

EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE EN MANIZALES, LA IMPORTANCIA DE LOS SVCA EN CIUDADES INTERMEDIAS



Angel David Gálvez Serna¹, Caren Xiomara Guzmán España², Carlos Mario González Duque³, Jorge Julián Vélez Upegui⁴, Mauricio Velasco García⁵

^{1, 2, 3 y 4} Grupo de Trabajo Académico en Ingeniería Hidráulica y Ambiental - GTAIHA, Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales

⁵ Grupo de investigación en Recursos Naturales y Medio Ambiente Corpocaldas - GIRMAC, Corporación Autónoma Regional de Caldas.



Introducción

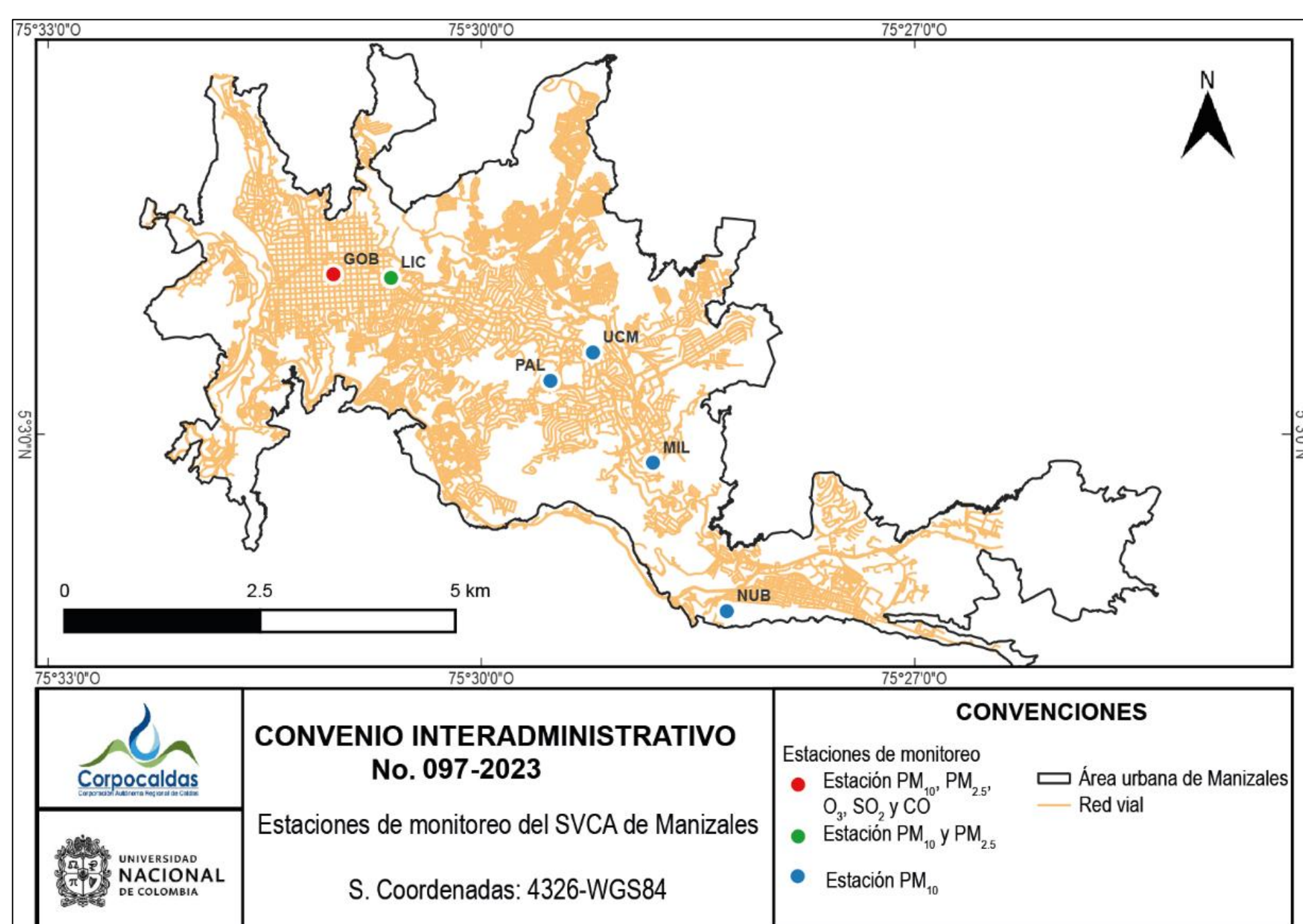
Los esfuerzos que se han realizado en la ciudad de Manizales desde 1997 para mejorar la cobertura espacial y temporal del monitoreo de contaminantes atmosféricos en su área urbana, han permitido identificar tendencias en el comportamiento de los niveles de inmisión de contaminantes criterio de interés como material particulado (PM₁₀ y PM_{2.5}) y ozono troposférico (O₃).

Aspectos que han permitido garantizar el funcionamiento del Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire (SVCA) de Manizales:

- Seguimiento periódico de los equipos de monitoreo.
- Aseguramiento y control de calidad de la información obtenida.
- Garantizar el trabajo conjunto entre la autoridad ambiental (Corpocaldas) y la academia (UNAL Sede Manizales).

El SVCA de Manizales

Para 2025, el SVCA de Manizales cuenta con seis (6) estaciones y doce (12) equipos de monitoreo distribuidos así: Seis (6) equipos manuales de PM₁₀, un (1) equipo manual de PM_{2.5}, dos (2) equipos automáticos (nefelómetros) que miden simultáneamente PM₁₀ y PM_{2.5}. Se cuenta además con una (1) estación automática para el monitoreo de los gases ozono troposférico (O₃), dióxido de azufre (SO₂) y monóxido de carbono (CO).



El SVCA de Manizales hace parte del **Sistema Integrado de Monitoreo Ambiental de Caldas, SIMAC**. La información que se obtiene del SVCA es de acceso público a través del **Centro de Datos e Indicadores Ambientales de Caldas, CDIAC**

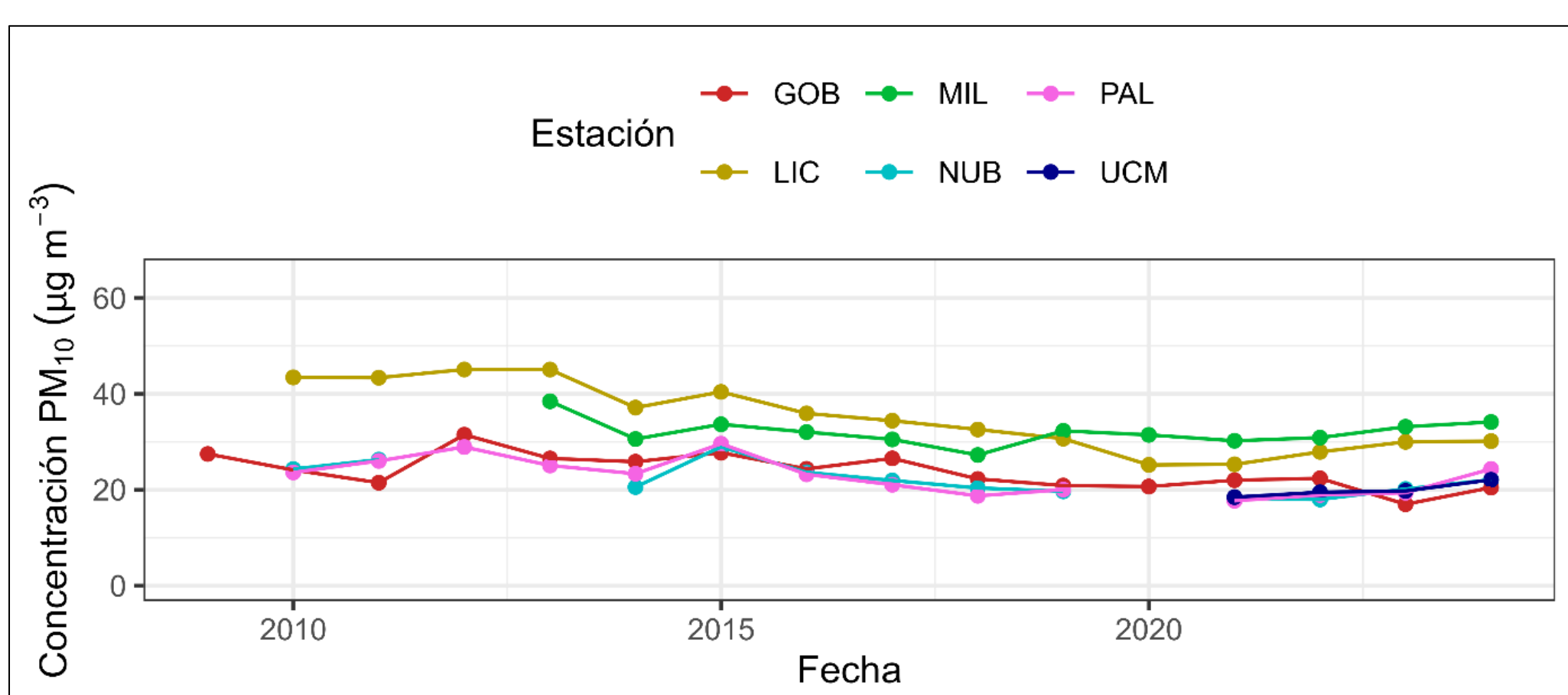


<http://cdiac.manizales.unal.edu.co/>

<https://cdiac.manizales.unal.edu.co/geoportal-simac/>

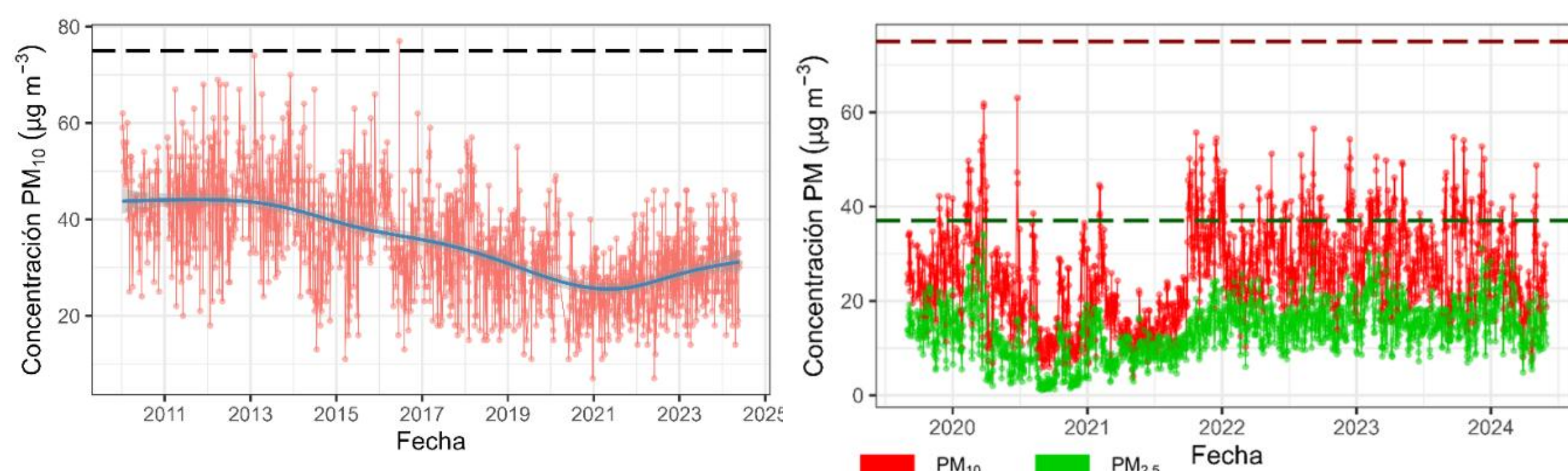
Resultados

Los promedios anuales de PM₁₀ han presentado una tendencia decreciente entre los años 2009 a 2022. Durante los últimos tres años, el PM₁₀ ha tendido a estabilizarse en la ciudad, debido en parte a la baja variabilidad de las fuentes.



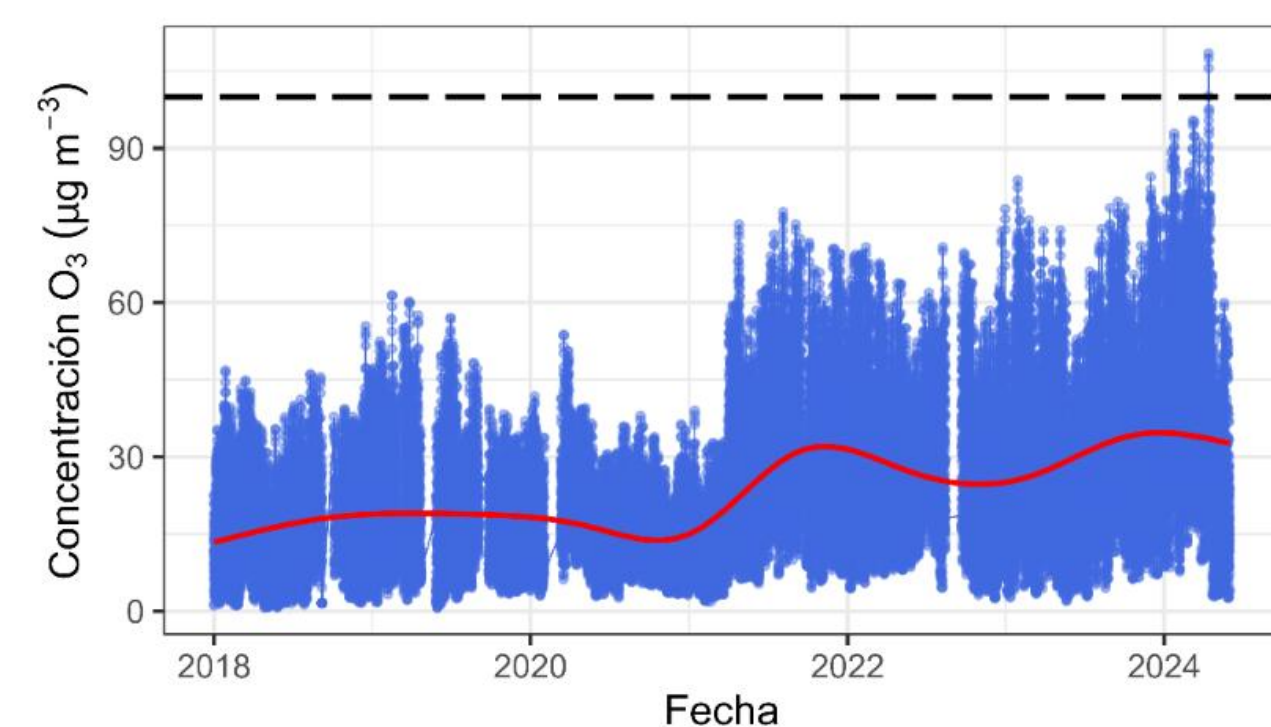
Variación histórica de concentración promedio anual de PM₁₀ – Manual en las estaciones del SVCA de Manizales

La disminución en niveles de inmisión de PM se observó principalmente para la estación con mayor influencia de emisiones por tráfico vehicular, como es el caso de Liceo (LIC), que pasó de 45 µg/m³ en 2013 a 25 µg/m³ en 2020.



Variación histórica de concentraciones diarias de PM₁₀ y PM_{2.5} en la estación Liceo para equipos manual (izquierda) y automático (derecha). la línea punteada indica el límite normativo definido en la Resolución 2254 de 2017

Para el caso de los gases, se destaca el comportamiento del O₃ para el cual se ha observado un incremento paulatino de las concentraciones durante los últimos 2 años de monitoreo, siendo 2024 el año donde se han presentado los mayores registros históricos.



Serie temporal concentración de O₃ en la estación Gobernación. La línea roja muestra la curva de tendencia, la línea punteada indica el límite normativo Res. 2254 de 2017

Gracias a las gestiones entre Corpocaldas y la UNAL Sede Manizales para establecer una metodología de trabajo conjunto, se logró la estructuración de protocolos estrictos para monitoreo en el SVCA y estrategias de mejoramiento continuo que incluyen, por ejemplo, procesos de acreditación ante IDEAM.

La operación del SVCA está a cargo de profesionales capacitados de la UNAL, que tienen asistencia y supervisión continua de funcionarios de Corpocaldas.

La evolución del SVCA se ve reflejada en uno de sus indicadores de seguimiento, el porcentaje de datos válidos. Entre 2009 y 2017 el criterio de representatividad del 75% se cumplió en pocas ocasiones. A partir del 2018, cuando se estableció la cooperación interinstitucional, se obtuvo un cumplimiento estable en la mayoría de las estaciones de la red, a excepción de algunos periodos donde, ya sea por fallas repentinas de equipos o situaciones externas que impidieron el acceso, no se logró el cumplimiento del criterio normativo correspondiente.

Año	Gobernación PM ₁₀	Palogrande PM ₁₀	Liceo PM ₁₀	Nubia PM ₁₀	UCM PM ₁₀	Milán PM ₁₀	Gobernación PM _{2.5}
2009	75%	16%	--	11%	--	--	45%
2010	76%	41%	57%	43%	--	--	83%
2011	88%	49%	70%	42%	--	--	58%
2012	93%	34%	70%	17%	--	8%	90%
2013	63%	32%	69%	3%	--	68%	59%
2014	84%	43%	67%	39%	--	75%	84%
2015	75%	59%	60%	63%	--	59%	32%
2016	57%	32%	66%	39%	--	66%	--
2017	70%	72%	80%	75%	--	79%	1%
2018	98%	95%	91%	95%	--	96%	96%
2019	100%	97%	80%	98%	--	96%	93%
2020	78%	30%	68%	27%	--	61%	78%
2021	98%	83%	92%	83%	57%	85%	100%
2022	98%	93%	93%	89%	93%	88%	98%
2023	98%	98%	87%	97%	96%	94%	88%
2024	94%	80%	88%	92%	92%	67%	53%
Clave	% Datos ≥75%	75%< %Datos <50%	50%< % Datos <30%	% Datos ≤30%			

Año	Porcentaje de datos válidos (%d)		
	O ₃	SO ₂	CO
2017	7%	--*	--
2018	87%	--	67%
2019	82%	44%	99%
2020	86%	57%	100%
2021	95%	88%	100%
2022	84%	60%	81%
2023	100%	99%	100%
2024*	100%	100%	100%

*.. indica ausencia de datos

Evolución del porcentaje de datos válidos anuales de PM y gases en el SVCA de Manizales

Implicaciones

- El monitoreo de contaminantes de alta importancia como PM y O₃ se ha centrado en las principales ciudades del país; sin embargo, la mayoría de las ciudades intermedias de Colombia tienen carencias en relación con el monitoreo de contaminantes del aire.
- El esfuerzo conjunto entre la autoridad ambiental y la academia ha permitido la consolidación de un SVCA robusto en una ciudad intermedia andina como es el caso de Manizales (población urbana, 454500 hab.).
- La integración interinstitucional ha garantizado la continuidad del SVCA a través del seguimiento periódico de los equipos de monitoreo, así como el aseguramiento y control de calidad de la información obtenida.
- Al igual que en la mayoría de las ciudades intermedias del país, se identifican grandes retos y oportunidades para cumplir a cabalidad con los lineamientos establecidos en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire, así como el cumplimiento con los límites normativos establecidos por la Res. 2254 de 2017.

Referencias

Universidad Nacional de Colombia, & CORPOCALDAS. (2015). CDIAC - Centro de Datos e Indicadores Ambientales de Caldas. Recuperado de cdiac.manizales.unal.edu.co/ el 9 de Mayo de 2025.
<https://cdiac.manizales.unal.edu.co/publicaciones.php>