. La plata-

forma de datos de IQAir es la más grande a nivel mundial y cada año genera un Reporte de Calidad de Aire Mundial que utilizan los tomadores de decisiones en distintas ciudades del mundo.



App Air Visual Aires Nuevos

## Creando alianzas

Para establecer una red efectiva, es fundamental el mapeo de actores clave comprometidos con temas de niñez, medioambiente y políticas públicas, que se sientan motivados y dispuestos a proteger a los niños pequeños de la contaminación atmosférica.

El enfoque inicial de coordinación incluyó dos instituciones ancla, para fomentar la colaboración de actores efectivos en calidad de aire. Por un lado, se utilizó la plataforma de la Red Convergencia para la Acción de Fundación Horizonte Ciudadano, conformada por actores influyentes de la academia, la política

y los medios de comunicación. A su vez, el Centro de Acción Climática de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso de Chile, también colaboró al convocar a reconocidos profesores de universidades de América Latina para hacerse partícipes de la red.

La participación de personas influyentes y profesionalmente reconocidas en sus países, permitió establecer una red de individuos capacitados comprometidos con este importante proyecto. Estos líderes identificaron y conectaron a los actores relevantes para impulsar la red y generaron confianza entre diferentes sectores:



- **Miembros de gobiernos locales**
- **Docentes universitarios con foco en calidad de aire y salud**
- **Líderes comunitarios/activistas locales**
- **Organizaciones ambientales territoriales**
- **Docentes de instituciones educativas**

Ámbitos clave de compromiso por parte de actores claves incluyen:

- **Compromiso e interés por el medio ambiente y el bienestar de los niños.**
- **Comunicación abierta y continua con todas las partes interesadas.**
- **Proactividad para abordar los desafíos relacionados con la exposición de los niños a la contaminación atmosférica.**
- **Colaborar para definir una hoja de ruta clara hacia la reducción de la exposición infantil a la contaminación atmosférica**

## Eligiendo dónde medir

La red enfocada en la primera infancia, busca prioritariamente identificar áreas con una mayor concentración de niños y niñas, especialmente centros de cuidado, establecimientos educacionales, centros de salud, etc, poniendo especial énfasis en aquellas áreas que carecen de un monitoreo a escala de niñez.

Aires Nuevos fue diseñado de forma de incentivar a los gobiernos locales a apropiarse del programa: cada gobierno local tomó la decisión de ser parte del proceso y adaptarlo de acuerdo con sus características, realidades y limitaciones.

La selección de países se basó en:

- Alianzas a través de la Red de Líderes de Convergencia para la Acción.
- Registro histórico de calidad del aire y concentración de MP2.5.
- Limitado número de monitores en zonas urbanas.
- Información fiable pero cobertura espacial o temporal deficiente.
- Capacidad de análisis de datos de medición de aire.

La selección de **ciudades/municipios** se basó en:

- Alianzas a través de la Red de Líderes de Convergencia para la Acción.
- Adhesión a tratados ambientales que promueven acciones urbanas contra la contaminación atmosférica.
- Iniciativas enfocadas en la primera infancia.
- Asociación con una universidad o grupo de expertos con experiencia en calidad del aire.
- Compromiso de gobiernos locales como aliados y voluntad política para abordar la contaminación del aire.
- Presencia de una oficina de gestión ambiental.
- Existencia de un sistema oficial de control de calidad del aire para comparar datos.

## Aspectos logísticos para instalar un monitor de calidad de aire

<p><b>Lugar</b></p>  <p>Considerar el objetivo de la medición de calidad de aire para elegir el mejor sitio de instalación.</p>	<p><b>Seguridad</b></p>  <p>Proteger al sensor de potencial robo o vandalismo. Que sea un lugar seguro para todos los que trabajen en el monitor (instalación, mantención, etc).</p>
<p><b>Acceso</b></p>  <p>Determinar los requisitos (permisos, claves, etc) necesarios para visitar el lugar de instalación y mantención.</p>	<p><b>Ubicación</b></p>  <p>En general, instalar el monitor al menos 1.8 metros sobre el nivel del suelo, techo u otro, alejado de obstrucciones, vegetación y fuentes directas de emisión que pudieran interferir con la medición.</p>
<p><b>Energía</b></p>  <p>Determinar los requerimientos de energía y establecer las conexiones necesarias antes de la instalación.</p>	<p><b>Fotografías</b></p>  <p>Tomar fotos de la instalación y de la zona circundante.</p>
<p><b>Comunicaciones</b></p>  <p>Asegurar que las conexiones sean fiables (Wifi, celular, etc) antes de la instalación.</p>	<p><b>Documentación</b></p>  <p>Hacer un registro del lugar de instalación, incluyendo latitud, longitud, elevación, obstáculos cercanos, fecha de instalación, etc.</p>

Figura 14.

# Aires Nuevos: Nuestra propuesta

[Aires Nuevos](#) es una red ciudadana que se enfoca en la acción climática a través de la medición de la calidad del aire. Reúne en un mismo esfuerzo voluntad política de municipios, investigación universitaria y comunidades activas de territorios latinoamericanos, priorizando la protección

de los más vulnerables: niños y niñas entre 0 y 4 años.

Es una iniciativa de la Fundación Horizonte Ciudadano y el Centro de Acción Climática PUCV, con financiamiento de Children's Investment Fund Foundation (CIFF) y Bernard van Leer Foundation.

## Misión

Mejorar la generación e intercambio de información comunitaria sobre la calidad del aire exterior para reducir la exposición a la contaminación del aire en la primera infancia en América Latina.

## Visión

Promover el desarrollo de marcos regulatorios y políticas públicas que aborden la calidad del aire priorizando el bienestar y el desarrollo infantil en América Latina.



## Objetivos del proyecto



→ Crear un sistema subregional latinoamericano de monitoreo de la calidad del aire que **reduzca la brecha de medición, enfocado a lugares de alta presencia de población infantil.**



→ **Capacitar al personal docente, cuidadores y comunidad** circundante al área monitoreada a través de talleres educativos.



→ Formar **colaboraciones entre gobiernos locales, academia, organizaciones y comunidades** involucradas en el proyecto.



→ Crear conciencia en las partes interesadas a través de **comunicaciones estratégicas.**



→ Implementar acciones locales urbanas y legales que **aseguren disminuir la exposición de la contaminación atmosférica** por parte de los gobiernos locales.



→ **Desarrollar investigación científica con los datos** de los monitores de calidad de aire por parte de las universidades asociadas.

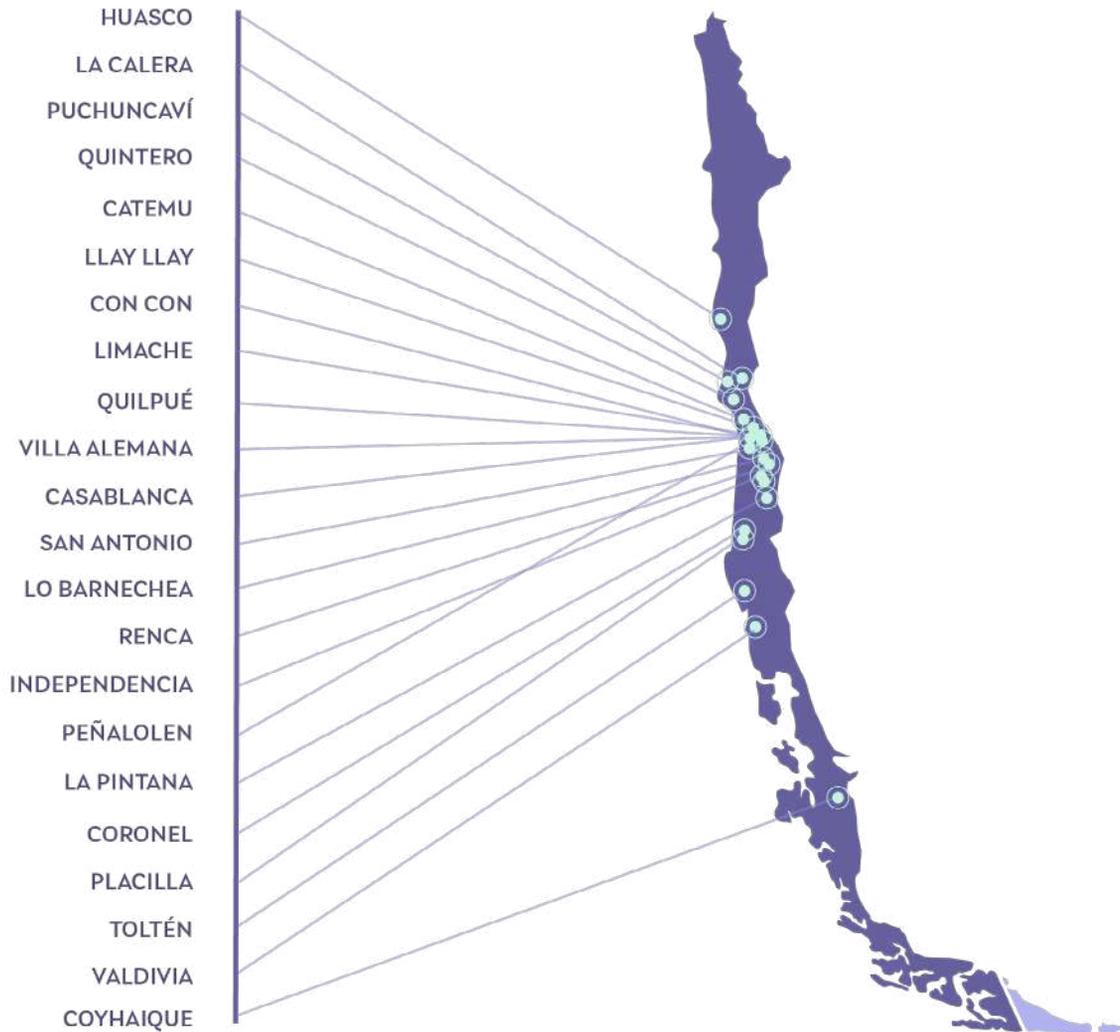
## Alcance del proyecto

El objetivo del proyecto era llegar a la mayor cantidad de localidades sin medición de calidad de aire. Actualmente el proyecto se desarrolla en 43 ciudades dentro de 10 países de Latinoamérica. A junio de 2022, el país con mayor cobertura de monitoreo de calidad de aire es Chile.



Figura 15.

## Chile



## Convenios de cooperación

Para lograr una relación vinculante y garantizar la operatividad a largo plazo de la red, es necesario crear y firmar convenios de cooperación entre todos los actores involucrados en el programa. Estos convenios establecen las acciones, compromisos y plazos necesarios para el funcionamiento efectivo de la red y asegurar su continuidad en el tiempo.

Se involucra a los gobiernos locales en función de su compromiso y voluntad política para llevar a cabo acciones que reduzcan la exposición a contaminantes. Asimismo, se establecen vínculos con universidades para conectar con profesores que garanticen la integridad de los datos sobre la calidad del aire y la exhaustividad en el análisis de la información.

# III

## *Los pilares de la Red*



## Gobernanza del aire

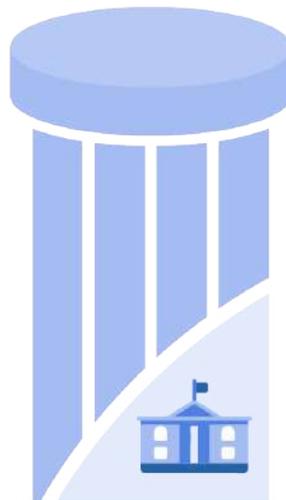
La gobernanza de Aires Nuevos se fundamenta en la colaboración y la interacción de tres actores esenciales: gobiernos locales, academia y comunidad a través de sus centros educativos, estableciendo así una logística tripartita sólida. La Red de Líderes de Convergencia para la Acción impulsa la incidencia política efectiva para promover el desarrollo saludable de la niñez en un entorno que fomenta un medio ambiente saludable.

Mediante la instalación de monitores de calidad del aire de bajo-coste en donde juegan y aprenden los niños y niñas, se busca activar el interés de los municipios, universidades y comunidades para desarrollar participativamente acciones, actividades, planes u otro tipo de intervención local que reduzca la exposición de la población infantil a contaminantes.



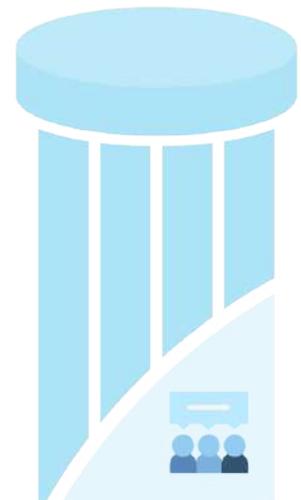
### Universidad

Apoyo técnico, validación de datos, análisis de datos, corroboración, investigación, promoción del proyecto.



### Gobierno Local

Instalación de monitores de calidad de aire, participación ciudadana, desarrollo de acciones de intervención y políticas públicas locales en calidad del aire centradas en la primera infancia.



### Comunidad

Empoderamiento, prácticas sustentables, divulgación del proyecto, participación de las acciones locales de mejoramientos.

El programa Aires Nuevos fue diseñado con el propósito de fomentar la participación activa de los territorios y comunidades, quienes toman la decisión de formar parte del programa y adaptarlo según sus propias características, realidades y limitaciones.

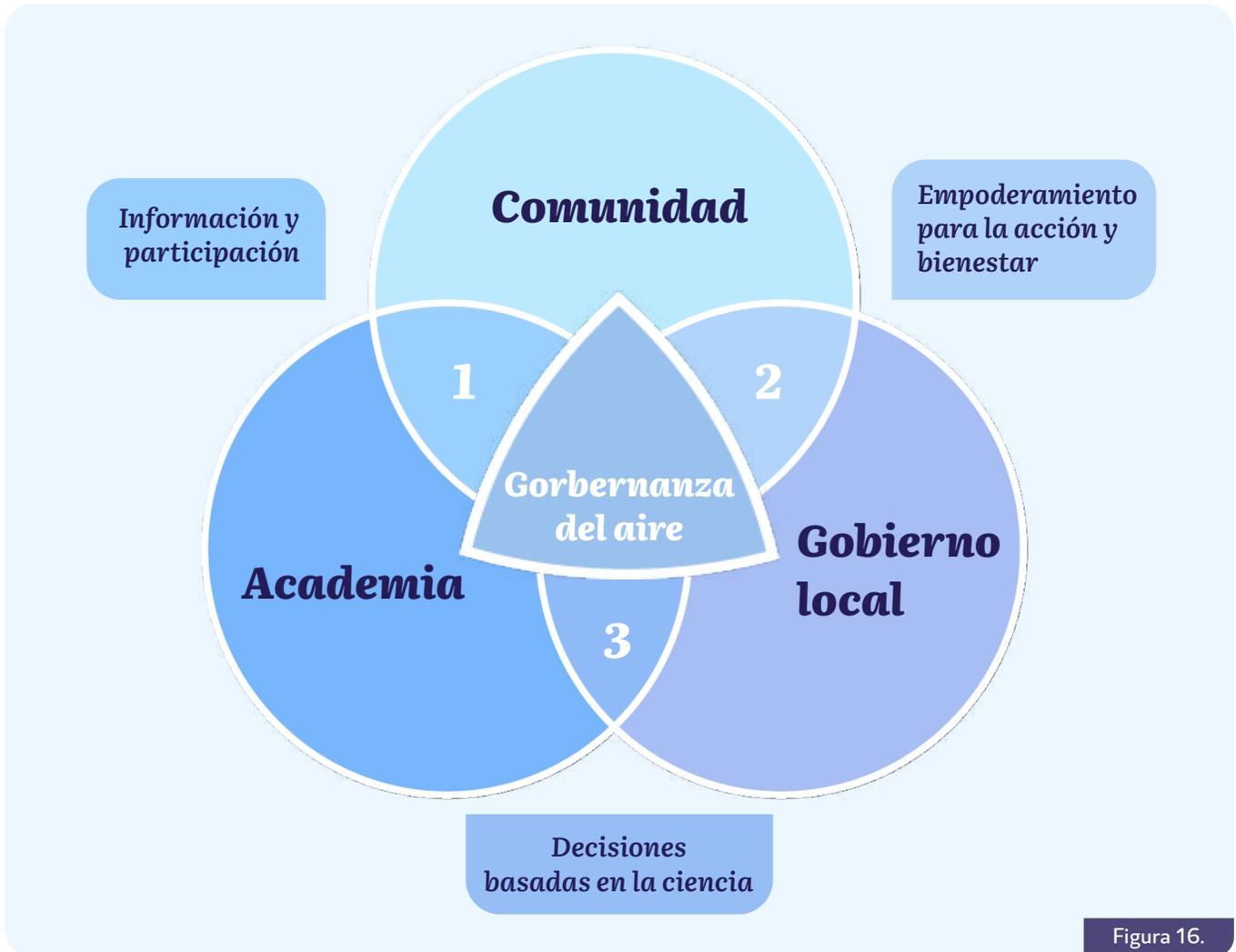


Figura 16.

## 1. Información y participación

A través de la interacción entre la comunidad y la academia se crea la posibilidad de traspasar conocimientos y empoderar a las personas mediante talleres, capacitaciones, y el análisis de los datos a través de los informes. De esta manera, se promueve una participación activa de la comunidad en la toma de decisiones y en la adopción de medidas que mejoren la calidad del aire a nivel local.



## 2. Empoderamiento para la acción y bienestar

A través de capacitaciones, talleres impartidos y el uso de una aplicación gratuita que entrega información de calidad de aire en tiempo real, el personal y los estudiantes de los centros monitoreados aprenden de contaminación atmosférica y el impacto en su salud. Los establecimientos monitoreados permiten que la comunidad se involucre en la temática de calidad de aire.



## 3. Decisiones basadas en la Ciencia

Las universidades procesan los datos de los monitores de calidad del aire en jardines infantiles, escuelas y centros de salud, garantizando la confiabilidad de la información. Estos informes se comparten, capacitando a los tomadores de decisiones y orientando la creación de normativas basadas en la ciencia. Se implementan acciones locales costo-efectivas para reducir la exposición a la contaminación y proteger la salud de los niños.



This graphic block contains several elements. On the left, there are three logos: 'CONVERGENCIA PARA LA ACCIÓN' with a green and blue figure, 'HORIZONTE CIUDADANO' with a colorful circular logo, and 'CENTRO DE ACCIÓN CLIMÁTICA PUCV' with a black and white logo. In the center is a Venn diagram with three overlapping circles labeled 'Comunidad' (top, light blue), 'Academia' (bottom-left, medium blue), and 'Gobierno local' (bottom-right, dark blue). Overlaid on the center of the Venn diagram is a white triangle containing a blue pinwheel logo and the text 'AiresNuevos PARA LA PRIMERA INFANCIA'. A callout box with a starburst icon points to the intersection of 'Comunidad' and 'Gobierno local', containing the text: 'Reducir la exposición a la contaminación atmosférica en la Primera Infancia'.

## Monitores instalados



Monterrey CENDI, México.



Río de Janeiro, Brasil.



Mendoza, Argentina.



Huasco, Chile.



Bogotá, Colombia.



Quito, Ecuador.



Girardota, Colombia.



Placilla, Chile.



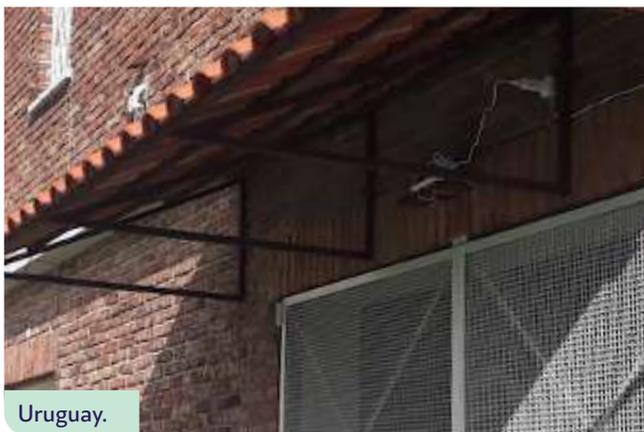
Renca, Chile.



Quilmes, Argentina.



São Paulo, Brasil.



Uruguay.



La Pintana, Chile.

# Organización de la Red

## Compromisos

### Universidad



La **Universidad** se compromete a brindar apoyo técnico a la municipalidad en la implementación del proyecto, a asegurar la veracidad de los datos y a proporcionar informes periódicos de monitoreo de la calidad del aire. También se compromete a promover investigación relevante, facilitar el análisis de datos relacionados con la exposición de la primera infancia a la contaminación del aire y apoyar iniciativas de promoción y abordaje de la contaminación. Además, facilitar el intercambio de experiencias entre las municipalidades participantes y asegurar la designación de una coordinación técnica.

### Gobierno local



La **Municipalidad** se compromete a instalar los monitores de medición de la calidad del aire en lugares con presencia de niños menores de 4 años, asegurando condiciones de seguridad, electricidad y acceso a internet. También generar procesos de participación ciudadana y proporcionar información periódica sobre el desarrollo del proyecto. Además, se compromete a proveer información estadística sobre la primera infancia y sobre políticas locales de medioambiente y calidad del aire y asegurar la designación de una coordinación técnica municipal para la ejecución del convenio.

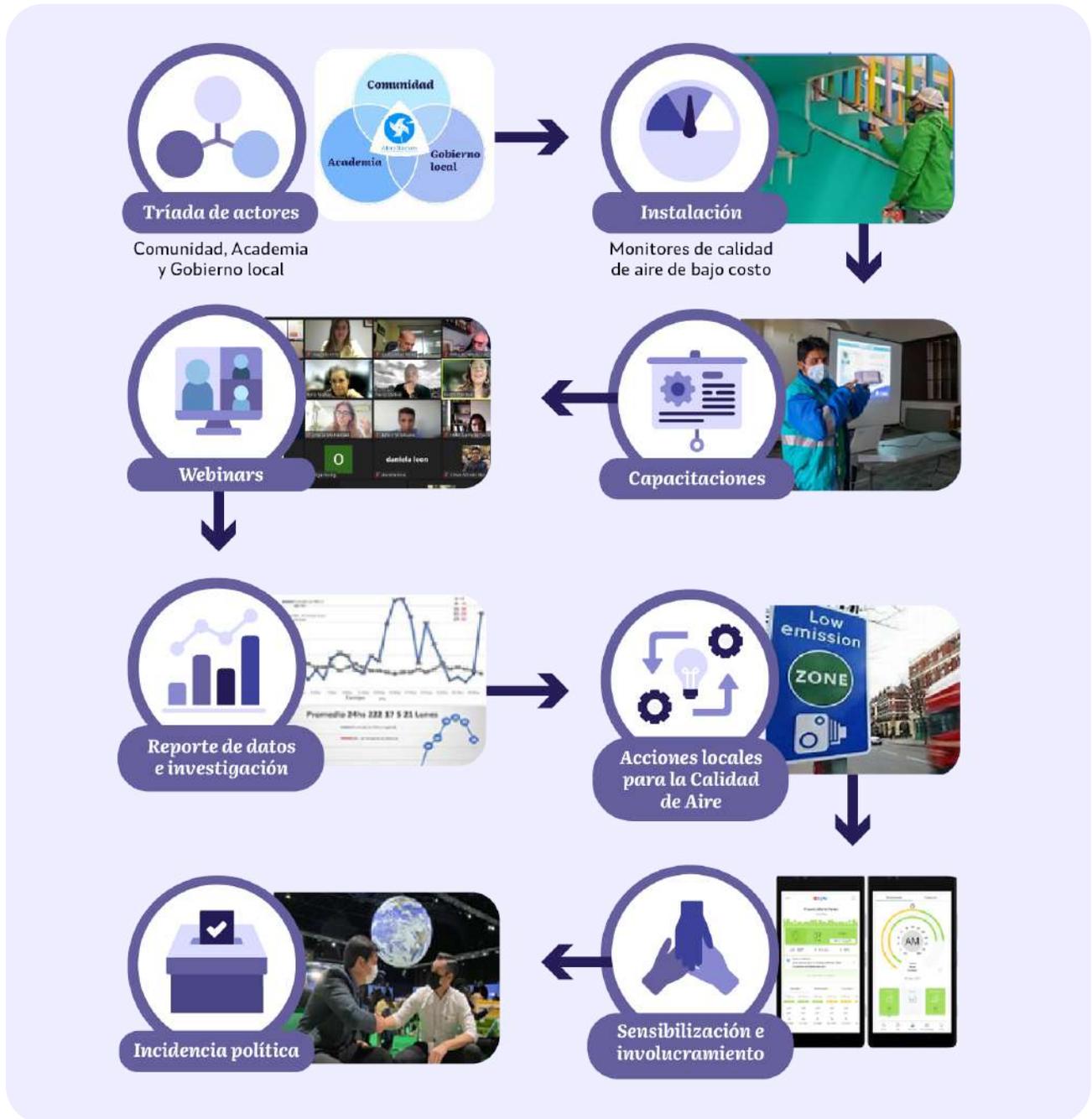
### Comunidad



La **comunidad** se beneficia al estar más informada y empoderada en cuanto a la calidad del aire gracias a los programas educativos de Aires Nuevos. La colaboración con jardines infantiles y colegios establece un vínculo importante con la comunidad y permite un trabajo conjunto con el municipio. La participación activa de los jardines infantiles y colegios actúa como puerta de entrada para involucrar a las familias y promover una mayor conciencia y acción en relación a la calidad del aire.

## Etapas

El programa Aires Nuevos se estructura en una línea de trabajo que brinda orientación a los actores en sus respectivos territorios para asegurar una implementación exitosa del programa. El objetivo es llevar a la práctica el lema “medir para actuar”, promoviendo la colaboración, la educación y las acciones locales de protección a la niñez frente a la contaminación atmosférica.



## Componentes del proceso



### Triada de actores

Comunidad, Academia  
y Gobierno local

Firma de [convenios](#) de colaboración para establecer un sistema de trabajo con académicos y compromisos acordados para cumplir funciones específicas según área de expertise.

Firma de [convenios](#) de colaboración para establecer un sistema de trabajo con alcaldes y a funcionarios municipales para compromiso de colaboración.



### Instalación

Monitores de calidad  
de aire de bajo costo

Adquisición de monitores de calidad de aire de bajo costo que cumplen con requisitos y objetivos del proyecto.

[Air Quality Sensor Performance Evaluation Center.](#)

[Manual de instalación para un correcto funcionamiento](#)

Instalación de monitores de calidad de aire en lugares con alta presencia de niño/as.

[Video de Instalación de Monitores](#)



### Capacitaciones

Empoderamiento a cuidadores en temas de calidad de aire, desarrollo infantil temprano, salud, acciones preventivas.

- Educación ambiental y sensibilización de infantes
- Empoderamiento a cuidadores en temas de calidad de aire, desarrollo infantil temprano, salud, entre otros.
- Curso en línea de Aires Nuevos para co-diseño de acciones costo-efectivas frente a la contaminación del aire urbano para académicos y profesionales municipales, enfocado en fuentes específicas de contaminación.

[Capacitaciones Aires Nuevos](#)



### Webinars

Socialización del proyecto con distintos interesados y hacer dialogar entre sí a distintos actores involucrados en el proyecto:

- Seminarios que exploran investigaciones académicas con los datos, procesos de intervenciones desde las distintas municipalidades, experiencias pedagógicas desde las comunidades educacionales, historias y aprendizajes compartidos.



### Reporte de datos e investigación

Acceso a bases de datos para investigación y acciones basadas en esa información para universidades y gobiernos locales.

Recolección de datos y análisis en base a indicadores de calidad de aire:

- Promedios diarios y anuales
- Perfiles horarios y semanales
- Días de superación de la norma nacional y valor guía OMS.

### Análisis de Datos

Aportar al debate de los riesgos de la contaminación de calidad del aire en el contexto de las normas y directrices locales e internacionales basadas en la salud.

Mapear patrones espaciales de contaminación y ubicaciones de alta exposición.

Aumentar la calidad, la accesibilidad y la comprensión de las plataformas de datos e información a escala de ciudad.

Descubrir los impactos de la contaminación del aire en las poblaciones marginadas/vulnerables.



### Acciones locales para la Calidad de Aire

- Identificación de espacios a través de un diagnóstico preliminar para priorizar zonas urbanas con potenciales problemas de calidad de aire.
- Participación vecinal para socializar el proyecto y recolección de indicadores para el diagnóstico social de los espacios previos a las intervenciones
- Recolección y análisis de datos e identificación de fuentes de contaminación
- Análisis técnico para determinar las intervenciones que se ajusten al origen y al tipo de contaminación
- Ejecución de obras e implementación de las acciones locales de intervención urbana (reforestación, no ralentí, urbanismo táctico, medidas de tráfico calmo, murales, señaléticas, delimitación de veredas para evitar polvos en suspensión, composteras, etc)

### Acciones Locales

- Monitoreo y seguimiento de las intervenciones.



- Capacitaciones.
- Ciencia ciudadana en feria ambientales y establecimientos educativos.
- Campañas de sensibilización en RRSS. [Toolkit Aires Nuevos](#)
- Campañas participativas.
- Plataforma con información para compartir.

[www.airesnuevos.cl](http://www.airesnuevos.cl)

- Acceso a la Aplicación Air Visual para revisar datos en tiempo real



Influencia y persuasión a las autoridades locales mediante la presentación de informes de datos, estudios y apariciones en medios de comunicación.

[Ordenanza de Calidad de Aire Lima](#)

Los componentes del proceso, detallados anteriormente, se distribuyen en el tiempo en tres fases de implementación:

## Fase 1

Implementación de la Red de Calidad del Aire para la Primera Infancia.

<i>Fase</i>	<i>Objetivo</i>	<i>Resultado</i>
<b>Instalar capacidad de medición</b>	Instalar capacidades para medir calidad de aire que respira la primera infancia en América Latina.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 112 monitores instalados en espacios exteriores de entornos mayormente utilizados por niños y niñas de 0 a 4 años.</li> </ul>

## Fase 2

Análisis de datos de calidad del aire para sensibilizar a la comunidad y entrega de capacidades a los gobiernos locales para impulsar acciones locales.

<i>Fase</i>	<i>Objetivo</i>	<i>Resultado</i>
<b>Modelo de acción basado en datos de Calidad de Aire</b>	Modelizar la gobernanza local participativa basada en datos para generar acciones locales para limitar la exposición a la contaminación del aire en la niñez.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelo de gobernanza en calidad de aire.</li> <li>• Reportes de datos por municipio.</li> <li>• Material didáctico para sensibilizar sobre la calidad del aire.</li> <li>• Capacitaciones a comunidades y funcionarios municipales.</li> <li>• Acciones locales para reducir la exposición de la niñez a la contaminación atmosférica.</li> </ul>

## Fase 3

Generación de voluntad política en torno a la calidad de aire para asegurar una adecuada asignación presupuestaria.

<i>Fase</i>	<i>Objetivo</i>	<i>Resultado</i>
<b>Ampliar impacto de Aires Nuevos</b>	Escalar y replicar el modelo de acción, mediante nuevas normas nacionales y la inclusión de nuevos territorios.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ordenanzas nacionales para reducir la exposición de niños y niñas a contaminantes en el aire.</li> <li>• Nuevos gobiernos locales adoptan el modelo "Aires Nuevos".</li> </ul>

### Fase 1

Instalar las capacidades de medición

### Fase 2

Poner en práctica un modelo de gobernanza del aire orientada a la acción

### Fase 2

Incidir en normativas de protección a la contaminación atmosférica y Primera Infancia

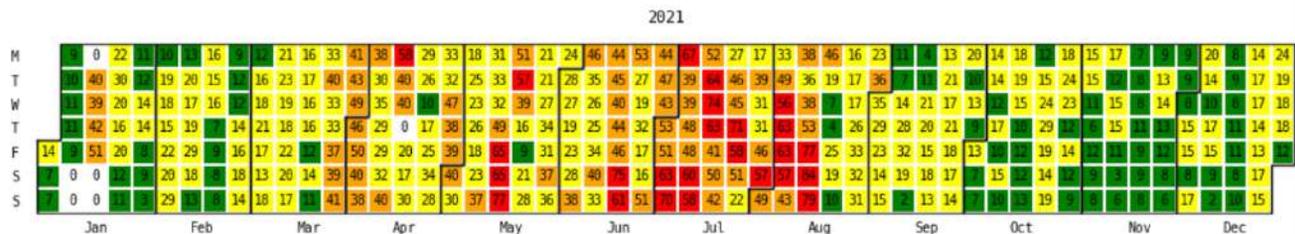
## Que los datos hagan sentido

Con el objetivo de que las autoridades locales puedan actuar para proteger a la primera infancia de la contaminación del aire, es fundamental realizar análisis de los datos de calidad del aire y presentarlos de manera comprensible para todos los miembros de la comunidad. Los datos se obtienen de la plataforma de la red Aires Nuevos en IQAir, a la cual tienen acceso de administrador: los gobiernos locales, las universidades participantes del proyecto y activistas locales.

En el análisis se calcula la proporción promedio por hora de Material Particulado

de 2.5 micrómetros (MP2.5), medida en microgramos por metro cúbico ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). A partir de estos datos, se grafican los promedios y se comparan con los valores de material particulado recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS), que establece una concentración promedio diaria de  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , y la Environmental Protection Agency (EPA) de Estados Unidos, que establece valores de  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . En el caso de Chile, se compara con la normativa nacional que establece una concentración máxima de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### Calendario de MP<sub>2.5</sub> diario



### Índice de Calidad de Aire (ICA), EPA, USA

Categoría ICA	MP <sub>2.5</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
Buena	<12
Regular	12.1 - 35.4
Alerta	35.5 - 55.4
Preemergencia	55.5 - 150.4
Emergencia	150.5 - 250.4
Dañino	>250.5

En este Calendario MP<sub>2.5</sub> diario del Centro de la Pintana revela mala calidad de aire durante los días de invierno, especialmente entre junio y agosto, en comparación con los meses más cálidos.

## Perfil anual de promedios 24hrs de MP2.5

Este análisis sirve para evaluar la exposición a largo plazo de una población a la contaminación del aire. Estos promedios se calculan a partir de mediciones rea-

lizadas a lo largo del año y a partir de la comparación con valores guías se puede determinar si se cumplen los estándares de calidad del aire o no.

Promedio diario MP2.5 en Quilmes 2022

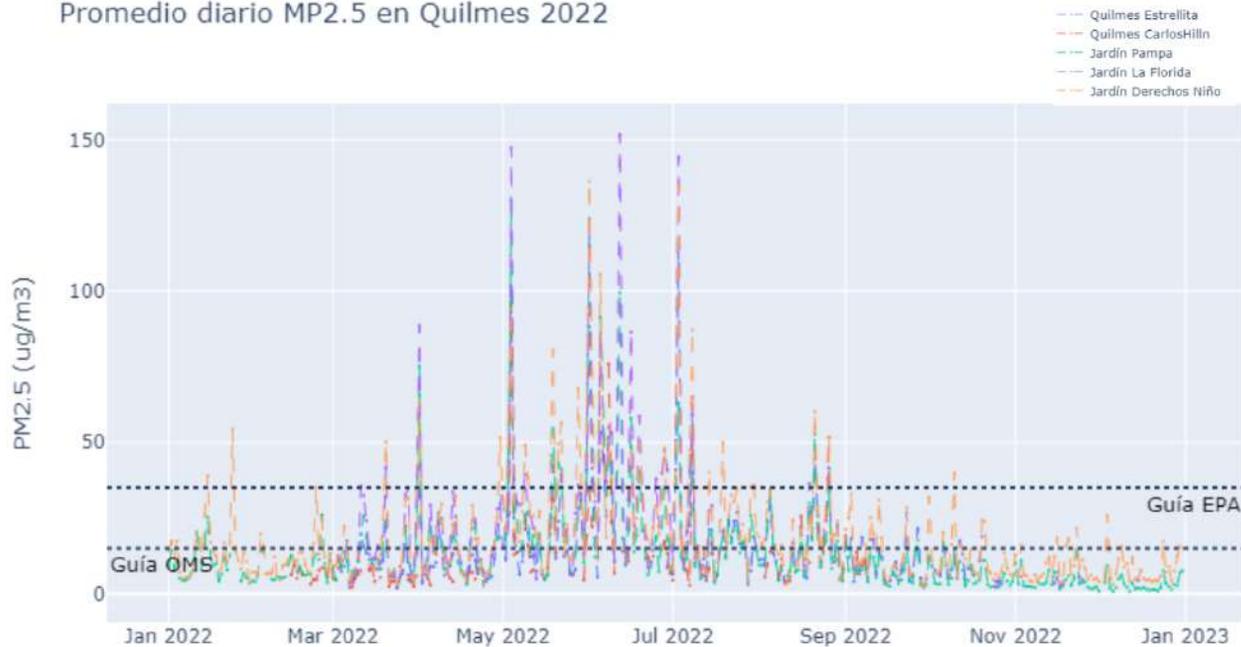


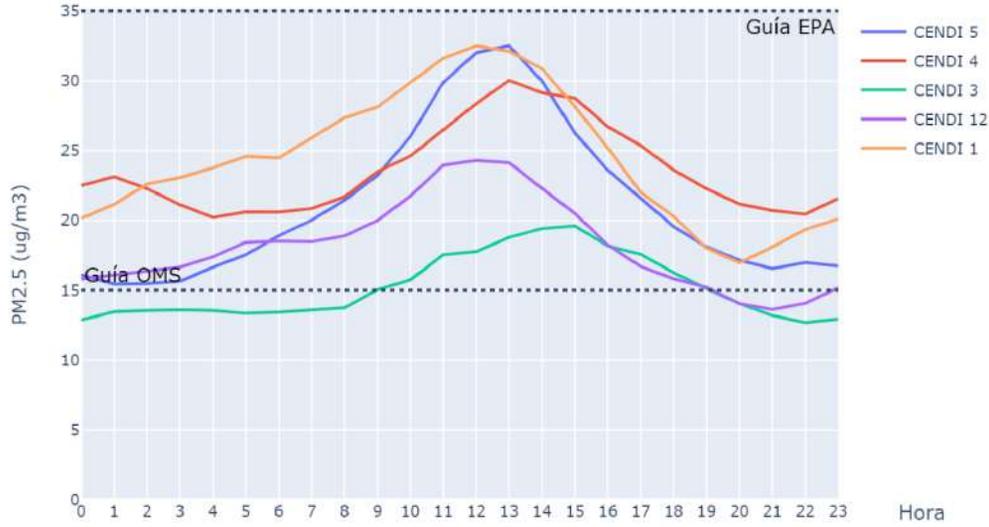
Figura 17.

En este gráfico de la ciudad de Quilmes se puede observar que en todos los centros de cuidado infantil los peaks de contaminación comienzan a disminuir a partir de abril y a reducir la concentración de contaminantes desde septiembre.

## Perfil diario de MP 2.5

Las concentraciones medias diarias de partículas ayudan a estimar la exposición a corto plazo de la población a la contaminación del aire. Estos promedios se basan en mediciones tomadas durante el día y pueden variar significativamente de un día a otro.

Perfil horario MP2.5 en Monterrey



**Figura 18.**

En este gráfico “Perfil Horario MP2.5 Monterrey” se observa un patrón de la calidad de aire diaria en la ciudad de Monterrey. La contaminación atmosférica aumenta a partir de las horas de inicio de actividades hogareñas y su peak es aproximadamente a la hora de almuerzo, descendiendo a partir de las 15 horas, y con una concentración menor a las 20 horas.

Perfil estacional en Coyhaique



Con los datos procesados, se generan observaciones sobre la calidad del aire en diferentes ciudades sobre estacionalidad, horarios peak y las posibles fuentes de contaminación, se comparten con la auto-

ridades locales y la comunidad y se espera que se tomen medidas necesarias para informar a la comunidad y reducir la exposición a los contaminantes atmosféricos.

# IV

***Medir para  
actuar***



# Medir para actuar



Es el lema impulsor de Aires Nuevos que se materializa con la instalación de dispositivos de medición y la promoción de acciones locales de bajo costo basadas en esa medición.

Estas acciones transformadoras se centran en proteger a la población infantil de la contaminación atmosférica y se basan en información tanto de la comunidad como de los datos generados por los monitores de calidad del aire.

El diseño de las acciones locales es particular a cada ciudad en la que se interviene. Con asesoría de académicos de la Red, los gobiernos locales realizan un diagnóstico base, crean alianzas con organizaciones territoriales, constatan el estado de la calidad del aire, promueven la participación comunitaria, priorizan acciones de corto y mediano plazo, costos y evalúan, en lo posible, los beneficios de las intervenciones.

El proceso requiere la participación, involucramiento y apropiación de distintos actores, de manera que la evidencia científica promueva expresiones comunitarias para exigir un aire más limpio y a su vez, los gobiernos locales y nacionales aseguren vecindarios más saludables y ciudades ambientalmente más justas.

A continuación presentamos el caso de Aires Nuevos Lima, cuyo gobierno local adoptó y ajustó el programa Aires Nuevos según su realidad local y sus necesidades. De esta forma, lograron resultados concretos que han mejorado los espacios donde viven niños y niñas de la ciudad y han disminuido la exposición de los mismos a la contaminación atmosférica.

## Territorialización de Aires Nuevos



Figura 19.

Lima, Perú es la ciudad de Latinoamérica con peor calidad de aire, según el Air Quality Life Index (AQLI), publicado en el informe anual de 2021 del Instituto de Políticas Energéticas de la Universidad de Chicago. La contaminación del aire ha reducido la expectativa de vida de los residentes de Lima en 4.7 años.

En el 2021, Ariela Luna, líder peruana de la red de Convergencia para la Acción de Horizonte Ciudadano, facilitó la colaboración entre el equipo de Aires Nuevos y la Secretaría de Medio Ambiente de Lima. Bajo la dirección de George Castellar y con el apoyo de C40 en la ciudad, se formó un equipo de trabajo profesional que inició el proyecto Aires Nuevos Lima. En paralelo, se establecieron conexiones con el profesor Edwin Villanueva de la Pontificia Universidad Católica de Lima a través del Centro de Acción Climática PUCV, quien

brindó apoyo científico al proyecto y posteriormente desarrolló una publicación en el Journal Sensors con los datos del proyecto.

En un trabajo colaborativo con el equipo central de Aires Nuevos, el proyecto en Lima toma forma local y se pone como meta la transformación de cinco espacios públicos con presencia de niñez, diez escuelas y un centro de atención residencial con énfasis en la educación de la primera infancia.

Lima logró implementar exitosamente los componentes y las fases del proyecto Aires Nuevos, convirtiéndose en un caso a replicar, que ilustra la puesta en práctica del modelo de gobernanza de **Aires Nuevos**.

A continuación se presenta la adaptación del proyecto Aires Nuevos en Lima, destacando sus particularidades.

## Fases del proyecto Aires Nuevos para la Infancia Lima

Figura 20.



En un trabajo previo a la implementación de las fases, el gobierno local junto a expertos del programa EDUCCA desarrollaron objetivos específicos e indicadores asociados a la recuperación de espacios Aires Nuevos Lima. Tal como se muestra en la siguiente tabla, estos indicadores se

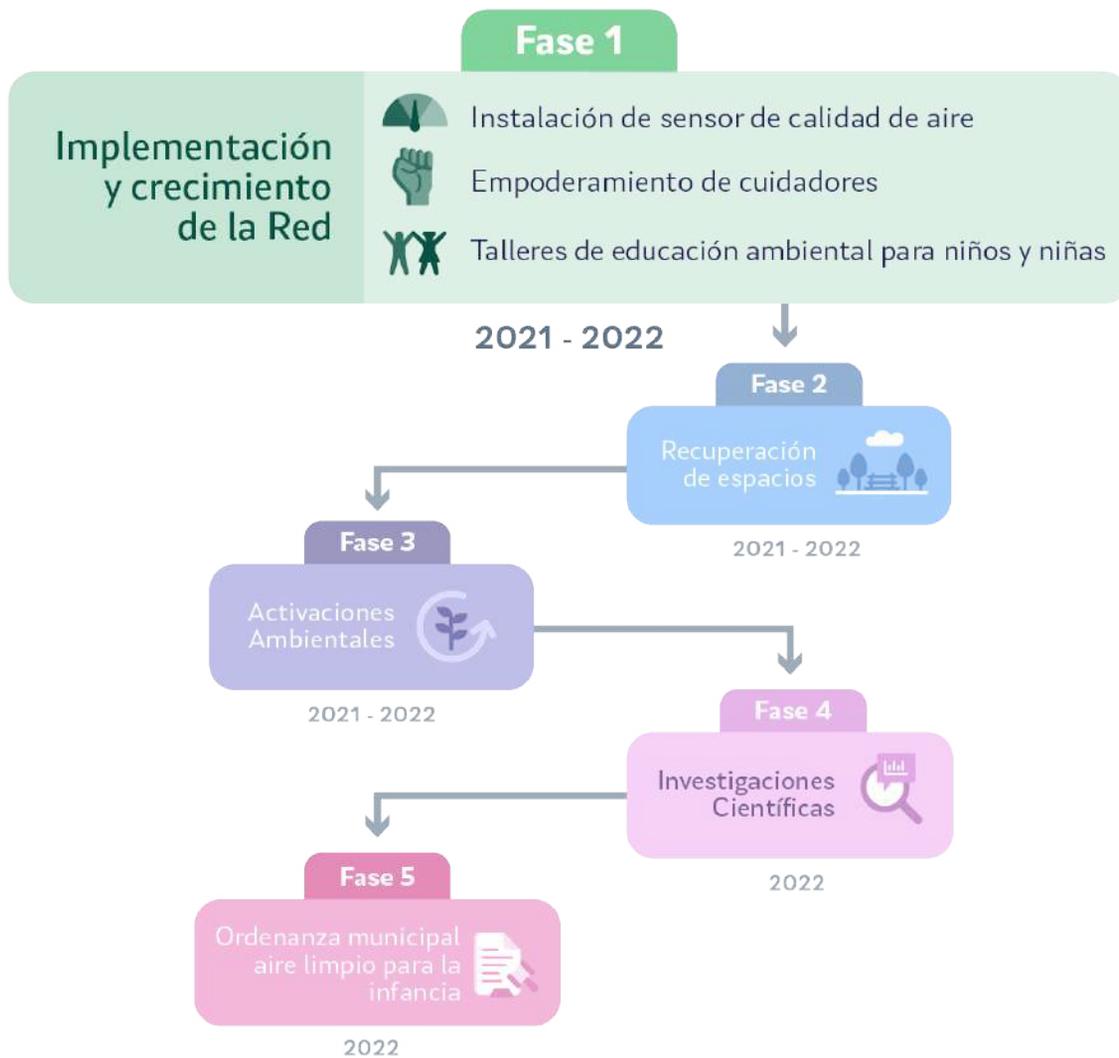
plantearon de manera global para las zonas de recuperación. Sin embargo, los indicadores relativos al objetivo 3 solo fueron medidos para la Zona Morales Duarez y Enrique Meiggs por la naturaleza de la intervención.

## Objetivos e indicadores propuestos para la recuperación de espacios - Aires Nuevos para la Infancia Lima

N°	Objetivo	Tipo de indicador	Resultado
1	Ofrecer una ruta segura, limpia y verde para los niños de 0 a 5 años en compañía de sus cuidadores.	Resultado	% de mejora de calidad de aire registrado en los espacios públicos recuperados.
		Producto	% de puntos críticos de residuos sólidos erradicados en el espacio público.
		Producto	Número de espacios públicos recuperados
		Producto	M <sup>2</sup> de vías accesibles y seguras.
		Producto	M <sup>2</sup> de fachadas/paredes recuperadas
2	Motivar la comprensión de la calidad de aire, el desarrollo infantil temprano (DIT) y su relación con los espacios públicos.	Resultado	% de vecinos que identifican cómo la contaminación del aire genera dolencias y enfermedades y, a la vez, degrada el ambiente donde viven.
			% de docentes que identifican cómo la contaminación del aire genera dolencias y enfermedades y, a la vez, degrada el ambiente donde viven.
			% de niños y niñas que identifican cómo la contaminación del aire genera dolencias y enfermedades y, a la vez, degrada el ambiente donde viven.
3	Promover el disfrute y cuidado del espacio público recuperado entre la comunidad, especialmente entre niños, niñas y sus cuidadores.	Resultado	Cantidad de <b>personas</b> que valoran positivamente el espacio público.
			Cantidad de <b>personas</b> que usan el espacio público recuperado.

Los indicadores de resultado exigieron el desarrollo de herramientas para su cálculo. Así los indicadores del objetivo 2 implican la realización de entrevistas y talleres; mientras los indicadores del objetivo 3, tiene como herramientas asociadas entrevistas, encuestas y fichas de observación no participantes. Asimismo, las fichas de observación no participantes se realizan antes y después de la intervención y evalúan calidad urbana, tránsito de personas y uso del espacio. (*Presentación de la Municipalidad de Lima sobre organización de la Red*).

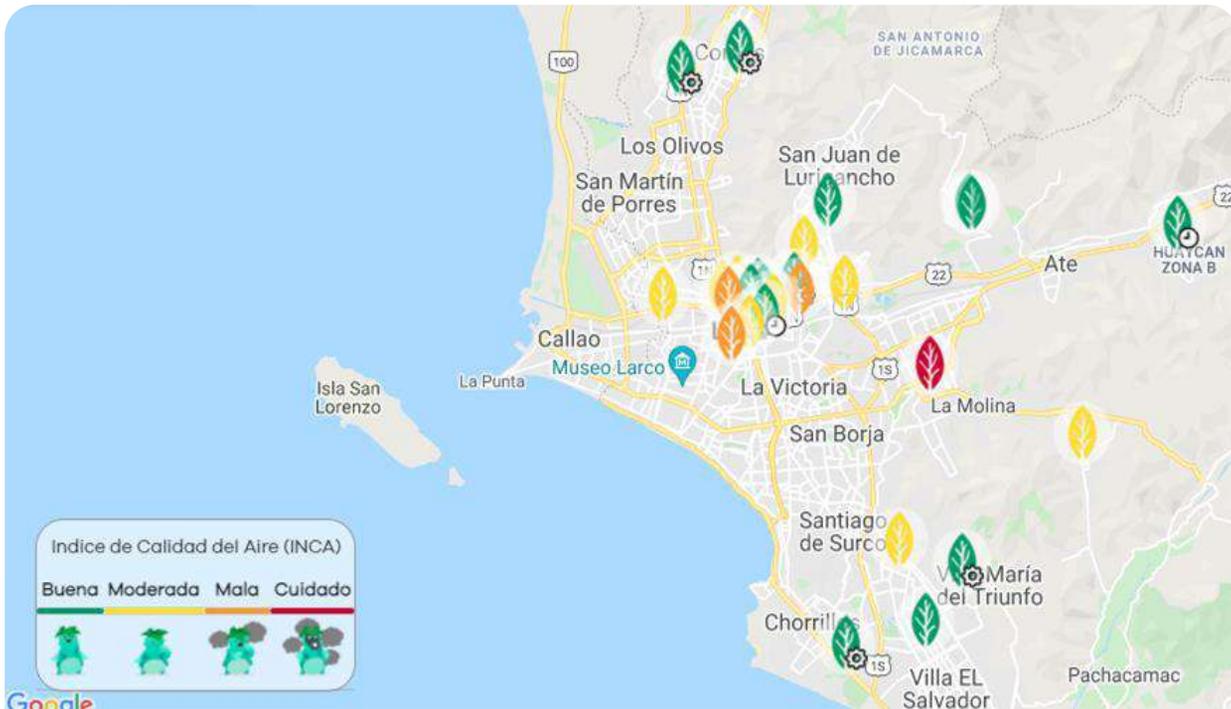
## Primera fase: Implementación y crecimiento de la Red



### ◆ 1. Instalación de sensores de calidad de aire

El proyecto se inicia con un prediagnóstico ambiental, considerando criterios como población, clima, calidad del aire, presencia de niños menores de 4 años, principales fuentes de contaminación cercanas y mapa geográfico del área.

Luego, se procede a la instalación de monitores de aire en cinco ubicaciones estratégicas de la ciudad, tales como albergues para menores, colegios y centros de salud infantil que concentran a niños y niñas en diferentes distritos de Lima Metropolitana. En 2022, se sumaron 15 puntos de monitoreo adicionales a la red existente.



### Centros de monitoreo en Lima, Perú

1. Mercado Central Ramón Castilla, Cercado de Lima .
2. Albergue Frieda Heller, San Borja .
3. Complejo Asistencial Infantil Municipal “Las Mercedarias”, Cercado de Lima.
4. Complejo Asistencial Infantil Municipal "Casa de los Petisos", Cercado de Lima.
5. Instituto Nacional de Salud del Niño - Breña INSN Breña.
6. Puericultorio Pérez Aranibar PPA, Magdalena del Mar.
7. Institución Educativa "Fe y Alegría N°02" Colegio FyA N° 02, San Juan de Lurigancho.
8. Instituto Nacional de Salud del Niño - San Borja INSN SB.
9. Colegio Científico Albert Einstein, Cercado de Lima.
10. Colegio República de Canadá Rep., Cercado de Lima.
11. Colegio San Martín de Porres, Cercado de Lima.
12. Colegio Jesús de Nazareth, Cercado de Lima.
13. Colegio PNP Alipio Ponce, Cercado de Lima.
14. Programa de Intervención Temprana - PRITE Montessori PRITE, Cercado de Lima.
15. Aldeas Infantiles SOS Pachacamac, Pachacamac.

## Instalación de 12 sensores de calidad de aire en albergues, centro de salud infantil y colegios



1.

CAR Divino Niño  
(San Miguel)



2.

Casa Sinchi roca  
(Comas)



3.

Puericultorio Pérez  
Aranibar  
(Magdalena del Mar)



4.

Instituto Nacional  
de Salud del Niño  
(San Borja)



5.

Institución Educativa  
Fe y Alegría N°04  
(San Juan de Lurigancho)



6.

Centro Infantil Municipal  
Las Mercedarias  
(Cercado de Lima)



7.

Mercado Central  
Ramón Castilla  
(Cercado de Lima)



8.

Centro Infantil Municipal  
Casa de los Petisos  
(Cercado de Lima)



9.

Instituto Nacional  
de Salud del Niño  
(Breña)



10.

Albergue Frieda Heller  
(San Borja)



11.

Institución Educativa  
Fe y Alegría N°02  
(San Martín de Porres)



12.

Aldeas Infantiles SOS  
Pachacamac  
(Pachacamac)



Aldeas SOS Pachacamac - Pachacamac



Colegio Jesús de Nazareth - Enrique Meiggs



**Actualmente la red cuenta  
con una cobertura del**

**27%\* de monitoreo de  
calidad de aire**

\*Porcentaje a nivel de las provincias de Lima.

## ◆ 2. Empoderamiento de profesores y cuidadores

En el año 2021, comenzaron las capacitaciones a los cuidadores de las instituciones de la Red de Calidad de Aire de Infancia, entre docentes, tutores, personal de salud y padres de familias.

**+200 cuidadores capacitados**  
personal docente, de salud, administrativos y padres.



Primera Capacitación, plena pandemia



Capacitación en Zona Morales Duarez

### ◆ 3. Talleres de Educación Ambiental para niños y niñas

En el 2021, se ejecutaron veinte talleres ambientales (virtuales y presenciales) con los niños y niñas de las instituciones de la red. Como parte de éstos, se desarrollaron experimentos caseros para la identificación de material particulado en el aire; asimismo, se entregó material didáctico (historietas ambientales) y plantitas para promover buenas prácticas ambientales.

En el 2022, se realizaron diez talleres de calidad de aire, sensibilizando a más de 1200 niños y niñas.



**+2300**  
niñas y niños  
sensibilizados  
sobre calidad del aire  
desde 2021 a la fecha.

## Talleres Macromanzana



### Colegio República de Costa Rica

- Calidad del aire e infancia
- Robótica
- Experimentos de ciencia

**+100** niñas y niños sensibilizados



**+120** niñas y niños sensibilizados

### Colegio PNP Alipio Ponce

- Calidad del aire e infancia
- Robótica
- Experimentos de ciencia

Para apoyar la labor educativa, el equipo de Aires Nuevos de Lima desarrolló material didáctico para aprender sobre la calidad del aire y la contaminación. Estos materiales son historietas de “Las Aventuras del Gecko de Lima” y una Guía Didáctica de calidad de aire e infancia.

## Talleres Morales Duarez



**+20** cuidadores

### Talleres a vecinos y cuidadores

- Segregación de residuos sólidos
- Calidad del aire e infancia
- Desarrollo infantil temprano



### Alianza Programa Educca + GPV

#### Talleres a niñas y niños

- Segregación de residuos sólidos
- Calidad del aire e infancia
- Espacios Públicos que educan ambientalmente



**Talleres a niñas y niños**

- Segregación de residuos sólidos
- Calidad del aire e infancia
- Espacios Públicos que educan ambientalmente

**+120** niñas y niños de 5 a 8 años

**Elaboración de material de educación ambiental para niños y niñas**



### ◆ Análisis de datos

El gobierno local de Lima, con la asesoría del profesor Edwin Villanueva, generó periódicos reportes de calidad de aire mensuales con los monitores de la Red desde Julio de 2021.

En los boletines se analiza la variación en la exposición a la contaminación de MP2.5 y MP10, por colegios y horarios .

Se realizó una calendarización de la concentración de material particulado por hora y día de la semana, lo que permitió identificar las franjas horarias de menor contaminación. Esta información se utiliza actualmente para informar a la comunidad sobre los horarios más seguros para que los niños puedan jugar al aire libre.

[Ver Reportes Datos Lima](#)

### Determinación de franjas horarias de menor contaminación

#### Concentración media de MP2.5

	Lur	Mar	Mie	Jue	Vie	Sab	Dom
Hora 0	39	30	31	22	29	40	39
1	42	38	28	24	34	34	39
2	40	38	32	25	27	26	36
3	42	47	32	23	31	28	36
4	38	54	30	19	32	28	36
5	46	49	30	20	30	25	34
6	51	46	36	21	33	24	34
7	42	43	41	18	28	27	34
8	20	40	43	18	26	28	33
9	26	30	36	21	28	23	29
10	21	30	26	15	19	19	26
11	15	20	17	13	13	15	22
12	12	20	20	16	12	15	21
13	11	17	19	16	12	15	22
14	12	15	20	19	11	12	19
15	13	15	18	17	12	12	17
16	15	16	18	19	14	12	16
17	20	24	21	21	16	15	19
18	20	31	20	24	22	20	20
19	30	28	20	25	26	25	29
20	35	27	23	26	31	29	39
21	33	25	24	30	37	29	41
22	32	31	25	27	42	37	43
23	32	35	28	31	44	38	37

Buena

Moderada

Mala

Umbral de cuidado

Concentración de material particulado por hora del día y día de la semana

11 AM - 6 MP

Puericultorio Perez Aranibar  
Valores en ug/m3. Período: 01 al 31 de julio del 2021.

## Segunda fase: Recuperación de espacios



La **Fase 2** del proyecto se inicia con la participación de profesionales de la municipalidad y académicos expertos en calidad de aire, en el Curso de Aires Nuevos para co-diseño de acciones costo-efectivas frente a la contaminación atmosférica urbana. Como resultado del trabajo realizado en ese curso, Lima desarrolló un plan con la premisa de buscar la recuperación de espacios en las instituciones educativas participantes del proyecto, de manera que fueran priorizadas en función de los niveles de contaminación atmosférica identi-

cados por los monitores de calidad de aire, las fuentes específicas y las oportunidades de intervención de los espacios. Entre las actividades potenciales desarrolladas se encuentra la implementación de rutas seguras, zonas de calma, recuperación de murales, sembrado de plantas, zonas no idling, entre otras.

Para la intervención y recuperación en los cinco espacios se contempló el trabajo articulado con diversas áreas o gerencias de la Municipalidad Metropolitana de Lima.

## Trabajo en conjunto para la recuperación de espacios



Figura 21.

Gracias al trabajo conjunto y articulado de distintos actores, fue posible consolidar el enfoque integral del proyecto "medir para actuar", impactando tanto en la mejora de calidad del aire, así como la creación de rutas accesibles y espacios que eduquen ambientalmente a los niños y niñas de la ciudad.

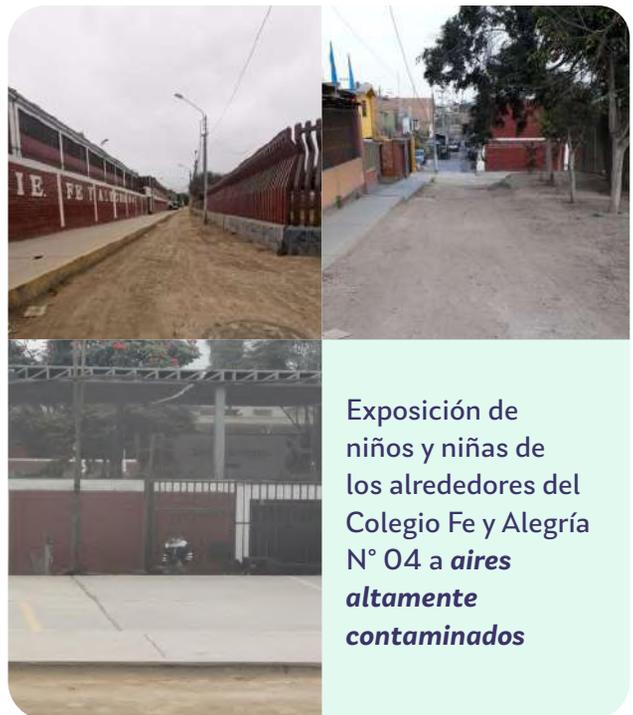
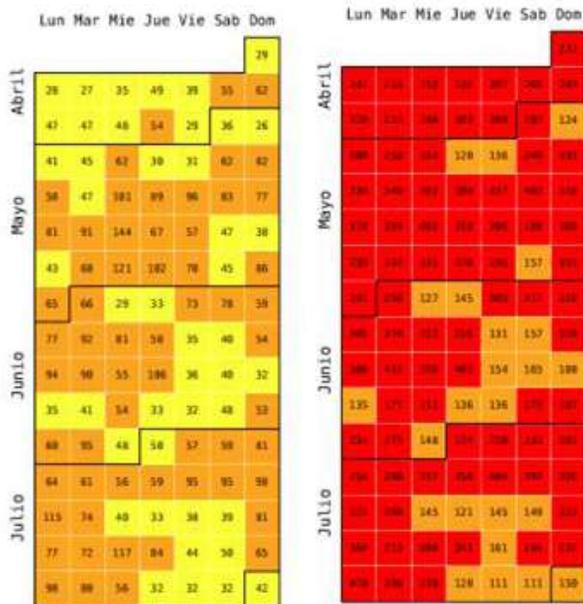
### ◆ Piloto de área recuperada: Primera de seis

Lima llevó a cabo una intervención piloto con la primera acción basada en datos de calidad del aire en los alrededores del Colegio Fé y Alegría N° 04. El objetivo fue asegurar el éxito de futuras intervenciones. Un total de 1.200 niños y residentes del barrio se beneficiaron de la recuperación de

436m<sup>2</sup> con vegetación, 583m<sup>2</sup> de caminos seguros y accesibles, 7 parques infantiles y 81 m<sup>2</sup> de fachada rehabilitada. Además, se observó una mejora del 45% en la calidad del aire del área desde noviembre de 2021 hasta febrero de 2022.

### Problemática

"Colegio Fe y Alegría", 2021  
MP2.5 diario      MP10 diario



La propuesta **¡Al aire limpio!** se diseña a partir de los datos obtenidos del proyecto **Aires Nuevos Para la Infancia**, para complementar su intervención con un enfoque educativo.

**Objetivo**  
Adaptar un espacio en el parque Los Olivos en SJL que facilite la menor exposición a aires contaminados y promueva el desarrollo integral de niños y niñas de 0 a 5 años de la mano de sus cuidadores, bajo un enfoque eco-pedagógico.

## Resultados

### Mejoras de Áreas Verdes



**436 m<sup>2</sup>**  
**recuperados de**  
**vegetación**

## Resultados

### Implementación de zona de calma



**7** mobiliarios de descanso y juegos implementados

### Fachada del colegio Fe y Alegría N°04



**81 m<sup>2</sup>** de fachada recuperada

## Resultados

### Fachada del colegio Fe y Alegría N°04



En esta intervención piloto también cooperaron otras fundaciones, empresas y personas con un enfoque en primera infancia y medioambiente, lo que reforzó la consecución de los objetivos de **Aires Nuevos en Lima.**



**La Cochera**  
Escuela



### Construcción de camino seguro



**583 m<sup>2</sup>** de espacio transformado para evitar el levantamiento de polvo

## Intervención “Al Aire Limpio”

Colegio Fe y Alegría N°04 SJL



- Ruta segura
- Zonas de calma
- Recuperación de murales
- Talleres al aire libre



## Resultados

### Ejecución de dos campañas de Respira Limpio y Alto Bocinazo



El alcance del proyecto se expandió el 2022, cuando Lima participó activamente en las distintas sesiones del curso online de Aires Nuevos para diseñar acciones locales de bajo costo para reducir la exposición de la niñez a la contaminación atmosférica. Este taller de tres sesiones, contó con destacados profesionales y expertos en calidad de aire, políticas públicas, urbanismo y finanzas de Latinoamérica. El objetivo de este trabajo conjunto fue buscar diseños de acciones costo-efectivas que fueran atingentes a las fuentes de contaminación atmosférica de cada ciudad en particular.

Como producto de ese taller, Lima generó un plan de trabajo detallado e implementó exitosamente las intervenciones a favor de la calidad del aire que había planeado.

El plan de trabajo incluyó la transformación de cinco espacios públicos, así como diez escuelas y un centro de atención residencial con énfasis en la educación de la primera infancia. También incluyó la accesibilidad, el mejoramiento urbano de los espacios y la participación de la comunidad. Gracias a alianzas y trabajo coordinado con otras unidades, programas y proyectos orgánicos de la Municipalidad Metropolitana de Lima, el proyecto desarrolló sus acciones de manera integral. Más de 3.000 niños en Lima se han beneficiado de estas acciones desarrolladas colectivamente. En todos los lugares donde se instalaron sensores de calidad de aire, hubo un trabajo de involucramiento y educación ambiental a las comunidades a través de talleres y caminatas ambientales.

◆ **Identificación de los lugares a intervenir**

**Espacio 1 - Macromanzana PRITE Montessori**

**4** Colegios | **1816** niñas y niños de 3 a 11 años

**PNP Túpac Amaru**

**Colegio P.N.P. Alipio Ponce Vásquez\***

**400** niñas y niños

**Colegio República de Costa Rica**

**549** niñas y niños

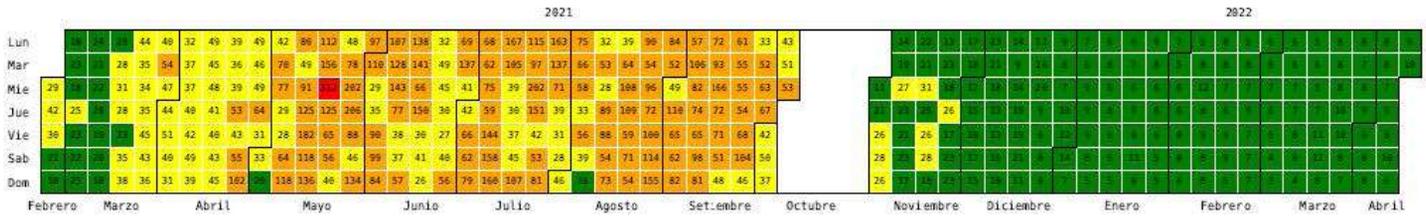
**PRITE Montessori\***

**67** niñas y niños

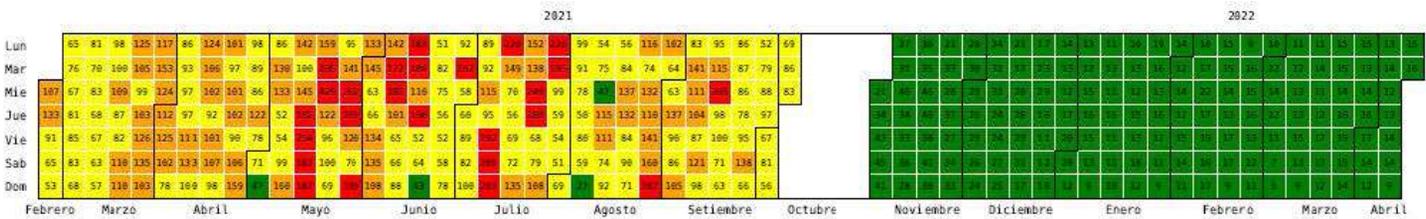
\*Cuenta con sensor de calidad del aire

- Colecaminos
- Punto Crítico RRSS
- Área de intervención
- Punto Recuperado RRSS (requiere mantenimiento)

### Perfil de contaminación MP2.5



### Perfil de contaminación MP10



Periodos de mayor temperatura (diciembre – marzo 2022) podrían haber generado mayor dispersión de contaminantes lo cual se refleja en concentraciones menores de MP 2.5 Y MP 10.

#### MP2.5

	Lun	Mar	Mie	Jue	Vie	Sab	Dom
0	44	46	47	56	39	43	45
1	47	51	55	60	45	48	45
2	52	55	67	61	48	47	50
3	54	60	67	61	45	44	52
4	55	63	65	60	46	47	52
5	56	61	64	64	44	45	54
6	57	61	72	64	45	48	55
7	66	61	68	63	49	52	56
8	64	64	70	60	50	56	58
9	56	63	70	59	51	54	63
10	52	57	63	52	49	51	57
11	47	47	52	46	43	42	47
12	39	45	45	39	34	35	40
13	34	40	35	30	28	28	32
14	28	35	28	23	26	24	26
15	24	28	26	21	24	22	23
16	24	26	26	21	23	21	21
17	26	27	28	24	23	21	20
18	28	29	31	26	26	23	24
19	31	31	36	31	29	28	31
20	35	37	40	32	32	32	36
21	39	39	44	36	35	37	38
22	42	42	47	39	40	41	42
23	42	45	50	40	42	41	44

#### Perfil de contaminación horario

#### MP10

	Lun	Mar	Mie	Jue	Vie	Sab	Dom
0	70	75	77	81	65	71	74
1	72	81	85	85	73	74	73
2	77	85	98	84	75	72	76
3	79	90	97	82	71	68	78
4	81	95	94	83	72	71	77
5	84	91	93	89	71	70	79
6	85	92	105	93	73	76	81
7	98	93	101	97	80	83	84
8	96	99	104	92	82	90	85
9	86	96	103	90	83	88	89
10	82	89	95	82	80	83	81
11	75	77	81	74	72	73	66
12	65	73	72	65	59	63	57
13	57	64	60	52	51	53	48
14	52	57	49	43	46	46	40
15	45	48	47	41	44	41	36
16	47	50	49	43	44	40	34
17	51	54	53	49	46	40	34
18	55	56	60	54	52	45	41
19	60	58	65	60	57	53	53
20	65	58	66	60	61	61	60
21	71	69	71	63	63	66	63
22	74	72	74	67	69	69	67
23	72	75	75	68	72	70	69

### Situación encontrada y soluciones planteadas



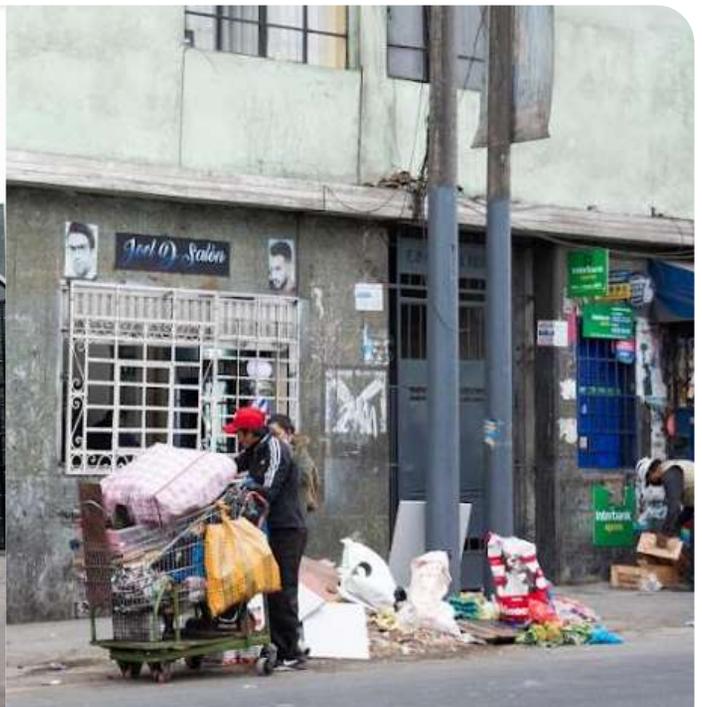
Mejoramiento de pistas y veredas



Recuperación de puntos críticos - Pj. Oropesa



Retiro de Graffitis - Pj. Oropesa



Recuperación de puntos críticos - Av. Lorente

Antes



Invasión de veredas por vehículos

Después



Levantamiento de vereda para evitar la invasión de vehículos



Muralización con pintura fotocatalítica

### Colegio República de Costa Rica y Colegio PNP Alipio Ponce



### Colegio República de Costa Rica y Colegio PNP Alipio Ponce



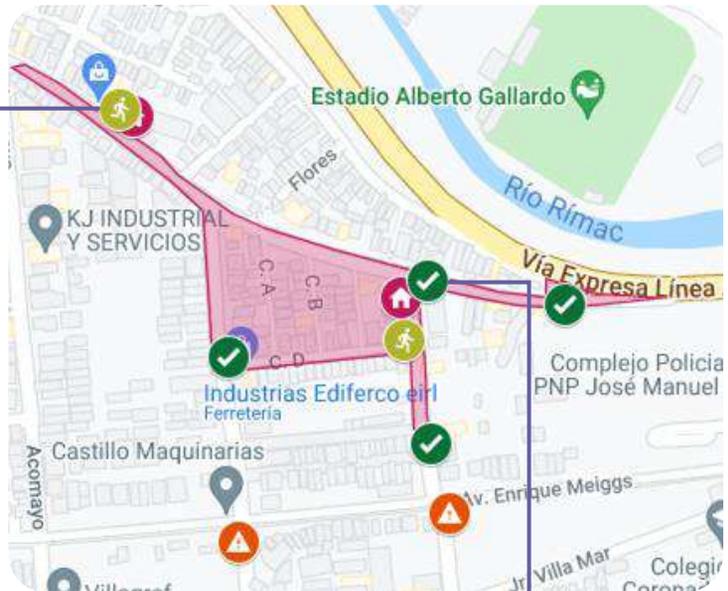
**Espacio 2 - Morales Duarez - Parque Primavera**



**2** Colegios

**800** niñas y niños de 3 a 11 años

**Colegio República de Canadá\***



\*Cuenta con sensor de calidad del aire



Colecaminos



Área de intervención



Punto Crítico RRSS

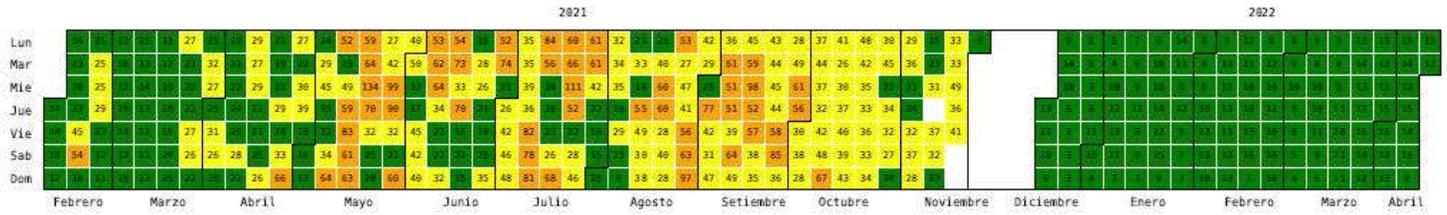


Punto Recuperado RRSS (requiere mantenimiento)

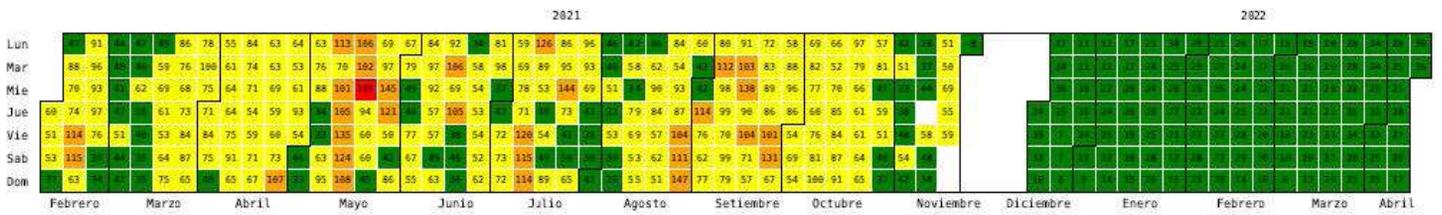
**IE N°38 San Martín de Porres\***



### Perfil de contaminación MP2.5



### Perfil de contaminación MP10



Periodos de mayor temperatura (diciembre – marzo 2022) podrían haber generado mayor dispersión de contaminantes lo cual se refleja en concentraciones menores de MP 2.5 Y MP 10.

#### MP2.5

#### Perfil de contaminación horario

#### MP10

	Lun	Mar	Mie	Jue	Vie	Sab	Dom
0	31	32	33	36	31	33	32
1	31	34	38	40	32	34	33
2	32	37	42	41	33	33	36
3	34	41	42	40	33	35	35
4	36	43	41	40	33	36	34
5	37	40	41	42	33	35	38
6	38	39	42	41	35	38	38
7	38	39	42	42	37	39	40
8	37	38	43	41	37	38	40
9	35	39	42	39	36	37	41
10	32	35	40	33	30	33	34
11	27	29	32	28	25	25	26
12	23	27	25	22	21	21	22
13	20	23	20	18	17	17	18
14	17	20	16	14	15	15	14
15	15	17	16	13	14	13	13
16	15	16	16	13	13	13	12
17	16	16	18	16	15	14	13
18	18	19	21	18	17	16	16
19	22	23	25	22	21	18	22
20	25	27	29	23	23	23	24
21	28	28	32	27	26	27	26
22	28	29	33	28	31	29	29
23	30	31	34	29	33	30	32

	Lun	Mar	Mie	Jue	Vie	Sab	Dom
0	59	64	66	69	61	64	62
1	58	66	71	72	64	63	62
2	60	68	75	70	64	60	65
3	63	72	75	67	62	63	63
4	67	75	72	69	62	65	63
5	67	72	72	74	63	64	65
6	70	71	75	72	66	67	66
7	70	72	75	73	70	72	68
8	69	72	78	73	70	71	67
9	65	72	77	70	69	70	66
10	61	67	73	64	60	63	54
11	53	58	62	56	52	53	41
12	46	52	52	47	45	46	36
13	40	44	41	39	38	40	31
14	35	39	35	31	33	35	27
15	33	36	35	32	33	31	25
16	35	38	37	34	33	31	24
17	39	42	41	39	37	32	27
18	43	47	48	46	43	37	35
19	51	51	54	50	50	43	45
20	55	59	59	52	53	52	49
21	61	60	62	56	56	56	52
22	59	61	64	56	63	58	55
23	61	65	66	58	65	59	59

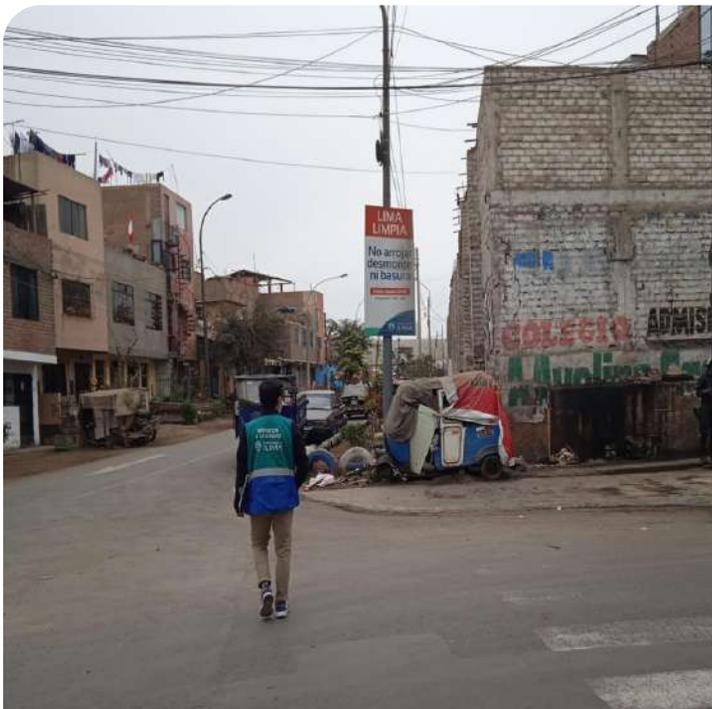
### Situación inicial y soluciones planteadas



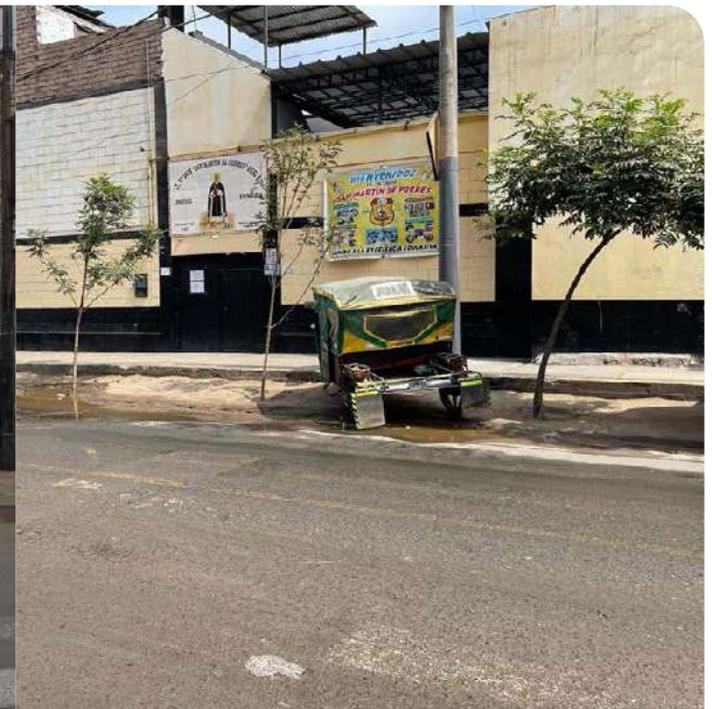
Creación de zona de juego y descanso



Mantenimiento y mejora de parque  
(punto crítico recuperado)

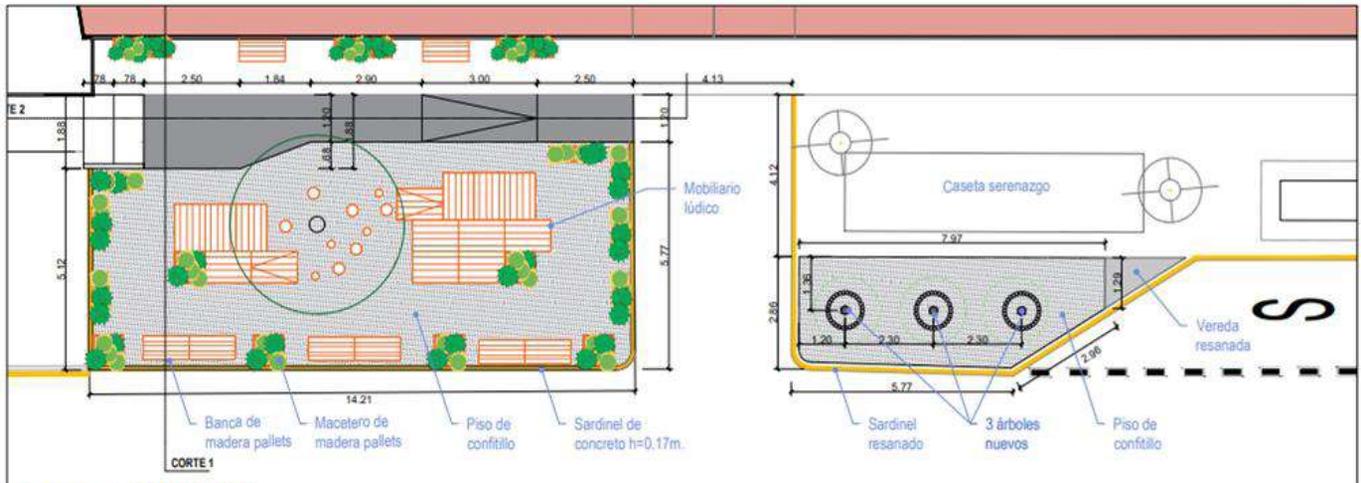


Retiro de vehículos abandonados



Creación de espacio seguro

Acciones realizadas pre-implementación



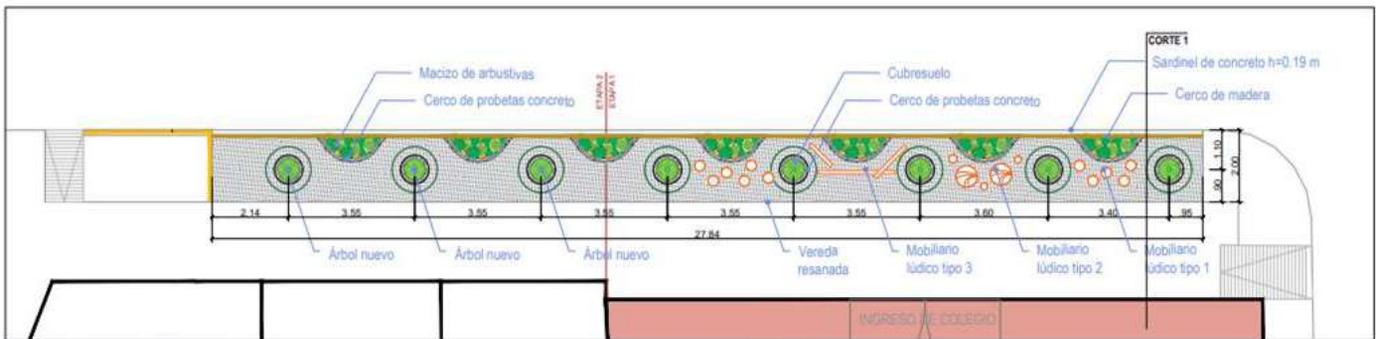
PLANTA - PROPUESTA

Figura 22. A. Diseño de recuperación frente al colegio República de Canadá



Vista referencial:

- Mobiliario lúdico de madera
- Sardinell de concreto
- Nueva vereda y rampa



PLANTA - PROPUESTA

B. Diseño de recuperación frente al colegio San Martín de Porres

### Acciones Locales



Reunión con dirigentes barriales. Consulta y validación



Cambio de macetones en el Parque Primavera



Instalación de macetones.  
Cubrir suelo desnudo



Consulta vecinal y encuestas



Entrega de ekokits



Faena de limpieza de vía



Actividades de fiscalización  
a recicladoras



Implementación de vereda

### Colegio República de Canadá



**43.6 m<sup>2</sup>**  
de veredas  
seguras



**28 m**  
lineales de  
sardineles  
implementado



**100 m<sup>2</sup>**  
de suelo  
desnudo  
cubierto con  
confitillo

### Colegio República de Canadá

Antes



Después



**5.6 m<sup>2</sup>**  
de áreas  
verdes  
recuperadas

Antes



Después



**16**  
mobiarios  
de descanso  
y juego  
implementado



### Colegio República de Canadá

Antes



Después



**51.5 m<sup>2</sup>**  
de murales  
con pintura  
foto  
catalítica



### Colegio San Martín de Porres



**30 m**  
metros lineales  
de sardineles  
implementados



**3 m<sup>2</sup>**  
de áreas  
verdes  
recuperadas



### Colegio San Martín de Porres

Antes



Después



**20**  
pasitos de  
madera  
instalados  
como elementos  
lúdicos

Antes



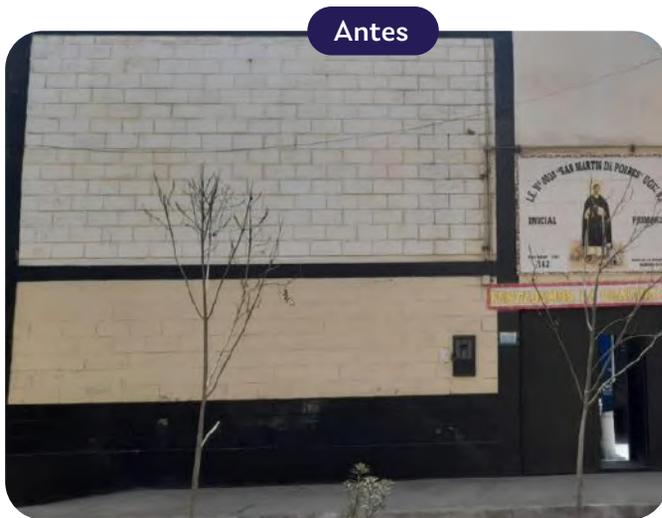
Después



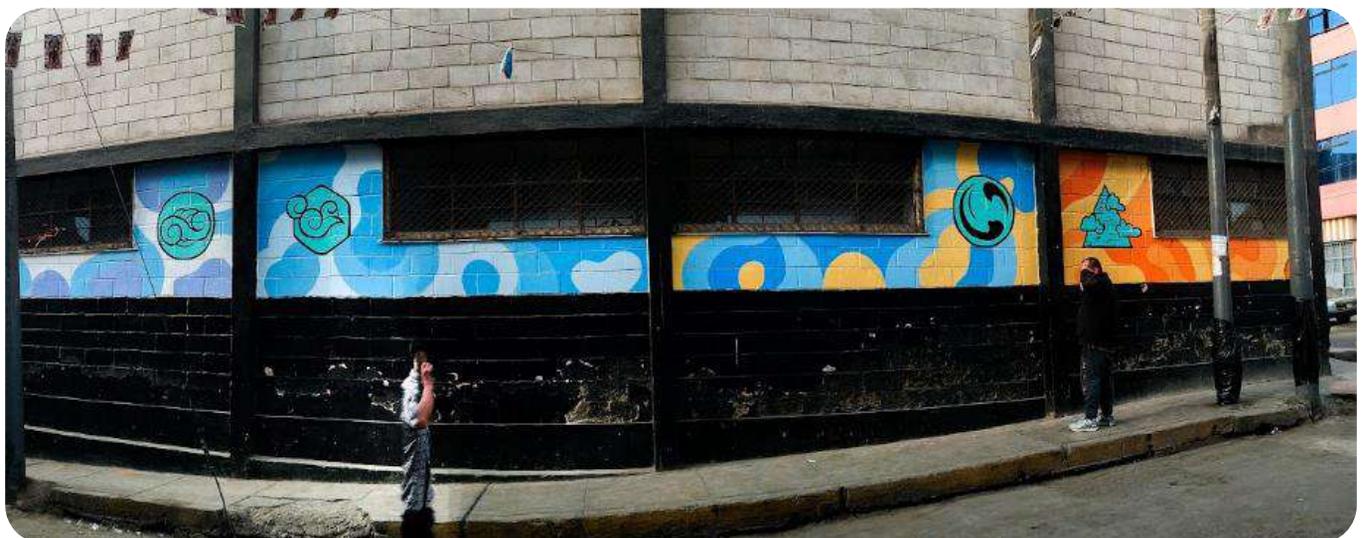
**56 m<sup>2</sup>**  
de suelo desnudo  
cubierto con  
confitillo



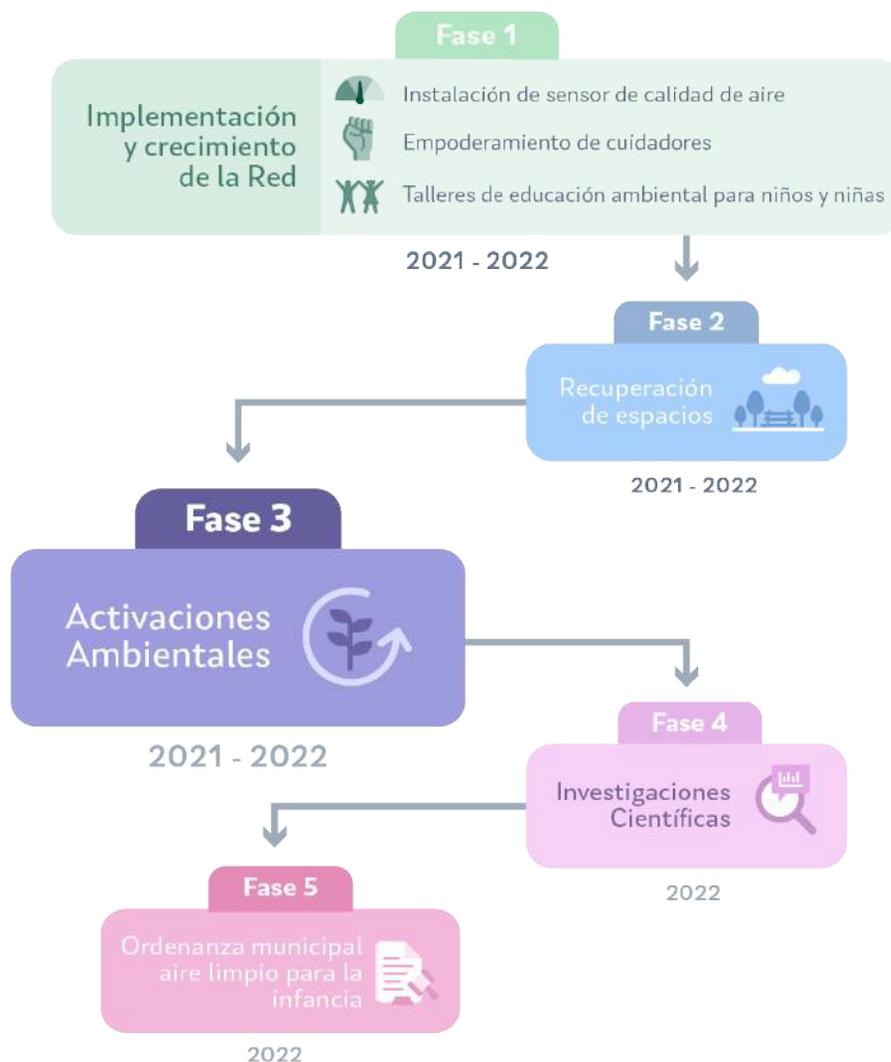
### Colegio San Martín de Porres



**46.2 m<sup>2</sup>** de murales con  
pintura foto catalítica



## Tercera fase: Activaciones Ambientales



En el 2021, Lima realizó la campaña "Libre para Jugar Afuera" con el propósito de acercarse e interactuar con la población y resaltar la importancia de un aire limpio para una infancia saludable y generar un cambio positivo en la sociedad hacia el cuidado del medio ambiente.

Durante tres días, la campaña de la burbuja gris de aproximadamente tres metros de

diámetro representó la contaminación por material particulado a la que los niños se enfrentan diariamente sin siquiera notarlo.

En diciembre de 2021, se realizó la proyección de frases con temática de aire en las afueras del Centro Cívico Real Plaza.

## La Gran Burbuja Gris



### Desde la COP26 a Perú

La campaña "*Libre para jugar afuera*" busca hacer visible el problema de la contaminación y su impacto en la población, especialmente en los niños y niñas



## Proyección en espacios públicos de frases sobre aire limpio e infancia



### Enlaces de campaña

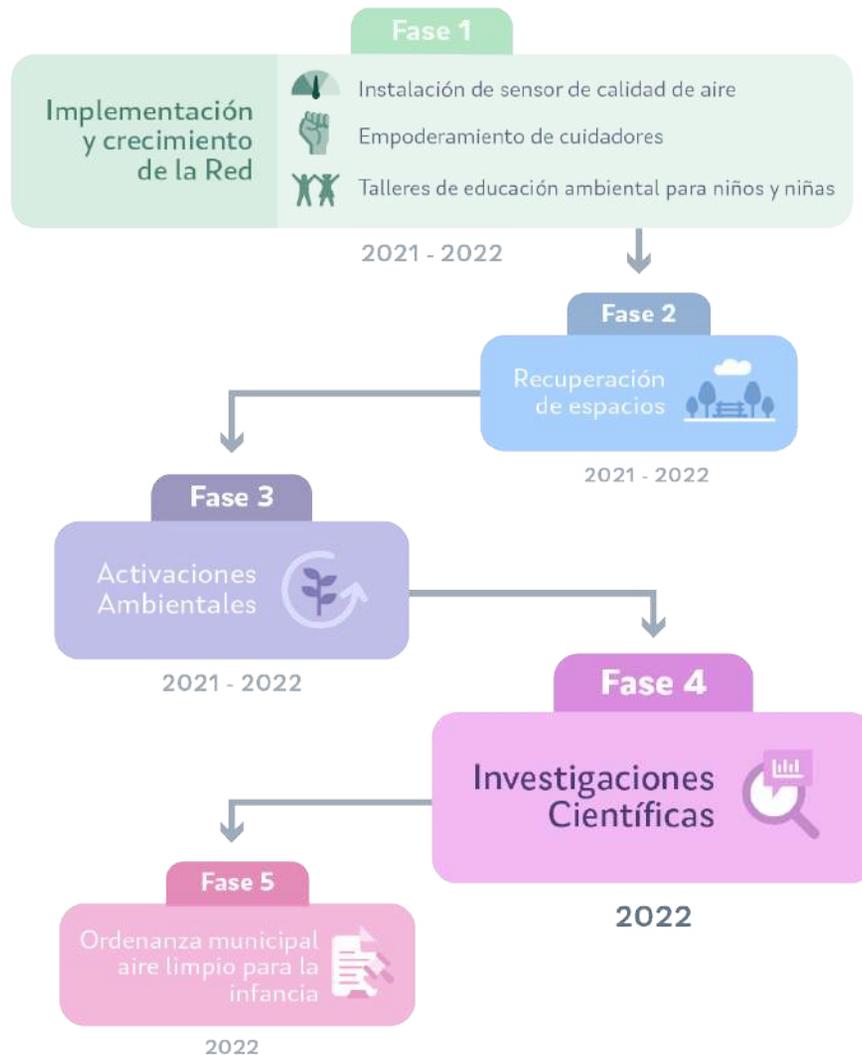
- [La burbuja Gris llegó a Lima. @Urban95\\_Lima](#)
- [Libre para jugar afuera. Lima Ambiental](#)
- [La burbuja Gris llegó a Lima. Copera Infancia](#)

## Talleres en el espacio público recuperado

### Colegio Jesús de Nazareth de Lima, Enrique Meiggs



## Cuarta fase: Investigaciones científicas



Transcurrido un año del inicio del proyecto, en conjunto con un equipo multidisciplinario de la Pontificia Universidad Católica de Perú y la Municipalidad de Lima, se desarrollaron investigaciones científicas adicionales cuyos resultados sirvieron de soporte al diseño e implementación de acciones en las instituciones en beneficio de la ni-

ñez. A su vez, se realizaron evaluaciones de la calidad de los datos de los monitores de bajo costo de IqAir en comparación con los monitores oficiales, así como los resultados de la Red de Monitoreo ampliada y el monitoreo móvil.

Uno de los estudios fue liderado por el profesor Edwin Villanueva, titulado "Evaluaciones técnicas de desempeño a sensores de calidad de aire en Lima". Este estudio comparó las mediciones de los monitores de Aires Nuevos con equipos de referencia desde el 15 de noviembre de 2021 hasta el 19 de enero de 2022. Al compartir las conclusiones de este estudio con el equipo de Aires Nuevos, el proyecto hizo entrega de tres monitores modelo "Air Visual Outdoor - AVO" para comparar la precisión de los datos con respecto al modelo Air Visual-Pro.

El estudio puede ser consultado en el siguiente link:

Estudio Evaluación de desempeño de sensores de calidad del aire en Lima - MML 2022

El profesor Villanueva con la cooperación de los funcionarios municipales a cargo del proyecto, también llevaron a cabo una investigación sobre la calibración de los datos de sensores hiperlocalizados que fue publicada en el Journal Sensors. Se realizó intercomparación de datos de los sensores calibrados con learning machine, la cual mostraba que este método de calibración es una manera costo-efectiva de obtener datos más fidedignos de sensores de bajo costo. Esta colaboración exitosa entre el ámbito académico y municipal es un logro que Aires Nuevos ha impulsado desde la formación de su modelo de gobernanza. A su vez, esta investigación es un importante aporte a replicar en redes de calidad de aire de bajo costo, que permite mejorar la precisión de los datos de los monitores de



una manera económica y así aumentar su vida útil.

La investigación se denomina: Smart Multi-Sensor Calibration of Low-Cost Particulate Matter Monitors (2023) por Edwin Villanueva et al.




Article

**Smart Multi-Sensor Calibration of Low-Cost Particulate Matter Monitors**

Edwin Villanueva <sup>1,\*</sup>, Soledad Espezuza <sup>2</sup>, George Castelar <sup>3</sup>, Kyara Diaz <sup>3</sup> and Erick Ingaroca <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Engineering Department, Pontificia Universidad Católica del Perú, 1801 Universitaria Av., San Miguel, Lima 15088, Peru  
<sup>2</sup> Departamento Académico de Ingeniería, Universidad del Pacífico, 2020 Salaverry Av., Jesús María, Lima 15072, Peru; sopezua@up.edu.pe  
<sup>3</sup> Subgerencia de Gestión Ambiental, Municipalidad Metropolitana de Lima, Palacio Municipal, Lima 15001, Peru  
 \* Correspondence: ervillanueva@pucc.edu.pe; Tel.: +51-99-996-1770

Smart Multi-Sensor Calibration of Low-Cost Particulate Matter Monitors

## Quinta fase: Investigaciones científicas



En Lima, se desarrolló una ordenanza de calidad del aire en colaboración con las comunidades, la cual está disponible a votación en el congreso. Esta iniciativa es un paso importante hacia el reconocimiento de la calidad del aire como un derecho humano que debe ser protegido por las autoridades.

La Subgerencia de Gestión Ambiental de la Municipalidad de Lima lideró el proyecto de "Ordenanza que promueve el Aire Limpio para la Primera Infancia en la Pro-

vincia de Lima", que representa un avance significativo en la protección de la calidad del aire como un derecho humano.

Aunque la ordenanza ha pasado por una etapa de recepción de aportes y sesiones informativas, actualmente se encuentra paralizada debido a un cambio de administración local desde el año 2023.

Ordenanzas Municipales

# Productos de Aires Nuevos

## 1. Contenido educativos

### a. Guía didáctica de Calidad de Aire e infancia

Guía didáctica elaborada para que niños y cuidadores aprendan de forma sencilla y divertida sobre el aire, su contaminación, impactos y qué acciones se pueden hacer para cuidarlo.

Producto realizado por la Municipalidad de Lima con el apoyo de Aires Nuevos.

Guía educativa.  
Municipalidad de Lima



### b. Guía didáctica de Aires Nuevos

Guía didáctica para concientizar sobre la contaminación del aire y sus riesgos en la salud. Dividida en tres capítulos: Edad Escolar, Comunidad Escolar e Instituciones y organizaciones. Dirigida a un público general.

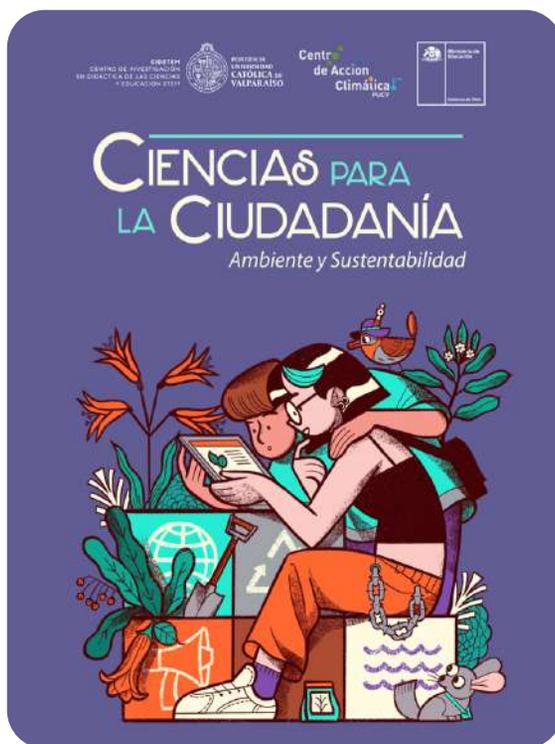
Guía didáctica de  
Calidad de Aire



### c. Apoyo en material didáctico para Ciencias para la ciudadanía

Aires Nuevos colaboró con el [CIDSTEM](#) de la PUCV en el desarrollo de la unidad de aire en el Currículo Nacional Chileno para el ramo de Ciencias para la Ciudadanía. Se proporcionó información conceptual y ejercicios prácticos sobre calidad del aire, contaminación, salud, infancia, normativa, intervenciones urbanas y justicia ambiental. Estos contenidos se organizaron en actividades secuenciadas para mejorar la comprensión de los estudiantes sobre la contaminación del aire en los últimos años de escolaridad.

Ciencias para la Ciudadanía



### d. Desarrollo de manuales de instalación de monitores de calidad de aire en español

Manuales con instrucciones paso a paso para la instalación de monitores de calidad de aire dirigidos a municipios y comunidades, y un video explicativo de instalación en español.

Material Instalación Monitores

### e. Desarrollo de guía de análisis de datos

Guía de manejo y análisis de datos para proporcionar a estudiantes, profesionales de los gobiernos locales, organizaciones comunitarias con enfoque en medioambiente y comunidad en general de herramientas necesarias para comprender y analizar datos de contaminación de primera mano

Guía de Extracción de Datos

**f. Curso de calidad de aire y salud para los municipios de la red**

Curso en línea sobre medidas locales de mitigación de contaminación atmosférica para las ciudades participantes del proyecto. Este curso contó con la participación de profesores universitarios y expertos en políticas de reducción y financiamiento de la contaminación atmosférica.

Videos de Youtube de Curso de Acciones Locales

Materiales del Curso de Acciones Locales

Profesores:

**Ana Ortigoza**, Senior Research Scientist SALURBAL - Drexel University.

**Sebastián Tolvett**, Académico Universidad Tecnológica Metropolitana Chile.

**Marcelo Mena**, CEO Global Methane Pledge.

**Beatriz Mella**, Investigadora Post Doc en CEDEUS (Centro de Desarrollo Urbano Sustentable UC).

**Sandra Guzmán**, Manager, Climate Finance Program, Climate Policy Initiative.

**2. Investigación**

La investigación en temas de calidad del aire llevada a cabo por las universidades como parte del proyecto tiene un impacto significativo en la comprensión del problema de la contaminación atmosférica, en el desarrollo de estrategias para proteger el medio ambiente, lograr avances sostenibles en la gestión de la calidad del aire y mejorar la calidad de vida de las comunidades afectadas.

Programa Interdisciplinario de Ambiente. Universidad Nacional de Quilmes

Exposición de niños a la contaminación atmosférica

Reporte de Datos Aires Nuevos. 2020-2023

Smart Multi-Sensor Calibration of Low-Cost Particulate Matter Monitors

Clean air for a good start: children are the future of the planet

Papers Aires Nuevos

### 3. Difusión y Democratización de la información

→ Ranking **Aires Nuevos** de calidad de aire en ciudades medidas por la Red: conocimiento público y difusión en medios de comunicación.

Ranking de contaminación en Chile. 2021

→ **Ciencia ciudadana**: talleres y experimentos usando el sensor que mejoren la comprensión de la temática para la comunidad escolar y general.



Taller presencial de ciencia ciudadana en Liceo Bicentenario de Llayllay, Chile.



Charla sobre Calidad de aire en la comuna de Panquehue, Chile.

→ Procesos barriales de **participación comunitaria** para involucrar a la comunidad en mejoras en el espacio público con enfoque en la mejoría de calidad de aire.



→ **Reporte mundial de Calidad de aire IqAir 2022:** Aires Nuevos es reconocido en el World Air Quality Report 2022 de IQAir por su destacada contribución en cerrar las brechas de medición y reducir la exposición de los niños a los contaminantes atmosféricos, enfocándose en mejorar la calidad del aire y proteger la salud infantil en comunidades de Latinoamérica.

[Ver World Air Quality Report 2022](#)

Highlighted Contributor:

## Aires Nuevos



Community member installing an air quality sensor near a playground

Aires Nuevos is Latin America's largest citizen operated air quality network. It was created by Fundación Horizonte Ciudadano in partnership with the Centro de Acción Climática PUCV of Chile in 2020 with support from CIFF and Bernard van Leer Foundation, with the goal of closing the air quality monitoring gaps in the region. The Aires Nuevos program is a collaborative multi-stakeholder effort based on the ideal of community air quality governance. It includes members from local governments, communities, and universities who share their knowledge and expertise to utilize air quality data to drive action that results in reduced exposure to air pollution.

The Aires Nuevos monitoring network consists of 115 AirVisual air quality sensors spanning 42 municipalities in eight Latin American countries. Currently eight cities in the network are actively working to implement local air pollution reduction measures based on network collected data. Lima, Peru is one of these cities that serves as an example of comprehensive program-related effort. Six urban interventions in children's spaces have been made over the last two years, to reduce their exposure to air pollution and improve the environment in which they spend most of their days.



Community air quality monitoring in Chile

## Evaluación de las comunidades

Se realizó una encuesta a los centros preescolares de la Red. Respondieron 22 centros pre escolares.

**El 50%**

De los entrevistados dice que al constatar la mala calidad de aire en el sensor ha actuado para proteger a los niños de la contaminación.

**El 52%**

Cree que tener un sensor de calidad de aire en su centro aumenta el interés de las personas sobre la contaminación del aire.

**El 65%**

De los centros atiende niños con alguna enfermedad respiratoria crónica.

[Ver encuesta de Aires Nuevos](#)

### 1. La estrategia de implementación de la red ciudadana de calidad del aire



La **selección de actores** se hizo a través de la red de Líderes de Convergencia para la Acción para conectar a gobiernos locales y académicos comprometidos con causas medioambientales. Los municipios seleccionaron centros preescolares para recepcionar sensores de calidad del aire en áreas de alta contaminación. Los centros más comprometidos con temas ambientales priorizaron el proyecto y generaron por sí solos acciones para reducir la exposición de la niñez a contaminantes.



La **participación activa y el sentido de propiedad** del proyecto ayuda a que las acciones propuestas sean inclusivas, proactivas, y autogestionadas. La participación de líderes comunitarios y vecinos fue clave. El uso de chat de WhatsApp ayudaron a una comunicación continua con las partes interesadas a todos los niveles.



**La elección de los sensores de calidad del aire** requiere atención en su funcionamiento, mantención y robustez en la generación de datos. Mantenerse al tanto de los avances en esta tecnología, como asistir a conferencias especializadas como la ASIC o la UC Davis Air Sensors International Conference, resulta clave para seleccionar los mejores modelos disponibles.



**La creación de recursos multimedia**, como videos, documentos y herramientas, sobre las características y la instalación de los sensores, así como el uso de aplicaciones, resulta muy útil para los participantes del proyecto. Estos recursos aseguran una instalación y mantenimiento adecuados de los sensores y fortalecen el sentido de pertenencia a la red.



**La colaboración con ONGs afines** se inició en la segunda fase del proyecto con algunas ciudades, administraciones locales y el mundo académico para alinear esfuerzos y asegurar una estrategia duradera para mejorar la calidad del aire. Esta participación permitió coordinar acciones y lograr resultados sostenibles en el proyecto.

## 2. Capacidades heterogéneas en los gobiernos locales

Las lecciones de la implementación piloto inicial en Chile se tuvieron en cuenta al desarrollar el marco para otros países sudamericanos. Incluían métodos eficaces de comunicación y procedimientos para instalar sensores. Sin embargo, cada realidad trajo diferencias en los procedimientos y tiempos debido a las capacidades, colaboraciones y recursos municipales, afectando

los plazos del proyecto. El alcance ampliado de Aires Nuevos destaca la importancia de habilidades de gestión. El compromiso de los equipos municipales y académicos, junto con la receptividad ciudadana, fueron criterios críticos para priorizar actividades.

### 3. Centrarse en ciudades con relaciones sólidas entre los gobiernos locales y el mundo académico

Las ciudades con relaciones más sólidas entre el equipo central de Aires Nuevos, los gobiernos locales y el mundo académico se seleccionaron para implementar acciones de bajo costo que disminuyan la exposición a contaminantes del aire, sirviendo como **proyectos piloto**. Estas seis

ciudades recibieron asistencia técnica y recursos financieros. Las demás ciudades participantes también recibieron apoyo en cuanto a formación, informes de datos, materiales y orientaciones, a la espera de financiamiento adicional para replicar el modelo en esos lugares.

### 4. Construir capacidades en acción climática en distintos actores

La sostenibilidad y replicabilidad del modelo de Aires Nuevos están asociados a la construcción de capacidades de los gobiernos locales y la sociedad civil.

Los recursos educativos desde Aires Nuevos, como cursos en línea y materiales formativos, actualizan el conocimiento sobre calidad del aire en distintos municipios, y los benefician con mayor conocimiento para una permanencia en el tiempo del tema de aire.

Los actores involucrados se apropian del tema mediante el análisis de la información de los monitores. Acceden a la plataforma de datos y se capacitan en habilidades de análisis para una comunicación efectiva con las comunidades

Aprovechar el conocimiento y habilidades de los actores involucrados, y así promover el aprendizaje multisectorial a través de reuniones, webinars y talleres con profesores, gobiernos locales y representantes comunitarios.



Capacitación a Profesores en Escuela Lo Velasquez, Renca, Chile.

## 5. La participación de los ciudadanos y los niños en el proyecto

Aires Nuevos considera fundamental establecer relaciones de confianza y promover el trabajo en equipo en las comunidades locales. Aunque los municipios y las instituciones educativas han estado involucrados desde el principio, la participación activa de los ciudadanos ha sido más desafiante de lo esperado. Esto se debe, en parte, a las limitaciones prácticas impuestas por la pandemia y al enfoque inicial en la consolidación de la red, que incluía acuerdos, instalación de monitores y análisis de datos comparables. Como resultado, la conexión con las comunidades locales en la fase 1 tomó más tiempo del previsto.

En la Fase 2 de Aires Nuevos se dio prioridad a las iniciativas sobre calidad del aire dirigidas por el gobierno local, la formación ciudadana sobre el terreno y la participación de la comunidad en la identificación, el diseño y la ejecución de acciones. Se determinó que era necesario intensificar una campaña para informar a las comunidades sobre problemas medioambientales, de calidad del aire y de salud, centrándose en lo importante que es que los niños jueguen al aire libre con aire limpio.



Obra de teatro "Cuidemos el aire" en Jardín Infantil Papelucho, Casablanca, Chile.

## 6. Contexto pandemia

La pandemia COVID-19 impactó en la planificación de actividades, pero también presentó una oportunidad para establecer relaciones significativas de manera más eficiente. La instalación de sensores en varias ciudades se retrasó debido a temas electorales y restricciones de confinamiento, incluyendo el cierre de centros educativos. Además, durante tiempos de crisis, la atención de los gobiernos y las instituciones locales se centró menos en la calidad del aire debido a emergencias sanitarias y sociales.

Debido a la naturaleza endémica de esta pandemia, es esencial conectar las contribuciones del proyecto con los procesos de recuperación post-pandémica, ampliando nuestras perspectivas sobre la revitalización económica local, la planificación comunitaria y los programas de bienestar infantil. Desde este punto de vista, Aires Nuevos pretende apoyar las respuestas post-pandémicas que cada territorio quiera promover.



Instalación de Monitor en jardín Pequeños Pasitos de Viña del Mar Chile (marzo, 2022).

## 7. Escenarios políticos

La política a nivel nacional y local es un desafío para un proyecto como Aires Nuevos debido a la alta rotación de los funcionarios municipales. Se ha buscado involucrar a la mayor cantidad de dirigentes locales y presentar a los investigadores de la red para mantener la continuidad a pesar de los cambios políticos. La sostenibilidad del proyecto a lo largo del tiempo depende de

su flexibilidad y de su capacidad para dar a sus objetivos un lugar destacado en los debates locales más allá de los ciclos políticos. Esto representa una oportunidad para promover agendas interpartidistas. Además, el impacto tangible del proyecto en la vida de los niños ayuda a reducir la desconfianza política hacia las nuevas autoridades.

## 8. La importancia de la visibilidad de diversas acciones de Aires Nuevos

Trabajar en una red que visibiliza la calidad del aire fomenta la apropiación e impulsa otras acciones que amplían el proyecto. Esto demuestra que al proporcionar capacidades, información y recursos, los participantes de la red aprovechan la oportunidad y aumentan el valor de sus operaciones. Ejemplos de ello son:



→ **Aprendizaje en los territorios:** El proyecto científico comunitario de Aires Nuevos en la Universidad de la República, Uruguay. Se trata de una de las unidades curriculares del Curso Introdutorio de Ciencias de la Salud de la Universidad de la República de Uruguay, impartido por la Dra. Amalia Laborde, líder de la red Convergencia de Acción, y el Dr. Sergio Machado. Como parte del curso, realizaron un estudio sobre los conocimientos que los alumnos y la comunidad tienen sobre la calidad del aire y sus efectos en la salud. Utilizaron parte de nuestros materiales educativos e informes de datos para evidenciar los problemas de contaminación atmosférica.



→ De calidad de aire y salud infantil fue incluido en un nuevo Libro de **Ciencias para la Ciudadana** para estudiantes destinado al plan de estudios nacional de Chile. Este es el resultado de la colaboración entre Aires Nuevos con el Centro de Acción Climática PUCV y el Centro de Investigación en Didáctica de las Ciencias y Educación STEM, Chile. Es un libro con más de 10 docentes de ciencias como co-autores, los cuales colaboraron desde diferentes regiones del país, aportando sus miradas territoriales. Fue piloteado por más de 40 profesores de Chile y es un aporte en educación medioambiental y científica desde una mirada reflexiva y centrada en la acción.



→ La **información científica** obtenida a partir de las mediciones se utiliza como fundamento para influir en la política y desarrollar políticas públicas que promuevan un aire de calidad, especialmente en la etapa temprana de la vida. Este conocimiento acumulado fue utilizado en dos ocasiones durante el proceso constituyente en Chile, donde se planteó el acceso a un aire limpio como un derecho humano a lo largo de todo el ciclo de vida.

## Crecimiento y sustentabilidad



La sostenibilidad a largo plazo de la red depende de las voluntades políticas y personales que la impulsaron desde su creación. Para promover su continuidad es necesario:

- Establecer **alianzas con organizaciones afines** fortalece áreas en las que los equipos bases de los gobiernos locales tienen menos experiencia y conocimientos, contribuyendo así a su desarrollo y dirección.
- Asegurar **puntos focales en áreas de intervención** permite dar continuidad a los proyectos y cubrir posibles vacíos causados por rotaciones de equipos en los países involucrados.
- Fomentar encuentros periódicos entre sectores y equipos **promueve la colaboración, comparte avances y supera obstáculos**, facilitando la coordinación y el éxito de los proyectos.
- **Diversificar áreas de postulación a financiamientos** que se concentren en temas transversales como es el caso de salud urbana, derechos humanos de infancias, educación ambiental, legislación y normativas.
- Realizar intervenciones pilotos de impacto reducido para ir probando el modelo de acción, la dinámica de los equipos, y las colaboraciones entre partes.

## Abriendo puertas



Aires Nuevos surgió como una iniciativa de la sociedad civil con el propósito de salvaguardar el bienestar y desarrollo infantil en los entornos de juego y aprendizaje. A través de la generación de información de calidad de aire y la definición de un estándar de calidad de vida infantil en términos de la implementación de acciones locales basadas en datos, se busca catalizar un cambio significativo.

Al trazar una hoja de ruta con el firme propósito de materializar el lema "Medir para Actuar", hemos creado una red que ha permitido una colaboración de individuos y voluntades que han impulsado el proyecto hacia logros significativos que superaron las expectativas iniciales.

El enfoque es abordar la contaminación del aire con un énfasis en la protección de la salud humana contribuye a fortalecer el capital humano necesario para afrontar la crisis climática global. Sin embargo, para lograrlo, es imperativo contar con un aumento en la inversión nacional e internacional destinada a la actualización de las

normativas de calidad del aire y a la implementación de un sistema de fiscalización efectivo.

Estas inversiones, junto con una colaboración efectiva con las agendas vinculadas al desarrollo sostenible y el cambio climático, abren la puerta para promover políticas públicas que contribuyan al avance en la protección infantil contra los impactos de la contaminación del aire. Esta amenaza, que constituye la principal causa ambiental de enfermedades y mortalidad prematura en todo el mundo, demanda acciones concretas y políticas transformadoras en pro de un futuro más saludable y sostenible para las generaciones venideras.

"Aires Nuevos" representa un compromiso en esta dirección, y aspiramos a que surjan numerosas iniciativas similares que fomenten una respuesta ágil y resultados efectivos. Estas acciones son vitales para preparar a las sociedades frente al cambio climático y preservar el bienestar global que tiene su origen en el bienestar de la niñez. .

## Referencias



- [1] Landrigan, P. J., et al. (2018). The Lancet Commission on pollution and health. The Lancet, 391(10119), p. 462-512.  
[https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(17\)32345-0/fulltext?ref=prendi-il-controllo-della-tua-salute#back-bib23](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(17)32345-0/fulltext?ref=prendi-il-controllo-della-tua-salute#back-bib23)
- [2] State of Global Air. (2019). How Clean is Your Air? PM2.5 Exposure. Retrieved.  
<https://www.stateofglobalair.org/air/pm#:~:text=explore%20the%20data,-PM2.5%20Exposure,other%20human%20and%20natural%20sources.&text=PM2.5%20exposures%20are%20highest,Africa%2C%20and%20the%20Middle%20East>
- [3] World Health Organization (2022). Ambient (outdoor) air pollution: Key Facts.  
[https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health?gclid=Cj0KCQjwoeemBhCfARIsADR2QCsnN6oWNo3bhHcac6Yc1AvdJ1ZAVbuNId61\\_1HHUrmOwmk-8gUddkaAkZFEALw\\_wcB](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health?gclid=Cj0KCQjwoeemBhCfARIsADR2QCsnN6oWNo3bhHcac6Yc1AvdJ1ZAVbuNId61_1HHUrmOwmk-8gUddkaAkZFEALw_wcB)
- [4] Organización Mundial de la Salud (2018). Nueve de cada diez personas de todo el mundo respiran aire contaminado. Comunicado de prensa.  
<https://www.who.int/es/news/item/02-05-2018-9-out-of-10-people-worldwide-breathe-polluted-air-but-more-countries-are-taking-action>
- [5] Global Burden of Disease Collaborative Network. Global Burden of Disease Study 2019 (GBD 2019) Particulate Matter Risk Curves. Seattle, United States of America: Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME), 2021.
- [6] Manisalidis I, Stavropoulou E, Stavropoulos A, Bezirtzoglou E. Environmental and Health Impacts of Air Pollution: A Review. Front Public Health. 2020 Feb 20;8:14.  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7044178/>
- [7] Caballero, P. (2015). Cinco razones para actuar ahora y acabar con la contaminación. Banco Mundial Blogs.  
<https://blogs.worldbank.org/es/voices/cinco-razones-para-actuar-ahora-y-acabar-con-la-contaminacion>
- [8] Organización Panamericana de la Salud. (2022). Miles de millones de personas siguen respirando aire insalubre: nuevos datos de la OMS.  
<https://www.paho.org/es/noticias/4-4-2022-miles-millones-personas-siguen-respirando-aire-insalubre-nuevos-datos-oms>

[9] World Bank (2022). The Global Health Cost of PM2.5 Air Pollution: A Case for Action Beyond 2021. International Development in Focus. Washington, DC: World Bank.

<http://hdl.handle.net/10986/36501>

[10] World Health Organization. (2018). Air pollution and child health: prescribing clean air. (WHO/CED/PHE/18.01). Geneva, Switzerland: World Health Organization.

<https://www.who.int/publications/i/item/WHO-CED-PHE-18-01>

[11] Odo, D. (2022) Ambient air pollution and acute respiratory infection in children aged under 5 years living in 35 developing countries. *Environment International*. Volume 159, 15 January 2022, 107019

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412021006449>

[12] Binter, A.-C., Kusters, M. S. W., van den Dries, M., Alonso, L., Lubczyńska, M., et al. (2022). Air pollution, white matter microstructure, and brain volumes: Periods of susceptibility from pregnancy to preadolescence. *Environmental Pollution*, 313, 120109.

<https://hal.science/hal-03810561v1/preview/hal-03810561.pdf>

[13] Liu, B., Fang, X., Strodl, E., He, G., Ruan, Z., Wang, X., Liu, L., & Chen, W. (2022). Fetal Exposure to Air Pollution in Late Pregnancy Significantly Increases ADHD-Risk Behavior in Early Childhood. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(17), 10482.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36078201/>

[14] Ni, Y., Loftus, C. T., Szpiro, A. A., Young, M. T., Hazlehurst, M. F., Murphy, L. E., Tylavsky, F. A., Mason, W. A., LeWinn, K. Z., Sathyanarayana, S., Barrett, E. S., Bush, N. R., & Karr, C. J. (Year). Associations of Pre- and Postnatal Air Pollution Exposures with Child Behavioral Problems and Cognitive Performance: A U.S. Multi-Cohort Study. *Environmental Health Perspectives*, 130 (6).

<https://ehp.niehs.nih.gov/doi/10.1289/EHP10248>

[15] Chen, H., Kwong, J. C., Copes, R., Hystad, P., van Donkelaar, A., Tu, K., Brook, J. R., Goldberg, M.S., Martin, R. V., Murray, B. J., Wilton, A. S., Kopp, A., & Burnett, R. T. (2017). Exposure to ambient air pollution and the incidence of dementia: A population-based cohort study. *Environment International*, 108, 271-277.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28917207/>

[16] Lin, C. K., Chang, Y. T., Lee, F. S., Chen, S. T., & Christiani, D. (2021). Association between exposure to ambient particulate matters and risks of autism spectrum disorder in children: a systematic review and exposure-response meta-analysis. *Environmental Research Letters*, 16(6).

<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/abfcf7>

[17] World Health Organization (2020). Air pollution: Our world in data - Outdoor air pollution: GRD, Visualisation tool, CEPAL.

<https://ourworldindata.org/air-pollution>

[18] Fairburn, J., Schüle, S. A., Dreger, S., Hilt, L. K., & Bolte, G. (2019). Social Inequalities in Exposure to Ambient Air Pollution: A Systematic Review in the WHO European Region. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(17), 3127.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31466272/>

[19] World Health Organization. (2018). Air pollution and child health: prescribing clean air. (WHO/CED/PHE/18.01). Geneva, Switzerland: World Health Organization.

<https://www.who.int/publications/i/item/WHO-CED-PHE-18-01>

[20] Lelieveld, J., Evans, J., Fnais, M., et al. (2015). The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale. *Nature*, 525, 367–371.

<https://www.nature.com/articles/nature15371>

[21] Aithal, S. S., Sachdeva, I., & Kurmi, O. P. (2023). Air quality and respiratory health in children. *Breathe (Sheff)*, 19(2), 230040.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10292770/>

[22] Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF). (2021). Calidad del aire: ¡Es el momento de actuar! Panamá, República de Panamá.

<https://www.unicef.org/lac/media/27856/file/Calidad-del-aire-es-el-momento-de-actuar.pdf>

[23] CEPALSTAT. (2023). Principales cifras de América Latina y el Caribe. Bases de Datos y Publicaciones Estadísticas. Naciones Unidas. Recuperado de

<https://statistics.cepal.org/portal/cepalstat/index.html?lang=es>

[24] Organización Mundial de la Salud. (2018). Más del 90% de los niños del mundo respiran aire tóxico a diario. Comunicado de prensa. Ginebra.

<https://www.who.int/es/news/item/29-10-2018-more-than-90-of-the-world%E2%80%99s-children-breathe-toxic-air-every-day>

[25] World Bank (2022). The Global Health Cost of PM2.5 Air Pollution: A Case for Action Beyond 2021. *International Development in Focus*. Washington, DC: World Bank.

<http://hdl.handle.net/10986/36501>

[26] Hartinger, S. M., Yglesias-González, M., Blanco-Villafuerte, L., Palmeiro-Silva, Y. K., Lescano, A. G., Stewart-Ibarra, A., & et al. (2023). The 2022 South America report of The Lancet Countdown on health and climate change: Trust the science. Now that we know, we must act. *Countdown*, 20, 100470.

[https://www.thelancet.com/journals/lanam/article/PIIS2667-193X\(23\)00044-3/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lanam/article/PIIS2667-193X(23)00044-3/fulltext)

[27] United Nations Environment Programme (2021). Actions on Air Quality in Latin America and the Caribbean – Executive Summary.

<https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/36699>

[28] Naciones Unidas (2018), La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe (LC/G.2681-P/Rev.3), Santiago.

[https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141_es.pdf)

[29] Observatorio Chileno de Salud Pública (OCHISAP).

<https://www.ochisap.cl/condiciones-de-salud-en-grupos-de-poblacion/?start=1>

## Figuras

---

[1 y 2] Elaboración propia.

[3] Guerrero, G., et al. (2022). Ciencias para la ciudadanía: Ambiente y Sustentabilidad. p. 58.

[4] National Park Service. Where Does Air Pollution Come From?

<https://www.nps.gov/subjects/air/sources.htm>

Instituto Nacional de Salud Pública, México. Contaminación del Aire y Salud.

<https://www.insp.mx/infografias/contaminacion-aire-salud.html>

[5] Organización Mundial de la Salud

<https://www.who.int/es/campaigns/world-health-day/2022/campaign-toolkit>

[6] IQAir.

<https://www.iqair.com/mx/newsroom/merv-13-vs-nanomax>

[7] Bové, H., Bongaerts, E., Slenders, E., et al. (2019). Ambient black carbon particles reach the fetal side of human placenta. Nature Communications, 10, 3866.

<https://www.nature.com/articles/s41467-019-11654-3>

[8] European Environment Agency. Air Pollution and Children's Health.

<https://www.eea.europa.eu/publications/air-pollution-and-childrens-health>

[9] Smith, R (2012). Respiratory System Anatomical and Physiological differences between adults and children.

[10] World Health Organization (2020). Air pollution: Our world in data - Outdoor air pollution: GRD, Visualisation tool, CEPAL.

<https://ourworldindata.org/air-pollution>

[11] Lelieveld, J., et al., (2015). The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale.

European Environment Agency.

[12] United Nations Environment Programme (2021). Actions on Air Quality in Latin America and the Caribbean – Executive Summary.

<https://wedocs.unep.org/20.500.11822/36699>.

[13] IQAir. World Air Quality Report (2021).

<https://www.iqair.com/world-most-polluted-cities/world-air-quality-report-2021-en.pdf>

[14] United States Environmental Protection Agency. A Guide to Siting and Installing Air Sensors

<https://www.epa.gov/air-sensor-toolbox/guide-siting-and-installing-air-sensors>

[15, 16, 17 y 18] Elaboración propia.

[19] Copera Infancia Perú.

<https://coperainfanciaperu.com/2021/07/06/mortalidad-infantil-peru-causada-contaminacion-aire/>

[20, 21 y 22] Municipalidad Metropolitana de Lima.

