

Impacto de la contaminación atmosférica y la temperatura ambiental en la salud infantil: un enfoque desde el exposoma

Diana Marín. PhD – en nombre del equipo PROMESA
Profesora Escuela de Ciencias de la Salud
Universidad Pontificia Bolivariana



Supported by:



El conocimiento
es de todos

Minciencias



PROcedencia del **M**aterial particulado y **E**fecto en la **SA**lud de los niños

2019 - 2024



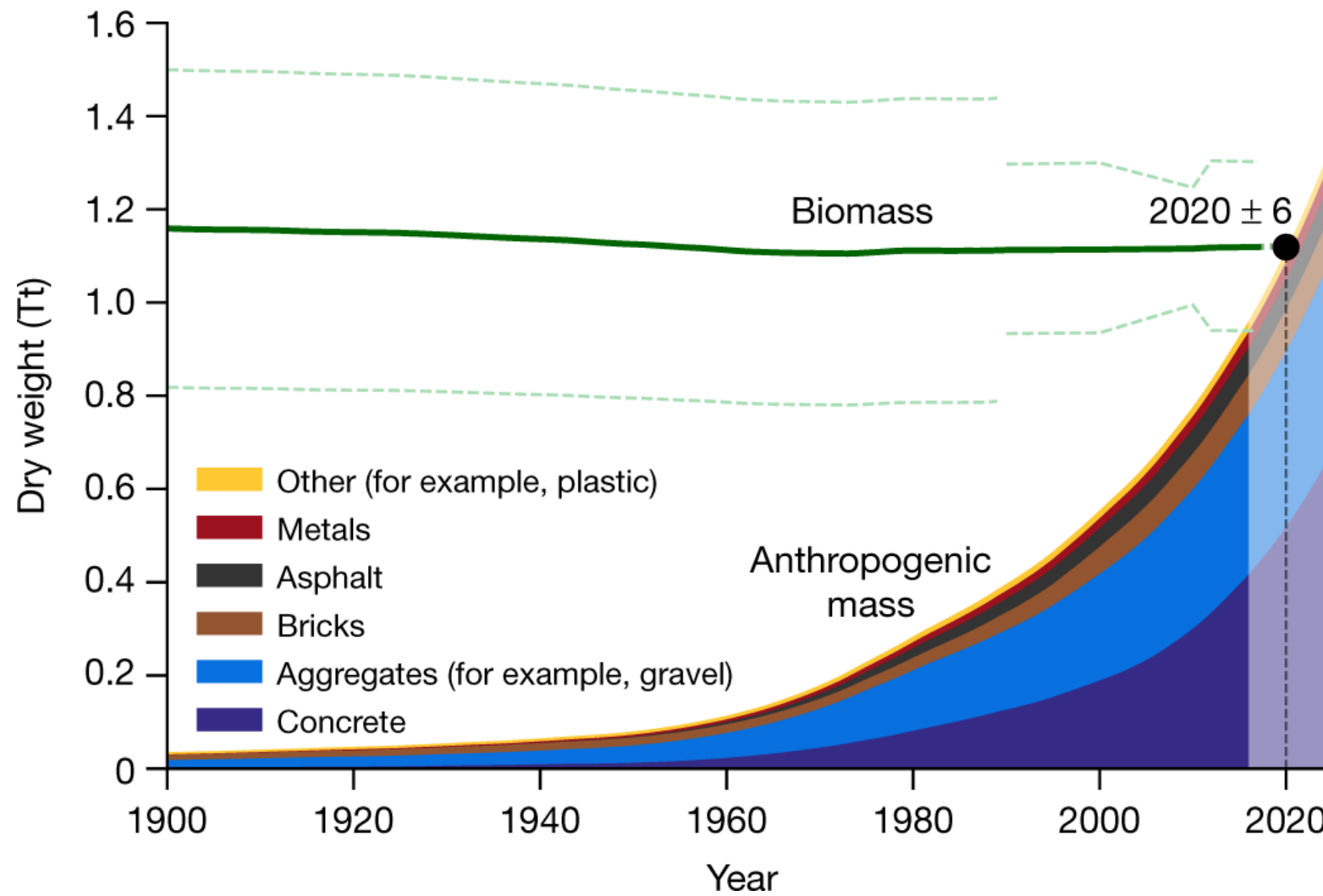
■ **Contexto**

1. **Alertas** por mala calidad del aire del 2016
2. Evidencia de **efectos clínicos** que ocurren desde la **gestación**
3. **Efectos biológicos** antes de que ocurra la enfermedad
4. Necesidad de evaluar la **toxicidad** de la partícula
5. Incorporar el enfoque de **exposoma**
6. Posición de la **ciudadanía**

>60% de la morbilidad se debe a causas ambientales

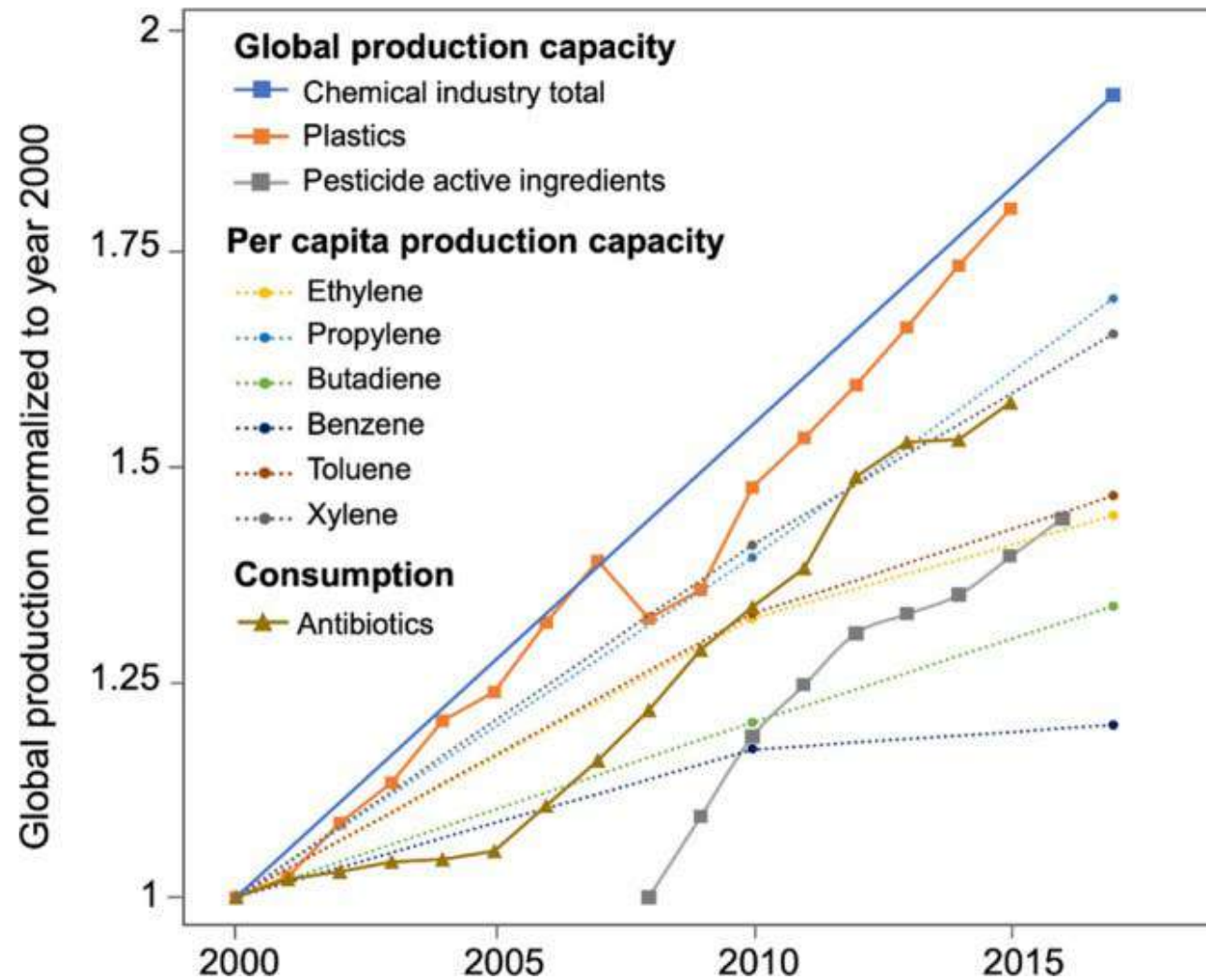
Si bien los contaminantes del aire son los más estudiados, hay otras exposiciones también importantes.





THE CHALLENGE

Elhacham et al Nature | Vol 588 | 17 December 2020

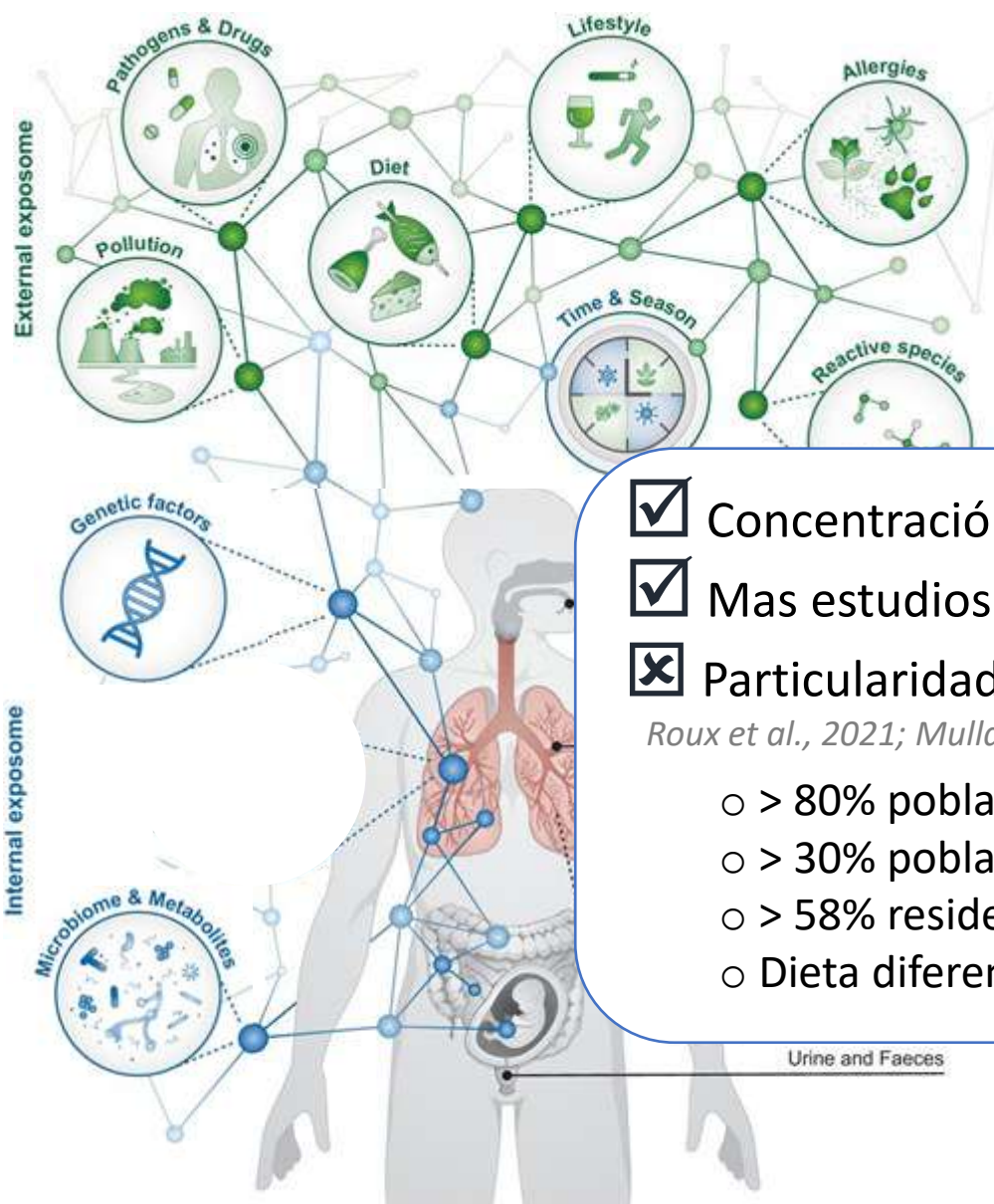


THE CHALLENGE

Persson et al. Outside the Safe Operating Space of the Planetary Boundary for Novel Entities. [Environ Sci Technol](#). 2022 Feb 1; 56(3): 1510–1521.

El exposoma: un enfoque “reciente” en investigación ambiental

Totalidad de todas las exposiciones desde la gestación en adelante (Wild 2005)



- ☒ Concentración de estudios en 14 países *Haddad et al 2019*
- ☒ Mas estudios de exposoma en adultos
- ☒ Particularidades de Latino America (LA) *Diez Roux et al., 2021; Bilal et al., 2019; Diez Roux et al., 2021; Mullachery et al., 2022; Gouveia et al., 2021*
 - > 80% población vive en entornos urbanos
 - > 30% población vive en la pobreza
 - > 58% reside en áreas de la ciudad con niveles PM_{2.5} excediendo niveles OMS
 - Dieta diferente, acceso a espacios verdes y determinantes sociales

2025, Science)

<https://www.science.org/doi/10.1126/science.adr0544>

Exposoma: integración + transdisciplinariedad

Ecosystems

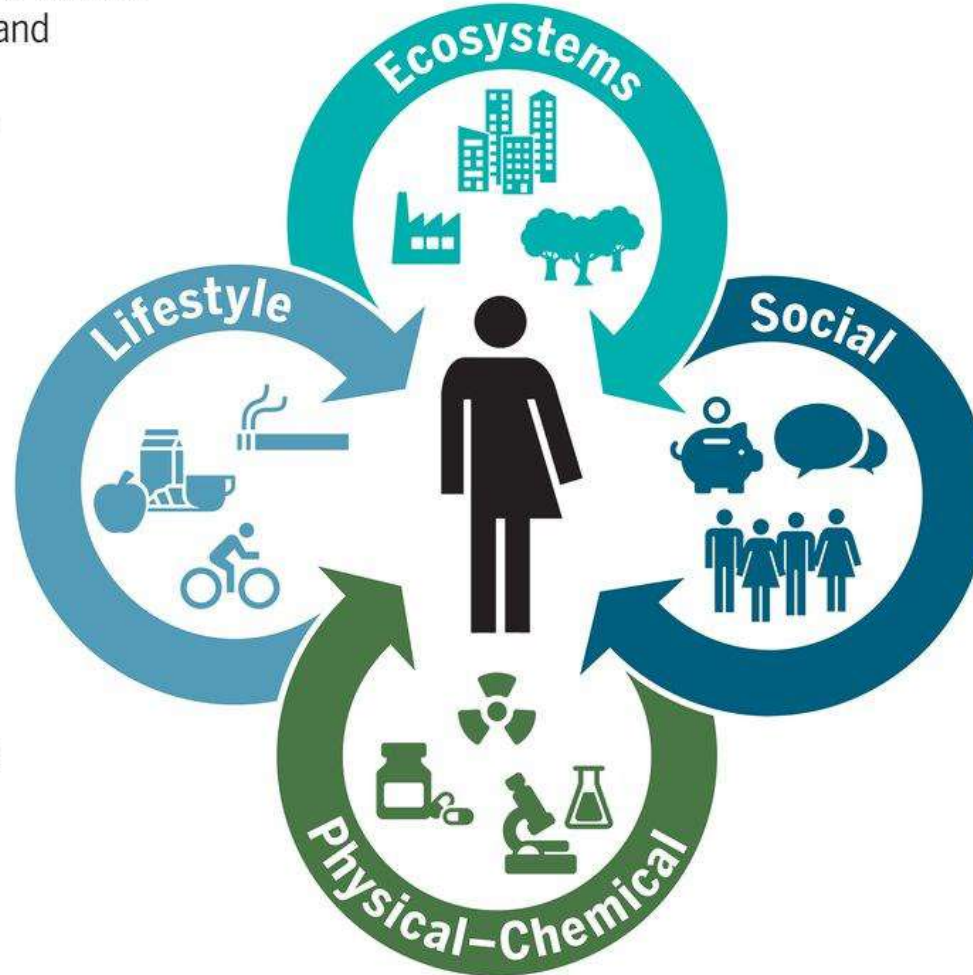
Food outlets, alcohol outlets
Built environment and
urban land uses
Population density
Walkability
Green/blue space

Lifestyle

Physical activity
Sleep behavior
Diet
Drug use
Smoking
Alcohol use

Social

Household income
Inequality
Social capital
Social networks
Cultural norms
Cultural capital
Psychological and mental stress



Physical-Chemical

Temperature/humidity
Electromagnetic fields
Ambient light
Odor and noise
Point, line sources, e.g.,
factories, ports
Outdoor and indoor air
pollution
Agricultural activities,
livestock
Pollen/mold/fungus
Pesticides
Fragrance products
Flame retardants (PBDEs)
Persistent organic pollutants
Plastic and plasticizers
Food contaminants
Soil contaminants
Drinking water contamination
Groundwater contamination
Surface water contamination
Occupational exposures

En PROMESA tuvimos 4 líneas de trabajo

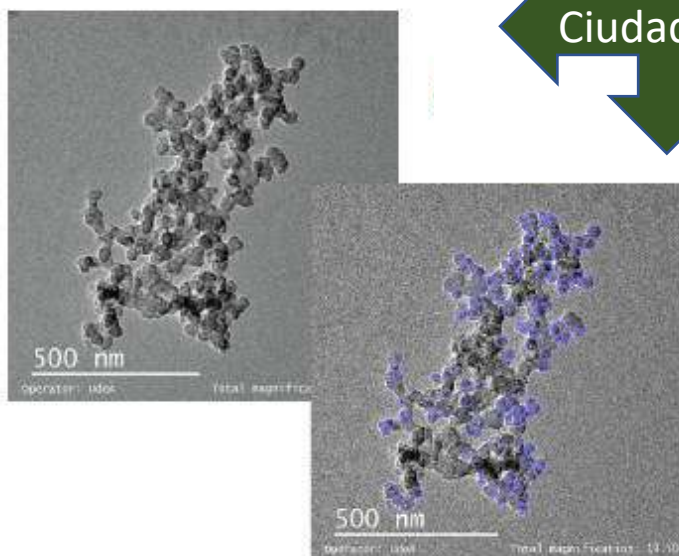
1. Exposiciones ambientales y enfermedades respiratorias en niños menores de 5



2. Daño en el material genético como



3. Características químicas, morfológicas y genotóxicas del material particulado



Ciudadanía

4. Desarrollo de estaciones de bajo costo para medir calidad del aire





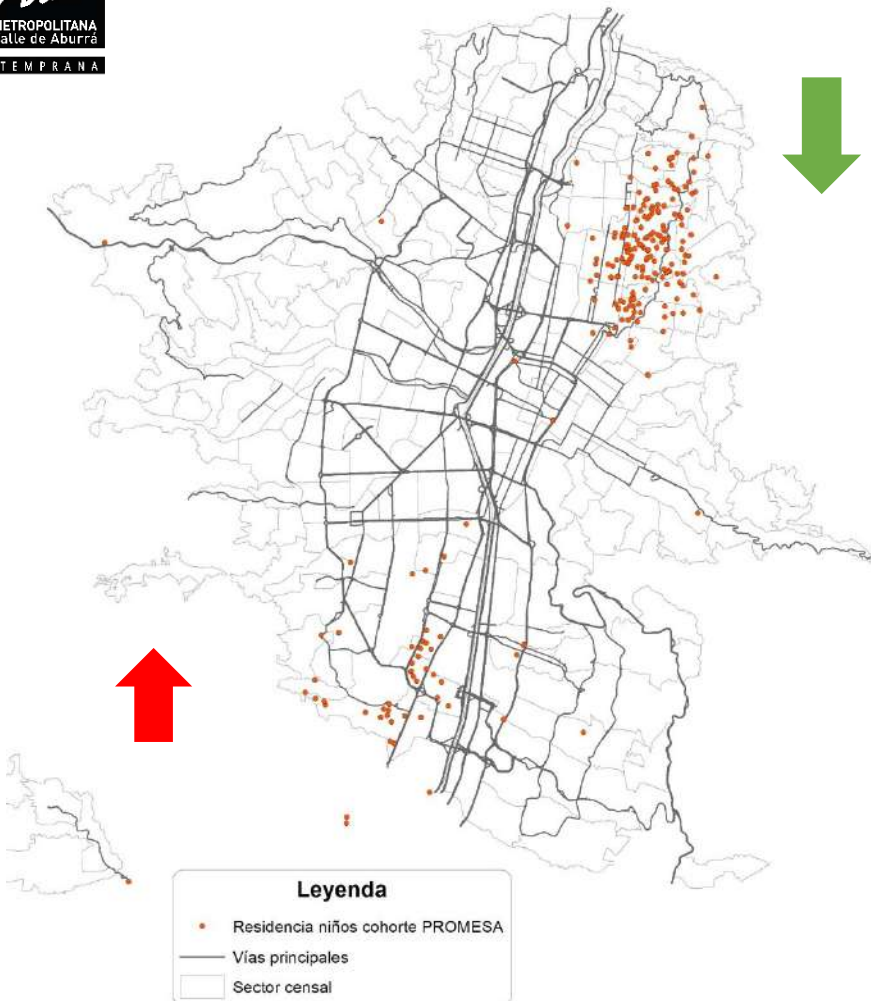
Línea 1 - objetivo: Determinar la prevalencia e incidencia de asma e infecciones respiratorias agudas en niños menores de 5 años y su asociación con exposiciones ambientales.

¿Cuáles exposiciones ambientales se asocian con la presencia de estas enfermedades?

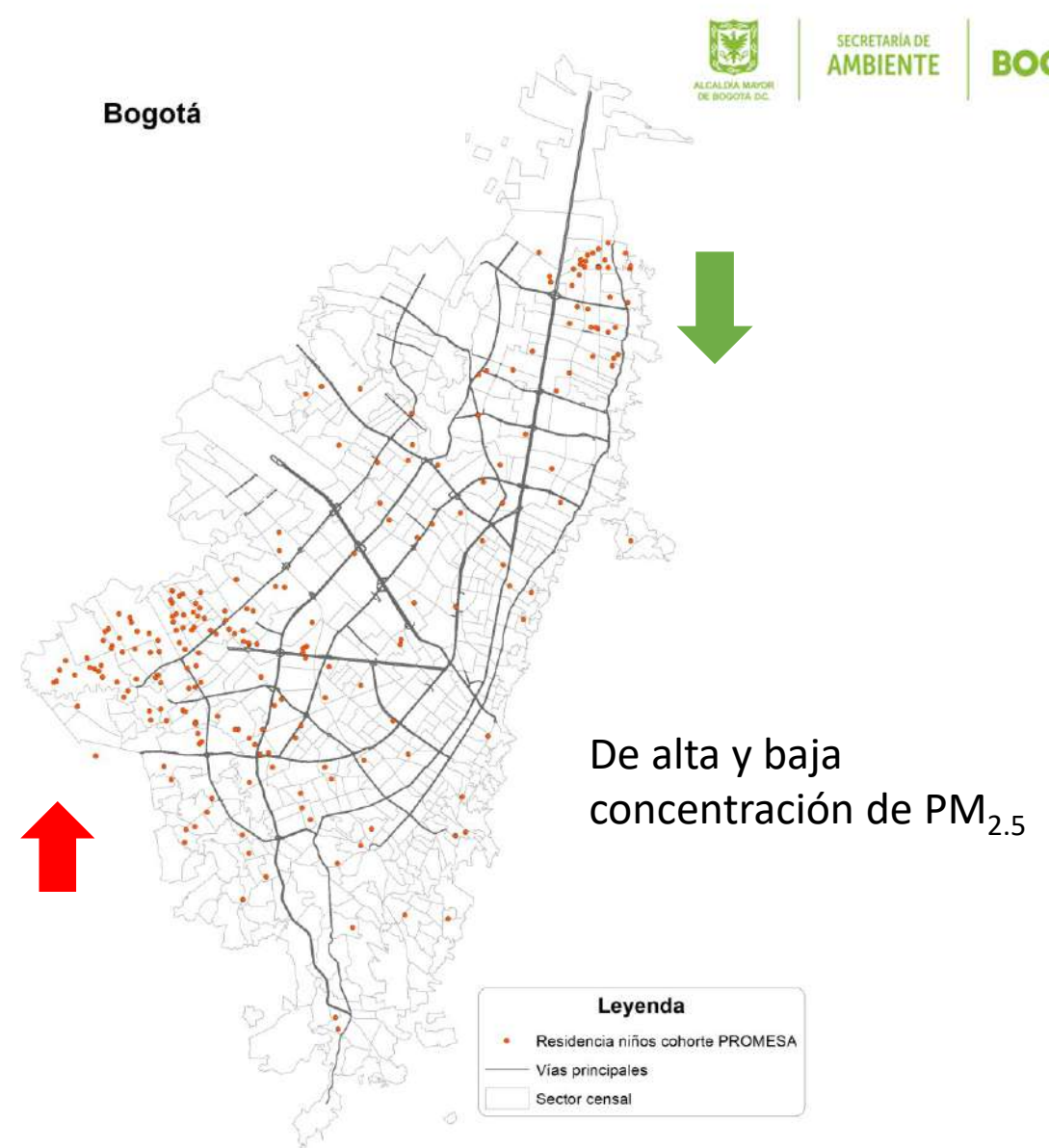
Seleccionamos dos zonas en cada ciudad



Medellín



Bogotá



SECRETARÍA DE
AMBIENTE



Exposoma: fuente de datos



NASA satellite



HELIX BUILDING THE EARLY-LIFE EXPOSOME

Environmental exposures

DATOS ABIERTOS
BOGOTÁ

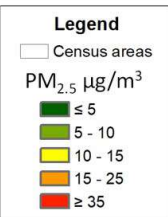
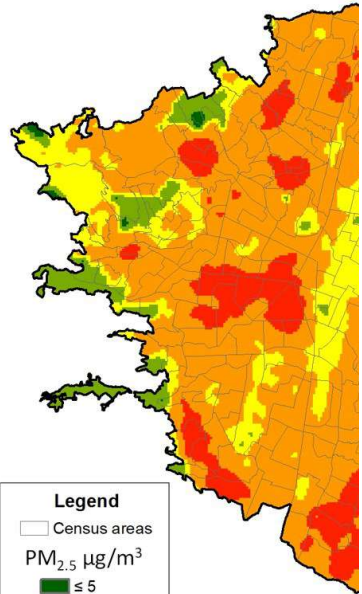
Alcaldía de Medellín
Centro de Ciencia, Tecnología e Innovación

Geo
Medellín

Environmental Research 252 (2024) 118913

Modelo LUR p

Medellín



Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

Environmental Research

journal homepage: www.elsevier.com/locate/envres



Early-life external exposome in children 2–5 years old in Colombia

Diana Marín^{a,*}, Xavier Basagaña^{b,c,d}, Ferney Amaya^e, Luis Miguel Aristizábal^e, Diego Alejandro Muñoz^f, Alan Domínguez^{b,c,d}, Francisco Molina^g, Carlos Daniel Ramos^g, Ricardo Morales-Betancourt^h, Roberto Hincapié^e, Laura Rodríguez-Villamizarⁱ, Yurley Rojas^j, Olga Morales^{k,l}, Martha Cuellar^{k,m}, Andrea Corredorⁿ, Milena Villamil-Osorio^o, María Alejandra Bejarano^p, Dolly Vidal^q, Diana M. Narváez^r, Helena Groot^r, Juan José Builes^s, Lucelly López^a, Enrique Antonio Henao^t, Verónica Lopera^t, Luis Jorge Hernández^u, Shrikant I. Bangdiwala^{v,w}, Beatriz Marín-Ochoa^x, Ana Isabel Oviedo^e, Oscar Eduardo Sánchez-García^e, María Victoria Toro^e, Will Riaño^{a,k}, Zulma Vanessa Rueda^{a,y}

0 0.75 1.5 3 Kilometers



0 2.5 5 10 Kilometers



construcción

Colombia LUR models. *Rodriguez-Villamizar L et al., 2023*

Table 1. Overview of the exposure variables included in PROMESA



NASA satellite



GIS



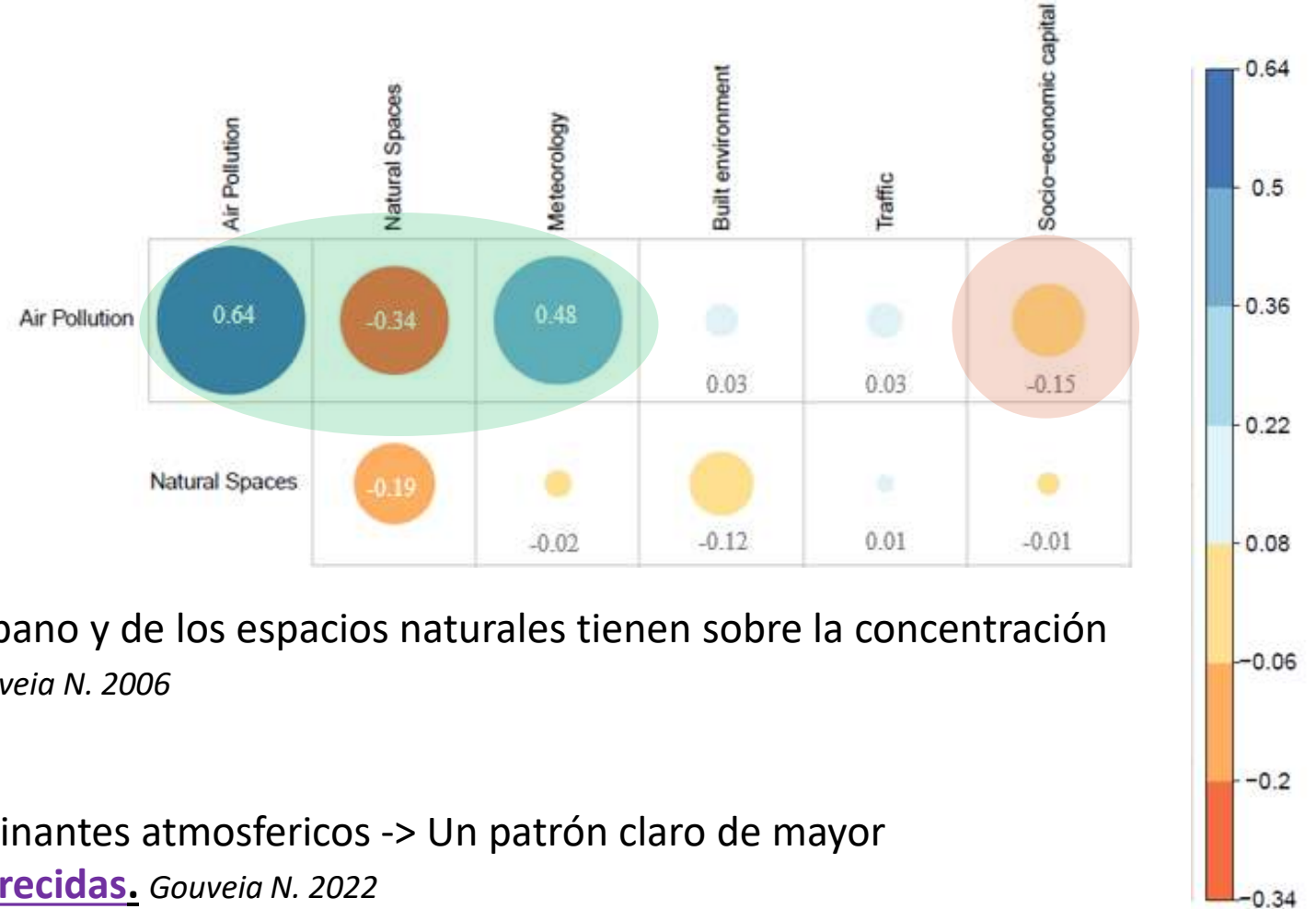
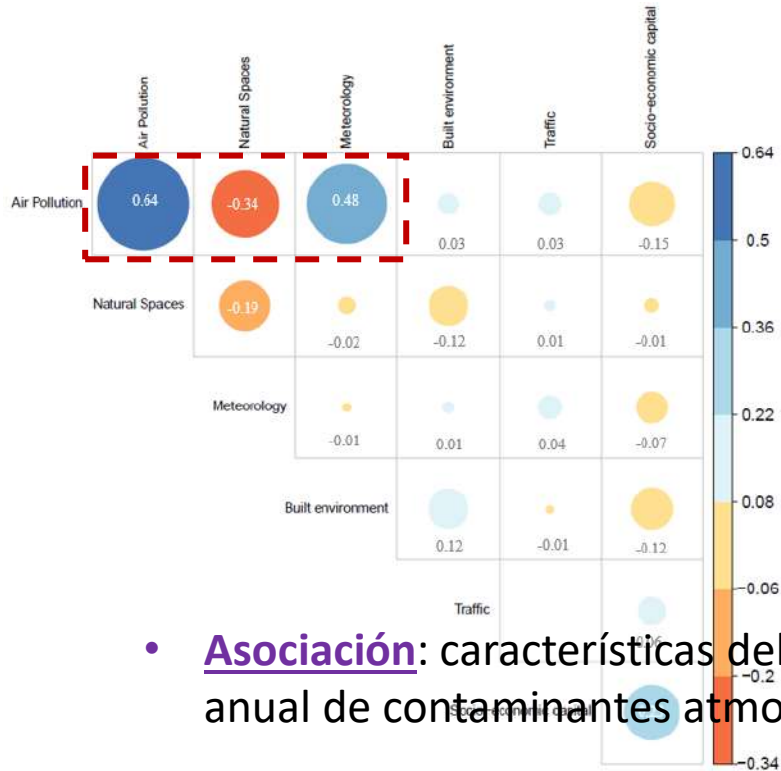
Environmental exposures



Exposure family	Individual exposure variables	Number of variables	
		Pregnancy	Childhood
Atmospheric pollutants	NO ₂ , PM _{2.5} at home address. Averaged over pregnancy, first year of life, childhood cumulative exposure, one-year before, one-month before, one week before and lags (0-6 days) before cohort onset.	8	38
Natural spaces	Average Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) within a 100m buffer, presence of a major green space in a distance of 300 m, presence of a major blue space in a distance of 300 m. At home during pregnancy, first year of life and year before cohort onset.	9	18
Meteorology	Temperature (minimum, mean, maximum), humidity and pressure at home address. At home during pregnancy, first year of life, one month before and lags (0-5 days) before cohort onset.	12	27
Built Environment	Population density, building density, street connectivity, access to bus public transport (lines and stops), facilities density, facility richness, Land Use Evenness Index and walkability index in 300m buffer. At home during pregnancy, first year of life and year before cohort onset.	15	29
Traffic	Inverse distance to nearest road. At home during pregnancy, first year of life and year before cohort onset.	2	4
Indoor exposure	Total cleaning products, kitchen extractor fan, curtains, carpets, exposure to mold, rodents, cockroaches, constructions roads and factories at 100m home, house reconstructions.	0	14
Lifestyle	Diet, dogs, cats and birds at home.	0	26
Socio-economic capital	Vulnerability index, multidimensional poverty index, family affluence score (FAS), family income, perceived stress scale, crowding at home, social capital: family and friend, social participation.	2	15

Abbreviations used: NO₂, nitrogen dioxide; PM_{2.5}, particulate matter with an aerodynamic diameter of < 2.5 µm; NDVI: Average Normalized Difference Vegetation Index

Contaminación del aire, espacios naturales, meteorología y entorno construido deben ser **estudiadas conjuntamente**.



- **Asociación**: características del entorno urbano y de los espacios naturales tienen sobre la concentración anual de contaminantes atmosféricos. *Gouveia N. 2006*
- **Desigualdades** en la exposición a contaminantes atmosféricos -> Un patrón claro de mayor exposición en áreas **socialmente desfavorecidas**. *Gouveia N. 2022*

Primer año de vida



1. **Disminución** de la exposición a contaminantes atmosféricos y

Para la autoridad ambiental:

Se deben promover los espacios verdes al interior de los barrios

Estudiamos 506 niños de 2 a 4 años -> expandidos a 6957 niños

Evaluación por neumólogas pediátras

Los niños tuvieron valoración gratuita por neumología pediátrica. Se siguieron por un año (mensualmente) por enfermería y por las especialistas (dos veces más).



Evaluación por enfermeras

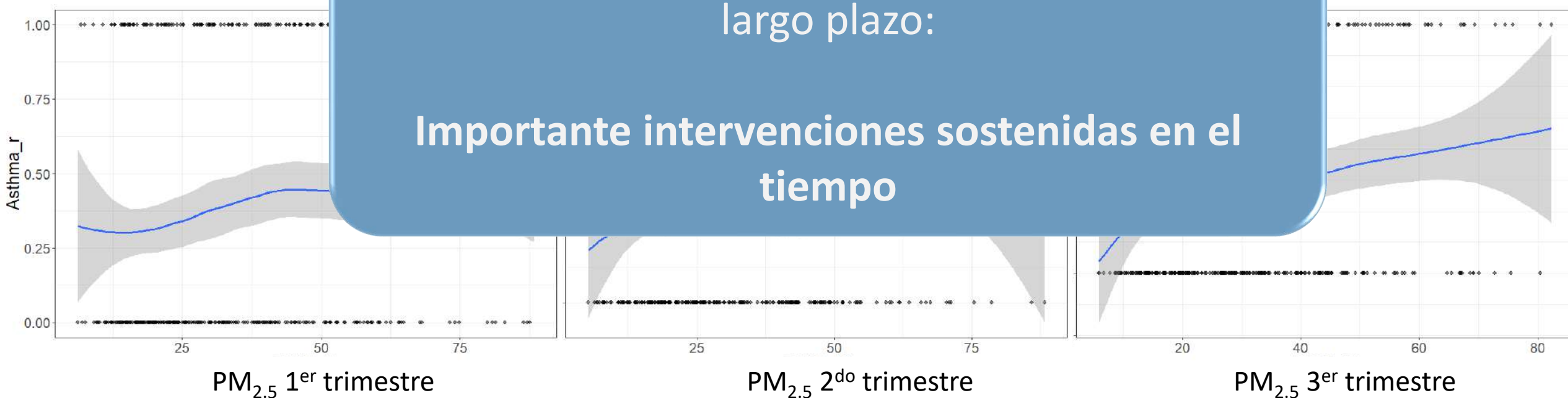


Riesgo de asma en niños de 2-4 años según exposición gestacional a $PM_{2.5}$

El riesgo de desarrollar asma durante la infancia está asociado con la exposición **durante el embarazo:**

No solo hay efectos a corto plazo sino también a largo plazo:

Importante intervenciones sostenidas en el tiempo



Exposición temprana a contaminantes del aire y dietas pobres incrementan el riesgo de IRA a largo plazo en niños

Niños de 2 a 4 años

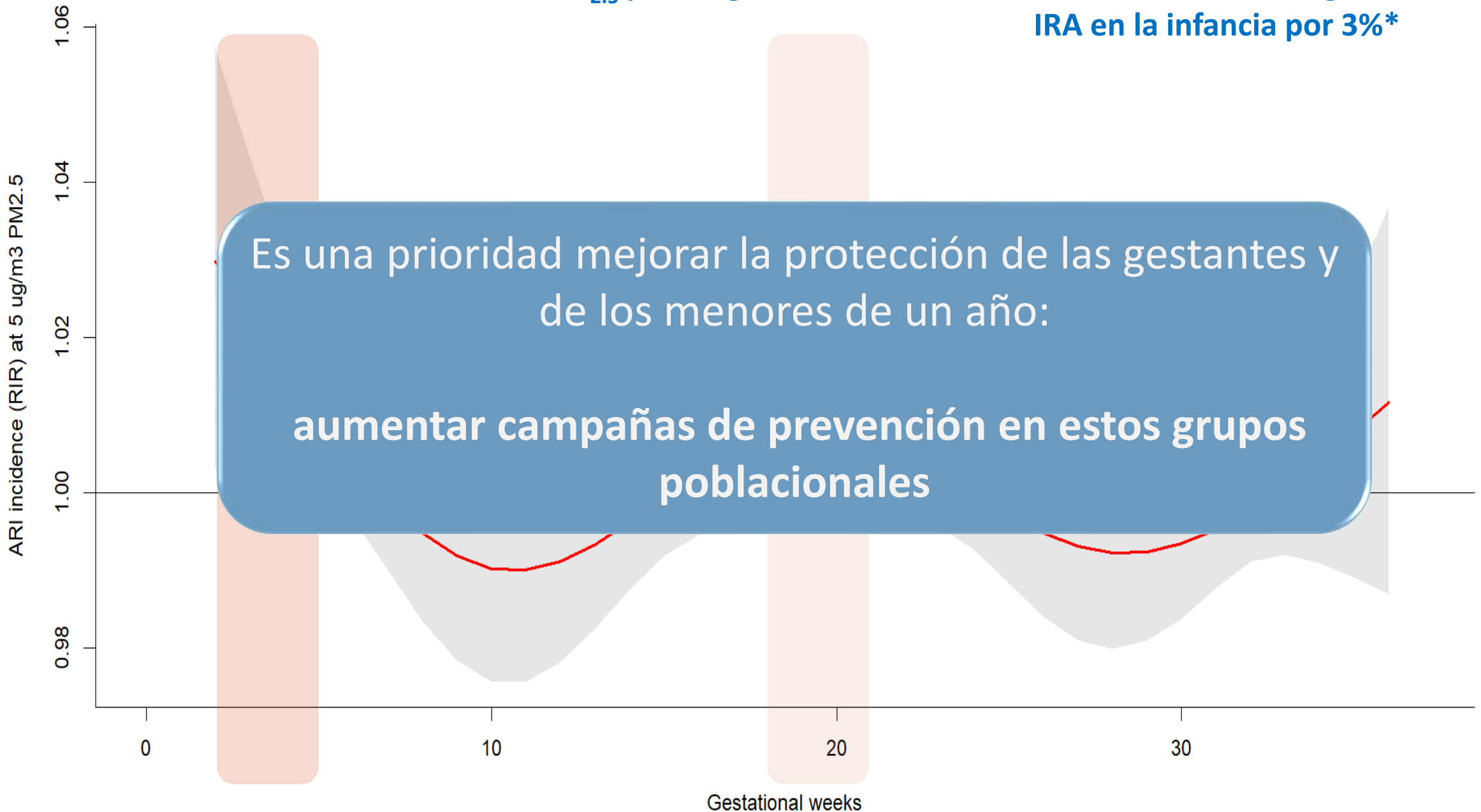
		Por incremento de 22 µg/m ³ en PM _{2.5}	Por consumo semanal de 3 frutas	Por consumo semanal de 2 porc. carnes procesadas
Indoor exposures. <i>Lanata C, pp 179–214, 2008</i> Acute effects of air pollution. <i>Cheng J, 2021; Horne BD et al., 2018</i> Association with PM_{2.5} 1.12 (1.03, 1.30). <i>Mehta S et al., 2011</i>	Prevalencia IRA aRP* (IC95%)	1er año de vida 1.10 (1.01 – 1.20)	0.97 (0.96 – 0.99)	1.03 (1.00 – 1.06)
	Incidencia IRA ¹ aRIR* (IC95%)	Gestación 1.21 (1.05 – 1.39)	0.96 (0.93 – 0.99)	1.06 (1.01 – 1.11)

¹ Relative Incidence Ratio estimated with weighted Poisson regression and those variables selected by ExWAS

* Adjusted by zone of exposure, city, age, breast feeding, older sibling, maternal education, environmental tobacco smoke, delivery mode, gestational age, body mass index z-score, birthweight, + maternal atopy-asthma and paternal asthma.

28

El incremento acumulado en $\text{PM}_{2.5}$ por 5 ug/m^3 durante embarazo incrementa el riesgo de IRA en la infancia por 3%*



*Weighted Poisson regression model within the framework of distributed lag nonlinear modeling (DLNM): risk $\rightarrow$ timing and intensity to $\text{PM}_{2.5}$

Existen factores de riesgo modificables a nivel individual y mediante políticas públicas que podrían prevenir asma, rinitis e IRA

Razón de prevalencias, IC95%: Asma, Rinitis, Infecciones Respiratorias Agudas



Estilos de vida

Perros en casa
Cereales, frutas, vegetales
Gaseosas, jugos artificiales, Dulces



Interior: hogar



Capital social



Espacios naturales



Contaminantes aire



Meteorología



Ambiente urbano



Tráfico

Se requieren intervenciones en múltiples niveles y el papel de la autoridad ambiental es clave:

Calidad de aire – Cambio climático – Planeación urbana

0,8 1,0 1,2 1,4 1,6 1,8 2,0 2,2 2,4 2,6 2,8

Disminuye
prevalencia

Aumenta
prevalencia



Línea 2 - Objetivo: Identificar genes de susceptibilidad y asociarlos con la prevalencia e incidencia de biomarcadores de exposición y genotoxicidad en niños menores de 5 años.

¿ Cuáles exposiciones ambientales se asocian con daño en el ADN? ¿Los genes cambian esa asociación?

Sistemas de vigilancia de efectos ambientales



Primera
generación

Síntomas, morbilidad, mortalidad y discapacidad. **Fuentes secundarias**

Segunda
generación

+ estilos de vida y/o biomarcadores.
Poblaciones vulnerables

Tercera
generación

+ monitoreo genético y uso de epigenética.
Seguimiento individual

Encontramos mayor daño en el ADN en los niños de Medellín y en aquellos que además tenían asma



Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Environment International

journal homepage: www.elsevier.com/locate/envint

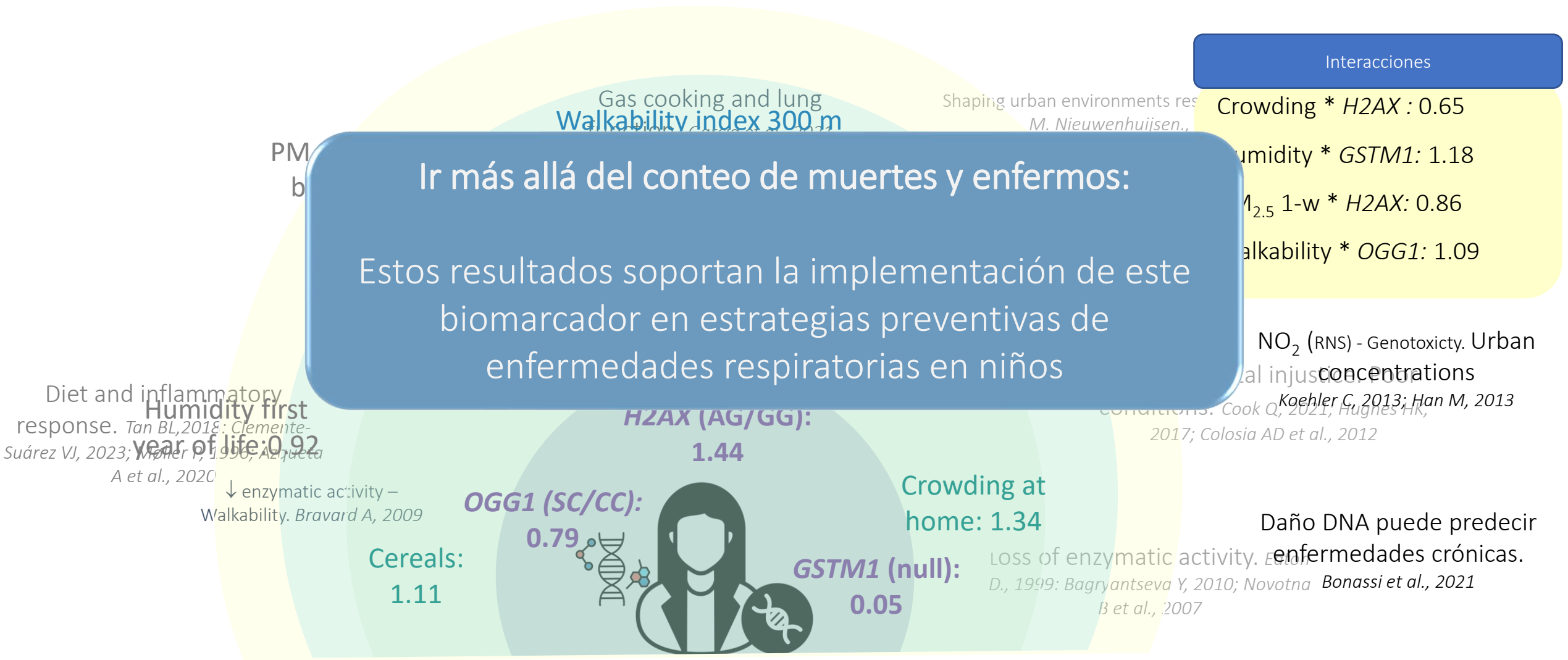


Full length article

DNA damage and its association with early-life exposome: Gene-environment analysis in Colombian children under five years old

Diana Marín ^{a,1,*}, Diana M. Narváez ^{b,1}, Anamaría Sierra ^b, Juan Sebastián Molina ^b, Isabel Ortiz ^c, Juan José Builes ^d, Olga Morales ^e, Martha Cuellar ^f, Andrea Corredor ^g, Milena Villamil-Osorio ^h, María Alejandra Bejarano ⁱ, Dolly Vidal ^j, Xavier Basagaña ^k, Augusto Anguita-Ruiz ^k, Leá Maitre ^k, Alan Domínguez ^k, Ana Valencia ^c, Julián Henao ^l, José Miguel Abad ^m, Verónica Lopera ⁿ, Ferney Amaya ^o, Luis M. Aristizábal ^o, Laura A. Rodríguez-Villamizar ^p, Carlos Ramos-Contreras ^q, Lucelly López ^a, Luis Jorge Hernández-Flórez ^r, Shrikant I. Bangdiwala ^{s,t}, Helena Groot ^b, Zulma Vanessa Rueda ^{a,u}

DNA damage is influenced by air pollution, lifestyles, indoor exposures, socioeconomic capital and genetic factors





Línea 3 - objetivo: Caracterizar la nanoestructura, morfología, composición química y efecto mutagénico y genotóxico in vitro del material particulado obtenido en cada ciudad.

¿Difieren las características de nanoestructura, morfología, composición química y efecto genotóxico in vitro del material particulado $PM_{2.5}$ en dos zonas y dos momentos distintos del año en Medellín y Bogotá?

En las dos zonas seleccionadas realizamos muestreos de PM_{2.5}

- En las zonas donde estudiamos los niños
- Durante dos semanas: Equipos Hi-Vol y Low-Vol
- Fechas de los muestreos: julio-agosto, 2021 - 2022
febrero-marzo, 2022- 2023

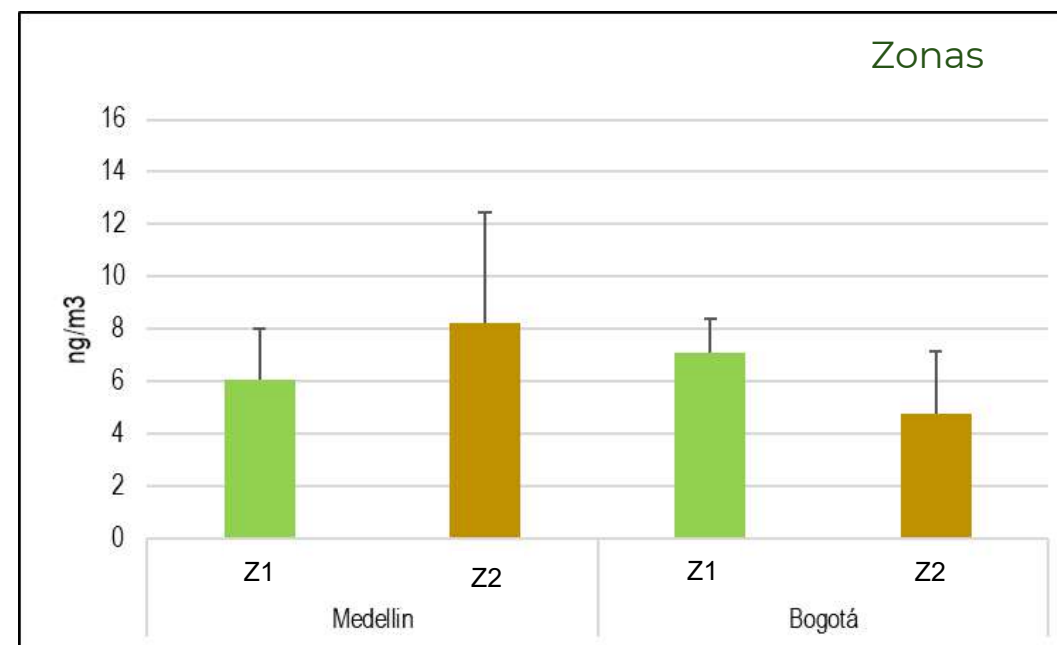
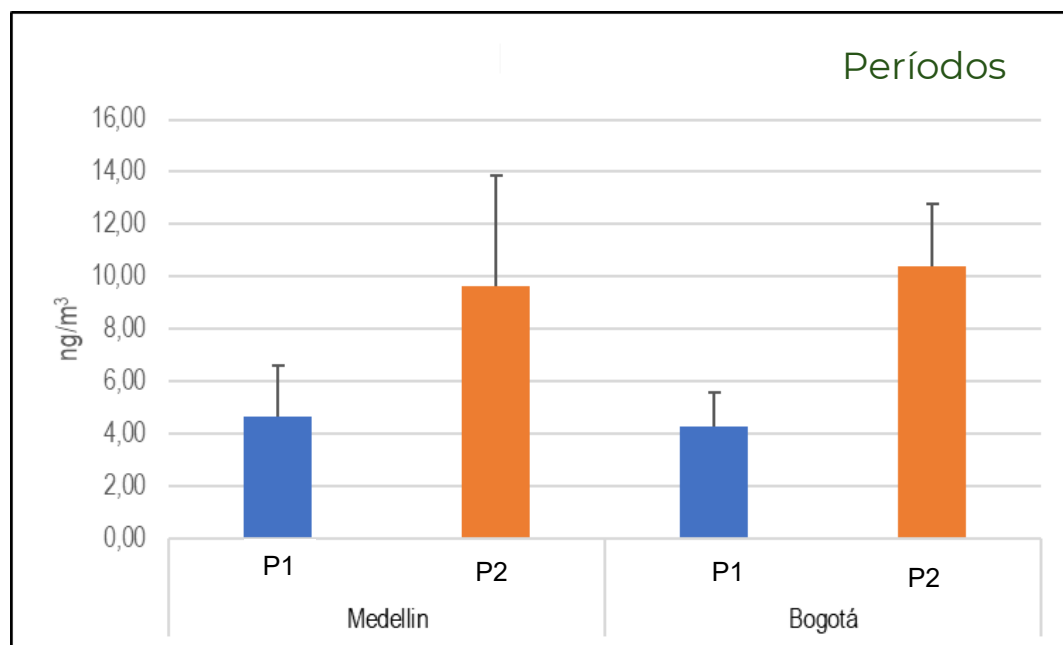
Tipo de análisis	Parámetros
Caracterización química	Al, Fe, Pb, Zn, Hg, Cl-; SO4, NO3, CE, OC
HAPs	NAP, ACY, ACE, FLU, PHE, ANT, FLT, PYR, BaA, CHR, BbF, BkF, BaP, DahA, IcdP, BghiP
Morfología	Análisis de espectrometría Raman Microscopía electrónica de transmisión (TEM)
Efecto In vitro	Mutagenicidad y genotoxicidad



Resultado más relevantes

No se evidencian diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre las concentraciones de HAPs evaluadas para las diferentes zonas en cada ciudad.

Comparación de concentraciones de HAPs por períodos y por zonas

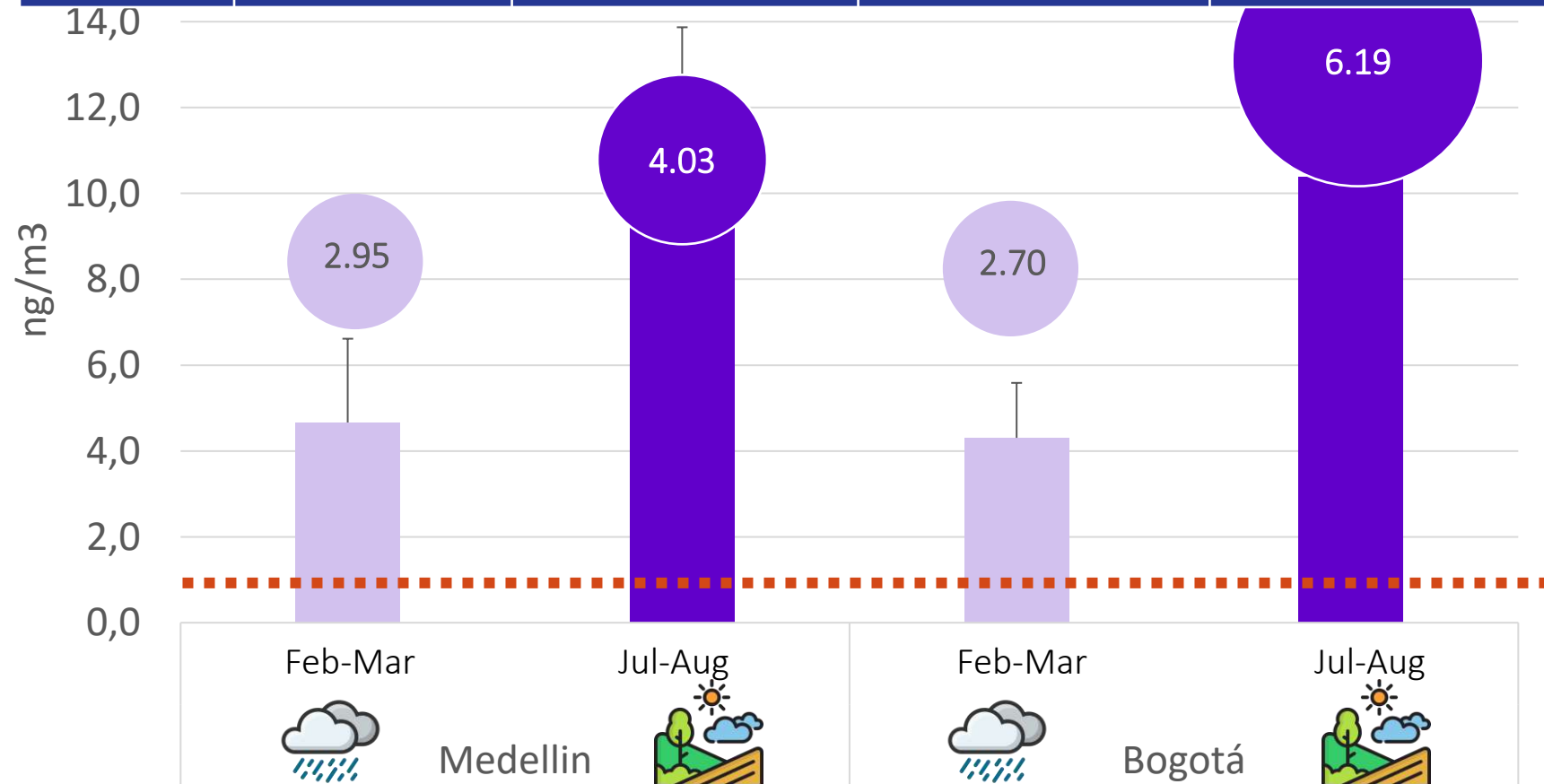
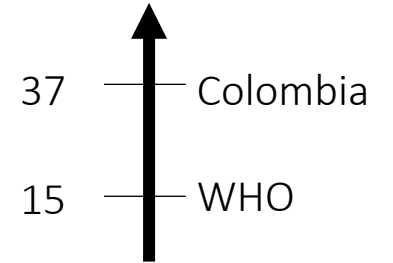


Muestreo de dos zonas en cada ciudad: **Tráfico- Industrial** (Z1) y **Residencial** (Z2) y en dos períodos: **febrero-marzo** (Período 1) y **julio-agosto** (período 2)

La concentración de masa está dentro de los límites, pero el PM_{2.5} es más tóxico

Corto-plazo (24-hour) AQG
Nivel para PM_{2.5} (ug/m³)

PM _{2.5} (ug/m ³)	Medellin		Bogota	
	Feb-Mar	Jun-Aug	Feb-Mar	Jun-Aug
Mean	17.4	14.9	18.2	14.6

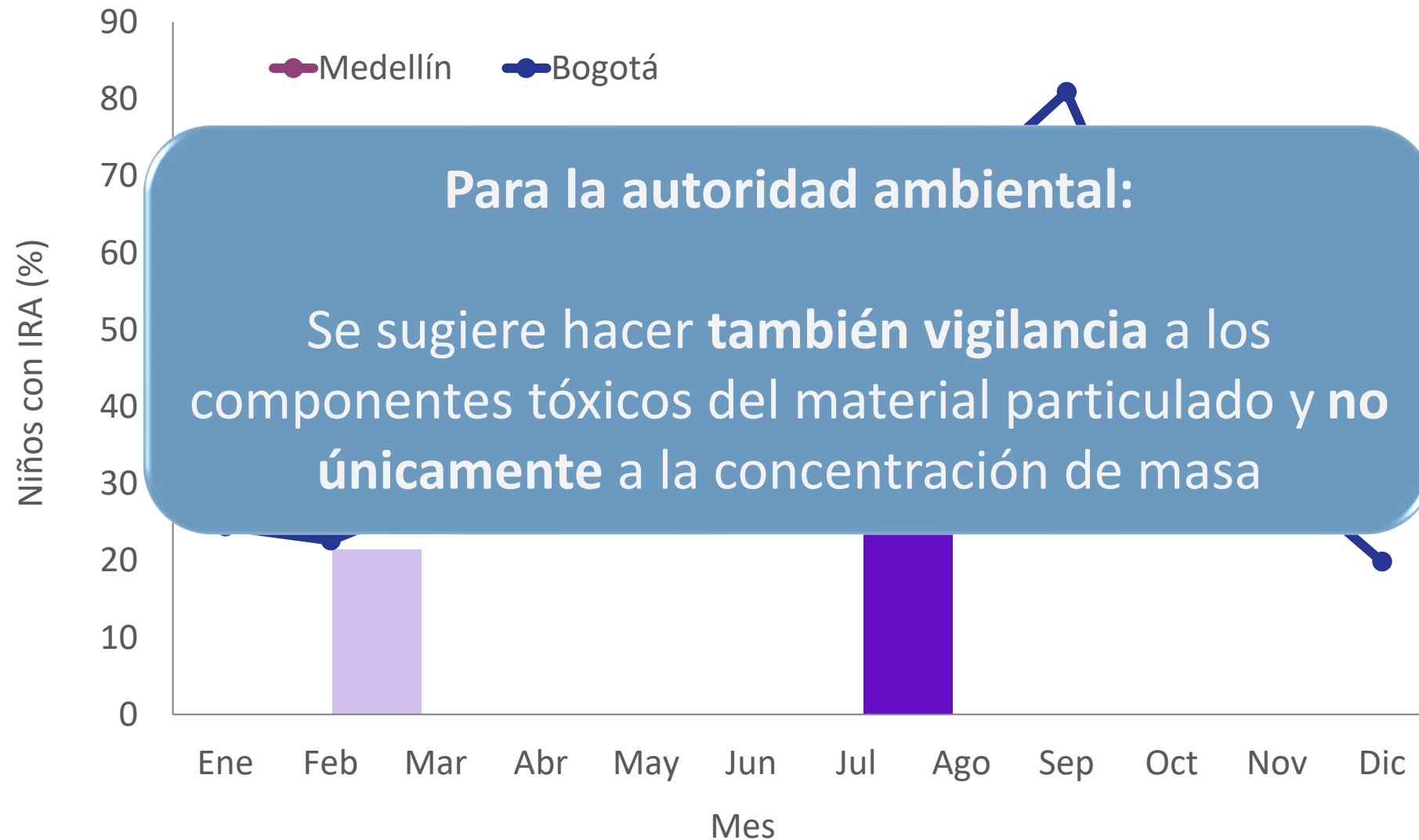


Estudios epidemiológicos:
0.65 µg/m³ to 3.9 µg/m³
Khreis H et al., 2017

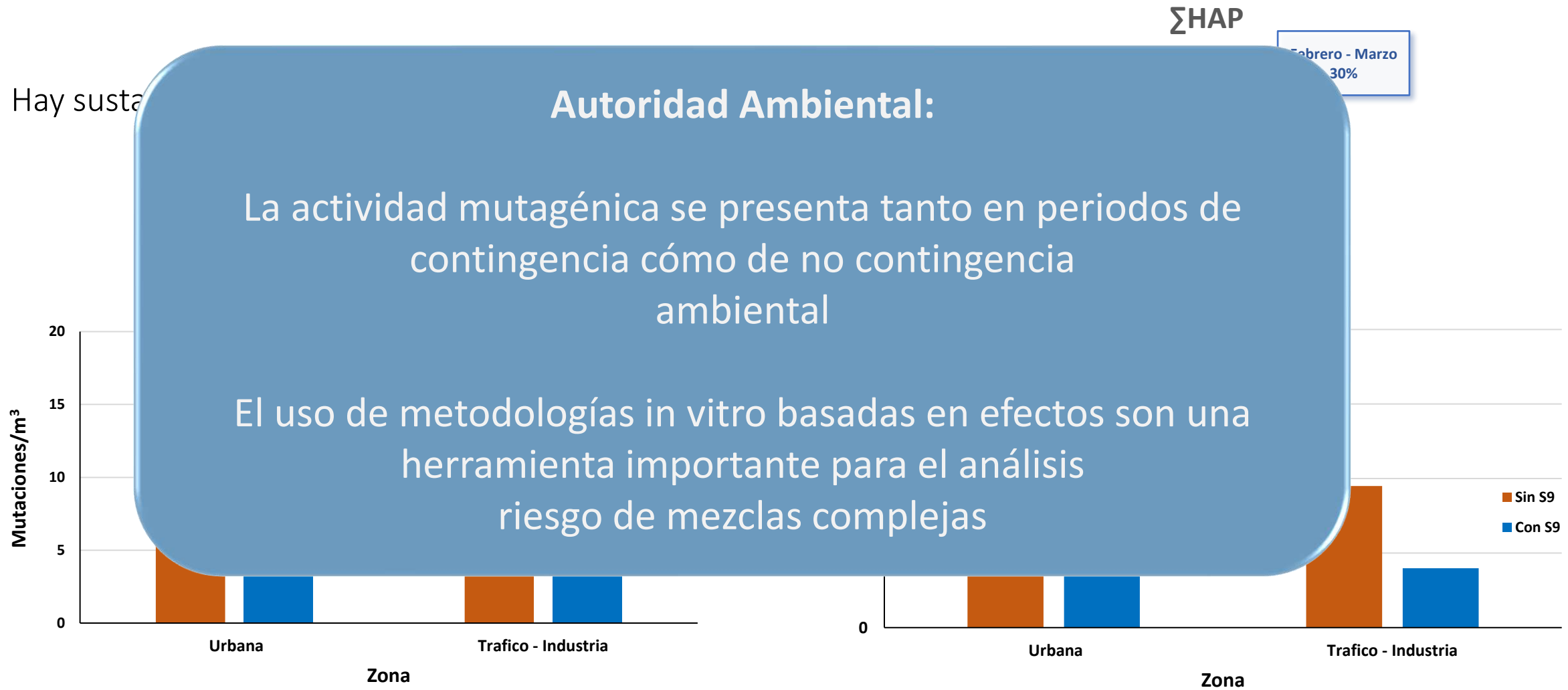
Asociación con desenlaces
en salud:
1.08–1.15 µg/m³
Luben H et al., 2017

Límite anual para
Colombia
1 ng/m³

Los picos de IRA coincidieron con los meses del año con mayor circulación de HAPs



Mutagenicidad del PM_{2.5} en Medellín



Muestreo de dos zonas en cada ciudad: **Tráfico- Industrial** (Z1) y **Residencial** (Z2) y en dos periodos: **febrero-marzo** (Período 1) y **julio-agosto** (período 2)



Línea 4 - objetivo: Desarrollar una Microred de sensores electrónicos con transmisión en tiempo real hacia una plataforma interoperable que permita la gestión, visualización y monitorización

¿Será posible tener una estación de monitoreo de bajo costo que mida también como las estaciones oficiales?



Proyectos de PROMESA

Comienza

Conoce

Decide

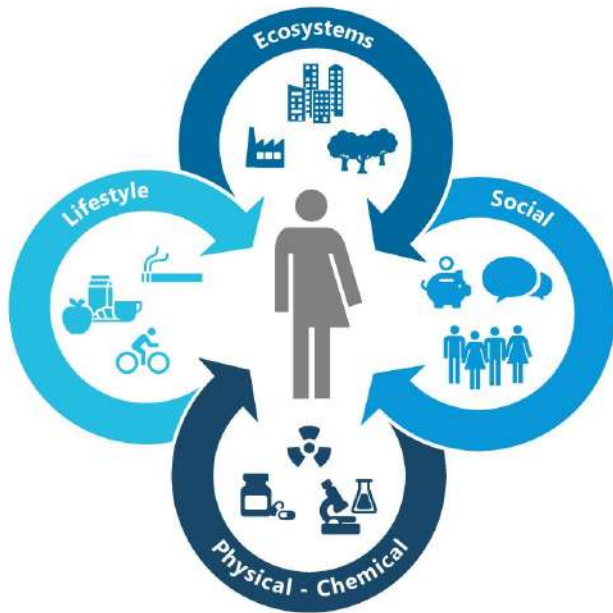
- Respira

Sana

Impacta

Contacta

PROYECTOS RESPIRA: Por un mejor aire



Exposoma

Factores ambientales que influyen en la salud



CAP

Conocimientos, actitudes y prácticas



UbicaMed

Proyectos ambientales escolares



Voces Ciudadanas

Agenda ciudadana para calidad del aire



Material particulado en el colegio: Experiencias de Proyecto Promesa con enfoque STEM



Como dijimos anteriormente, nuestro sensor o microcontrolador mide las partículas contaminantes que están en el aire que respiramos, por lo que podría ser de gran utilidad ya que, a través de los resultados que arroja, podríamos ser más conscientes de nuestro entorno y, a partir de eso, pensar en soluciones para disminuir los daños que la contaminación ocasiona y en especial estas partículas. Cada uno puede poner su grano de arena a través de pequeñas acciones, como movilizarse en bicicleta o caminando, plantar árboles y, sobre todo, concientizar a las personas de nuestro alrededor.

Este proyecto nos dejó grandes aprendizajes y experiencias. Realizarlo ayuda tanto al medio ambiente como a nosotros y, así, podemos empezar a tomar acciones para cuidar nuestra propia salud. Nos sentimos orgullosos de lo que logramos con este proyecto, pusimos a prueba nuestros saberes en ciencias y tecnología, y nos dejó aprendizajes significativos. Después de este proyecto mejoramos como equipo y como personas, ya que, pese a las dificultades que enfrentamos en el proceso, nos superamos y logramos los resultados deseados.

AUTORES Equipo A (JARMSV)

Anthonella Jaramillo Díaz
Valeria Muñoz Molina
Luisa Fernanda Arroyave García
Mateo Ramírez Arenas
Juan Sebastián Ávila Miranda
Anny Sofía Bermúdez Velázquez

Cartilla STEM PROMESA



Videojuego PROMESA



<https://clayvets.itch.io/ecopromesa>

Para computador

Formando-nos ciudadanos cultos, públicos y políticos para la vida

Proyectos ambientales

Nombre IE: Institución Educativa Federico Ángel PRAE

Carácter: Pública

Dirección: Cl. 132 Sur #44-93

Municipio: Caldas

Experiencia: PRAE muy significativo

Alumnos: 100

Profesores:

- Álvaro Fausto Peláez Escobar
- Viviana Ramírez
- Paula Valencia

Palab. clave:

- Mariposario
- Fauna

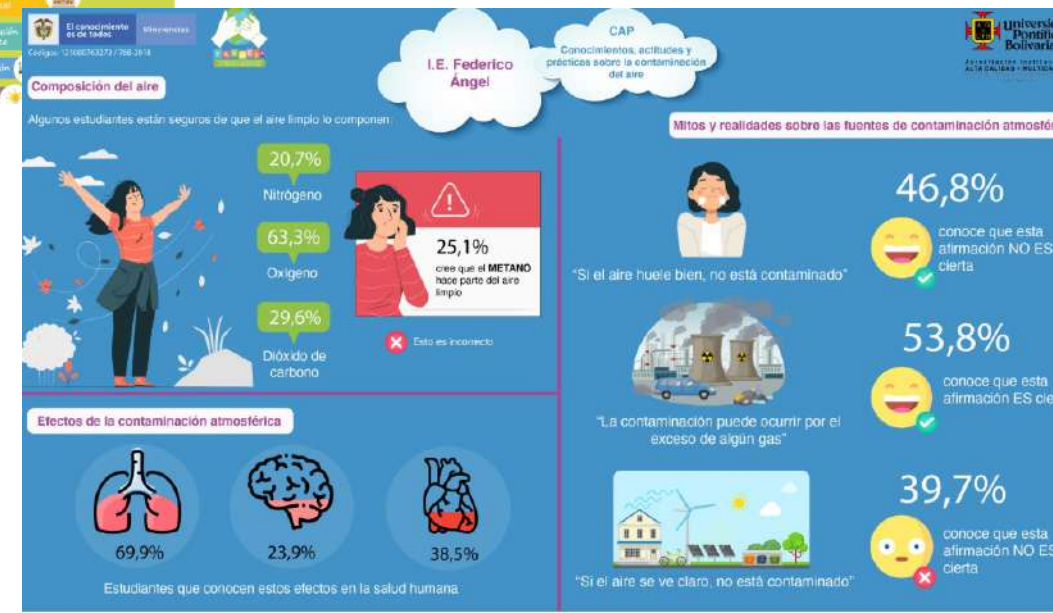
Problemáticas:

- Degradación del suelo
- Disminución progresiva de la biodiversidad
- Manejo inadecuado y contaminación del patrimonio hídrico

[Ver mas +](#)



*Para visualizar mejor las imágenes, puedes dar clic en cada una de ellas.





OPEN ACCESS

EDITED BY
Kristen Rappazzo,
United States Environmental Protection
Agency (EPA), United StatesREVIEWED BY
Steven E. Prince,
United States Environmental Protection
Agency (EPA), United States
Lisbeth Weitensfelder,
Medical University Vienna, Austria*CORRESPONDENCE
Diana Marín
✉ diana.marcela.marin@upb.edu.co

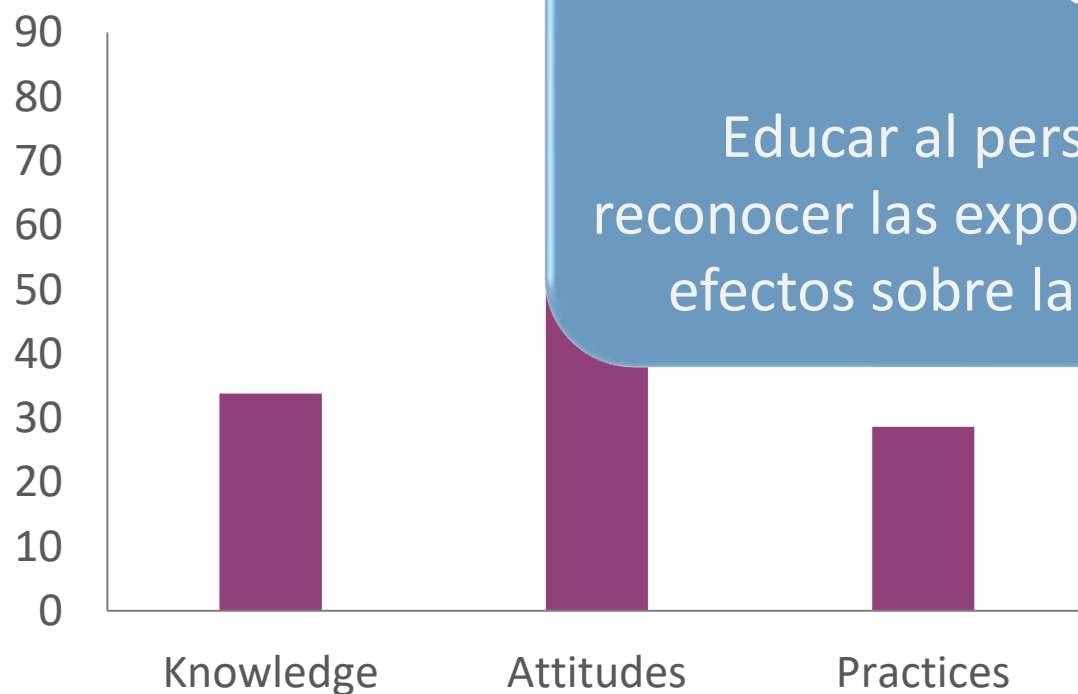
RECEIVED 23 February 2024

Knowledge, attitudes and practices about air pollution and its health effects in 6th to 11th-grade students in Colombia: a cross-sectional study

Diana Marín^{3*}, Nicolás Calle¹, Valentina Arango¹,
Paulina Betancur¹, Manuela Pérez², María Mercedes
Beatriz Marín-Ochoa², Juan
and Zulma Vanessa Rueda³

Nivel de conocimiento del índice de calidad del aire y de las alertas ambientales que ocurren dos veces al año

Median score

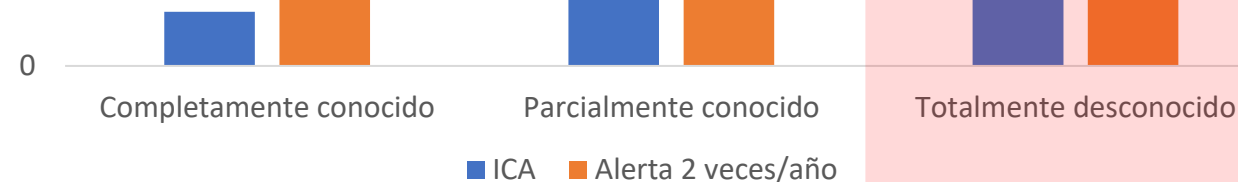


Comunicación del riesgo según público objetivo

Educar al personal de la salud para reconocer las exposiciones ambientales y los efectos sobre la salud asociados a ellas

70

10



Voces Ciudadanas Por Un Aire Saludable



COLCIENCIAS



Acreditación Institucional
ALTA CALIDAD • MULTICAMPUS
Res. MEC No. 17228 del 30 de octubre de 2010 - 8 años
Vigilada por el Estado



FORO TALLER

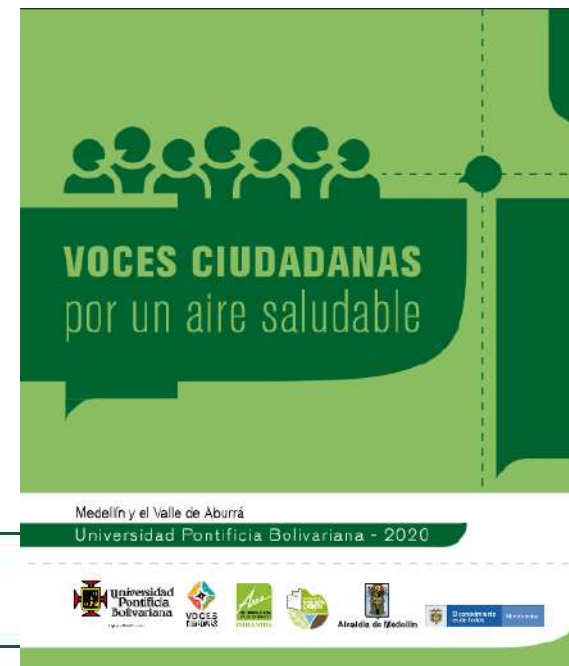


Acreditación Institucional
ALTA CALIDAD • MULTICAMPUS
 Res. MEN No. 17228 del 24 de octubre de 2010 • 8 años
 Vigente

Agenda ciudadana por un aire saludable

CAPÍTULO 3. AGENDA CIUDADANA POR UN AIRE SALUDABLE

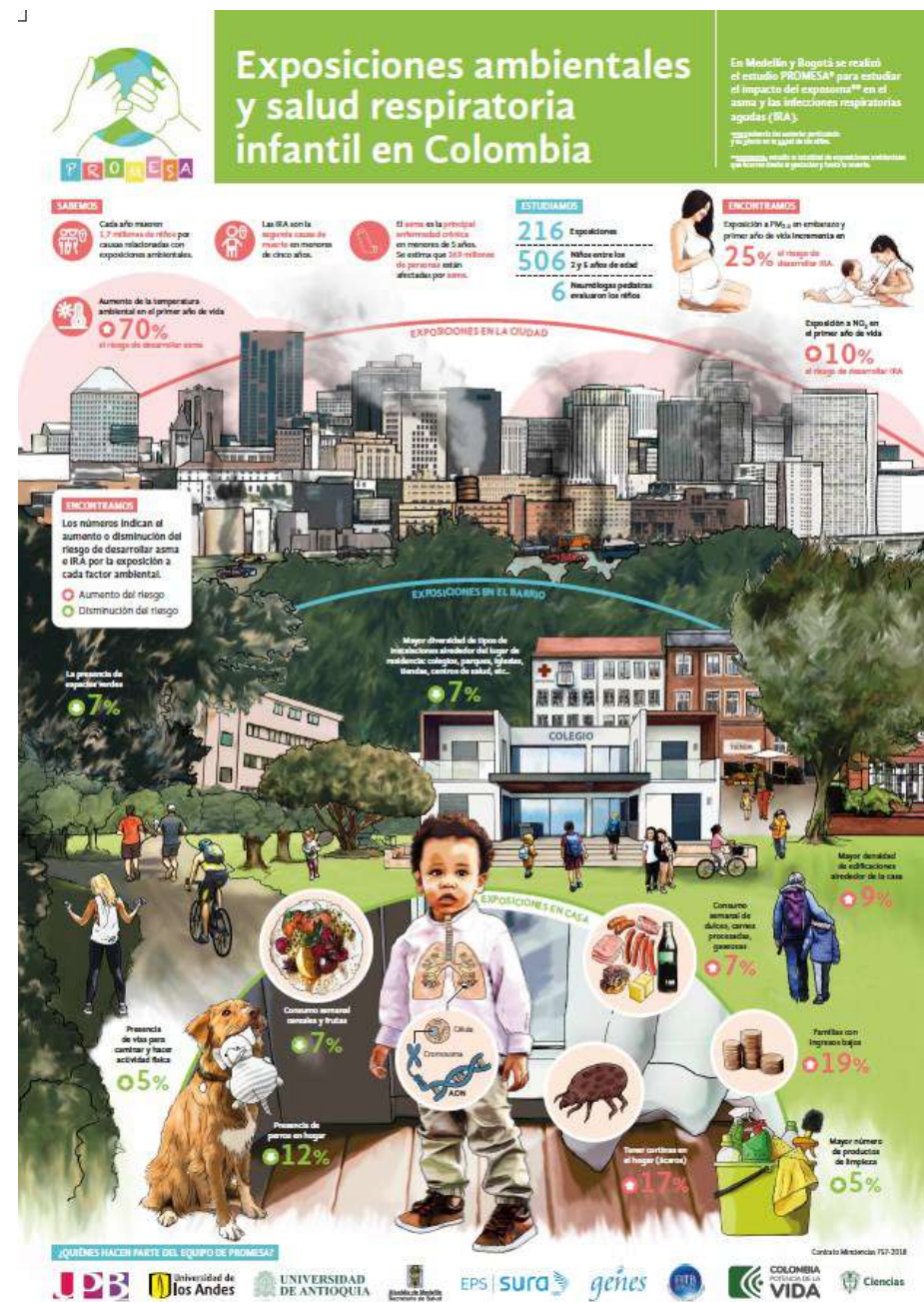
- Control al control
- Movilidad de bajas emisiones
- Hacia un modelo de ocupación responsable
- Mejor ambiente y mejores políticas públicas
- Ejercicios de planeación participativa
- Inversión en educación y cultura
- Periodismo, comunicación y opinión pública
- Información e investigación en salud



Principales resultados PROMESA



¡Escanéeme!



Equipo de trabajo

Diana Marín
Lucelly López
Isabel Ortiz

Luz Yaneth Orozco

María Victoria Toro

Ferney Amaya

Ana Isabel Oviedo

Oscar Sánchez

Roberto Hincapié

Francisco Molina

Carlos Daniel Ramos

John Ramiro Agudelo

Olga Munera

Martha Cuellar

Helena Groot de Restrepo

Diana Narváez

Luis Jorge Hernández

Ricardo Morales

Beatriz Marín

Luis Miguel Aristizábal



José Miguel Abad



Juan José Builes



Verónica Lopera

Enrique Henao

Ximena Ríos

Rita Almanza

Julio Cesar Toro



Alcaldía de Medellín
Secretaría de Salud

Diego Muñoz



Laura A. Rodríguez



Shrikant Bangdiwala



Zulma V. Rueda



Milena Villamil

María Alejandra Bejarano



Andrea Corredor



Dolly Vidal Castro



Institución Universitaria



POLITÉCNICO COLOMBIANO
Jaime Isaza Cadavid



Contrato: 757-2018





GRACIAS

PROMESA

Ratificamos nuestro
compromiso con el **bienestar**
de nuestros niños.

