

Estudio exploratorio de material particulado en un Comedor comunitario que emplea biomasa para la cocción de alimentos

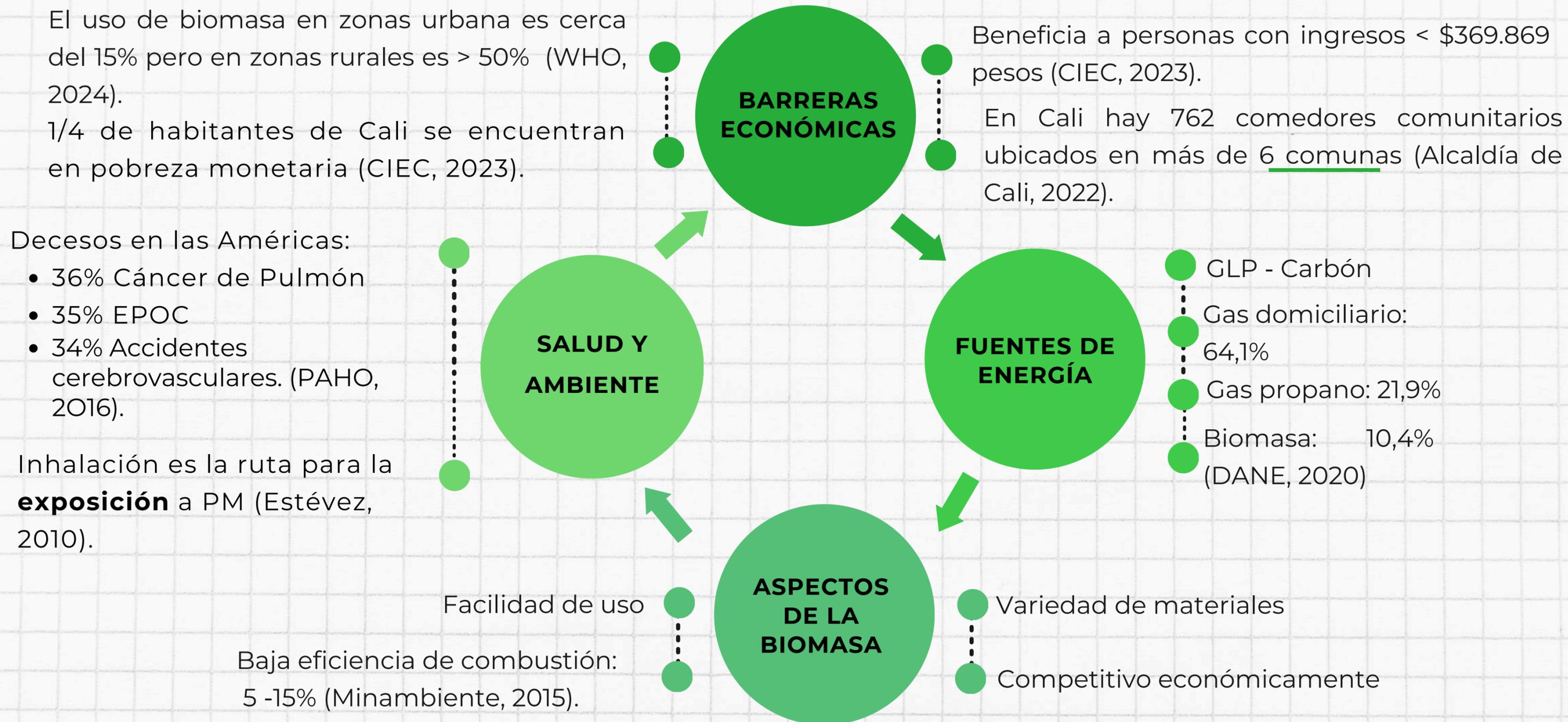
Diego Andrés Ramírez - diego_a.ramirez_e@uao.edu.co
Ana Paola Lasso - aplasso@uao.edu.co



uao

Universidad
Autónoma de
Occidente

Planteamiento



Impacto de la biomasa

USO DE LA BIOMASA

- Global = 2700 millones de personas (Sánchez y Fajardo, 2020).
- Latinoamérica = 85 millones de personas (Universidad Distrital de Caldas et al., 2020).
- Colombia > 5 millones de personas (UPME, 2022).

- Mujeres y niños.
- Adultos: 50-75 años.
- Personas pobres.

IMPACTO SOCIAL

- > 6.7 millones de muertes al año. —————> *Hogar + Ambiente*
- > 3.2 millones de muertes en 2020. —————> *Aire doméstico*
- ↳ > 237.000 muertes de niños menores de 5 años (WHO, 2024).

NORMATIVA PARA PM

En Colombia se abordan los aspectos de calidad del aire a través de la resolución 2254 de 2017. En esta regulación se clasifica el PM10 y PM2.5 como un contaminante criterio.

EXPOSICIÓN A PM

Ambientes abiertos

- Transporte.
- Procesos industriales.

Ambientes cerrados

- Estufas.
- Calefactores.



■ Objetivos del estudio

Objetivo general

- Evaluar la exposición a material particulado de las personas relacionadas con un comedor comunitario que emplea biomasa en la cocción de alimentos en la ciudad de Cali.

Objetivo específicos

- Cuantificar las concentraciones de material particulado durante la cocción de los alimentos con el uso de biomasa en el comedor comunitario.
- Analizar la variación de la relación / de las concentraciones medidas en el comedor comunitario.
- Calcular la dosis de exposición de las personas que laboran y los usuarios del comedor comunitario.

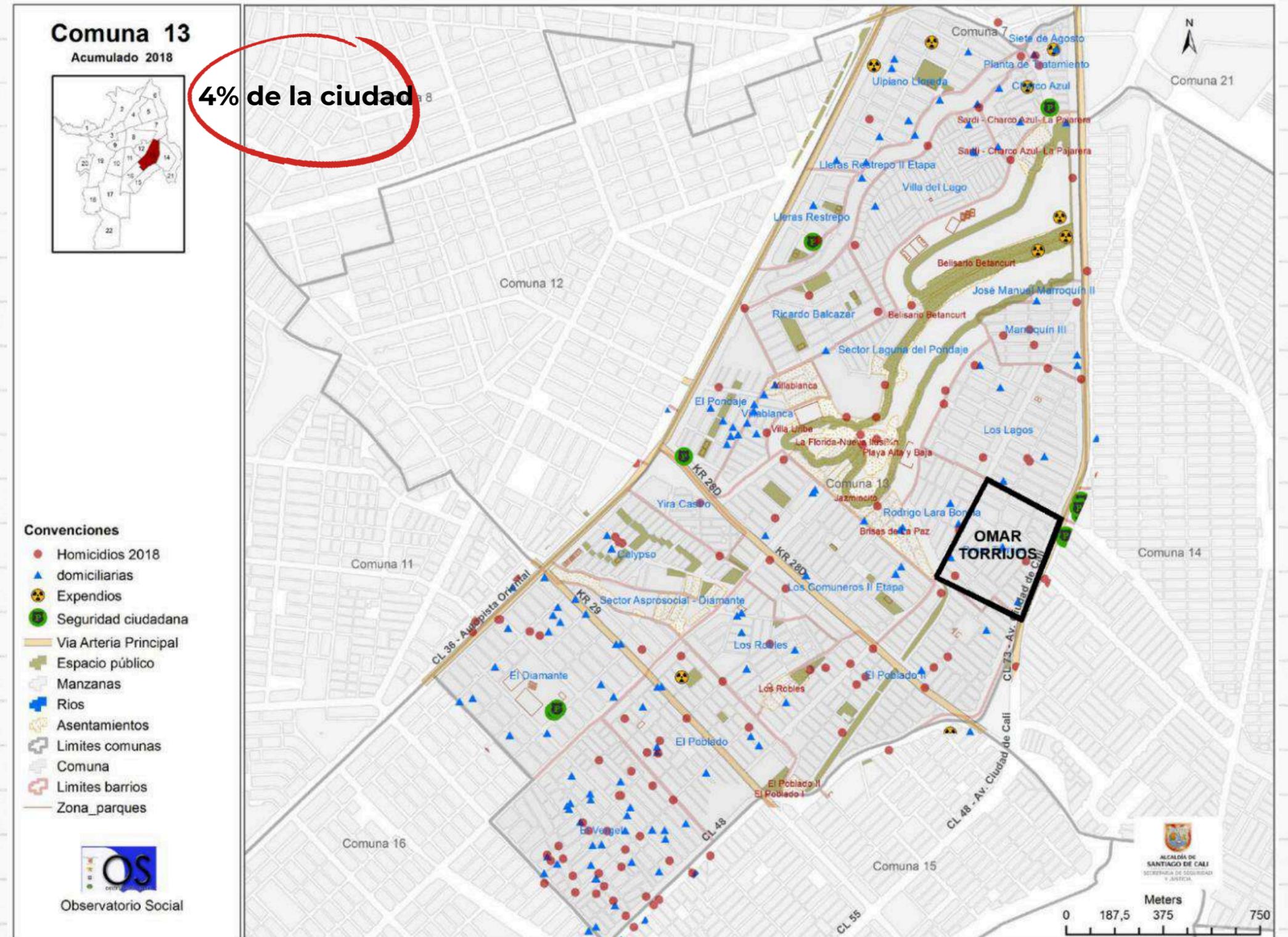
Zona de estudio

CARACTERÍSTICAS:

- El comedor pertenece al Programa Corazón Contento.
- Se encuentra en la comuna 13- Distrito de AguaBlanca.

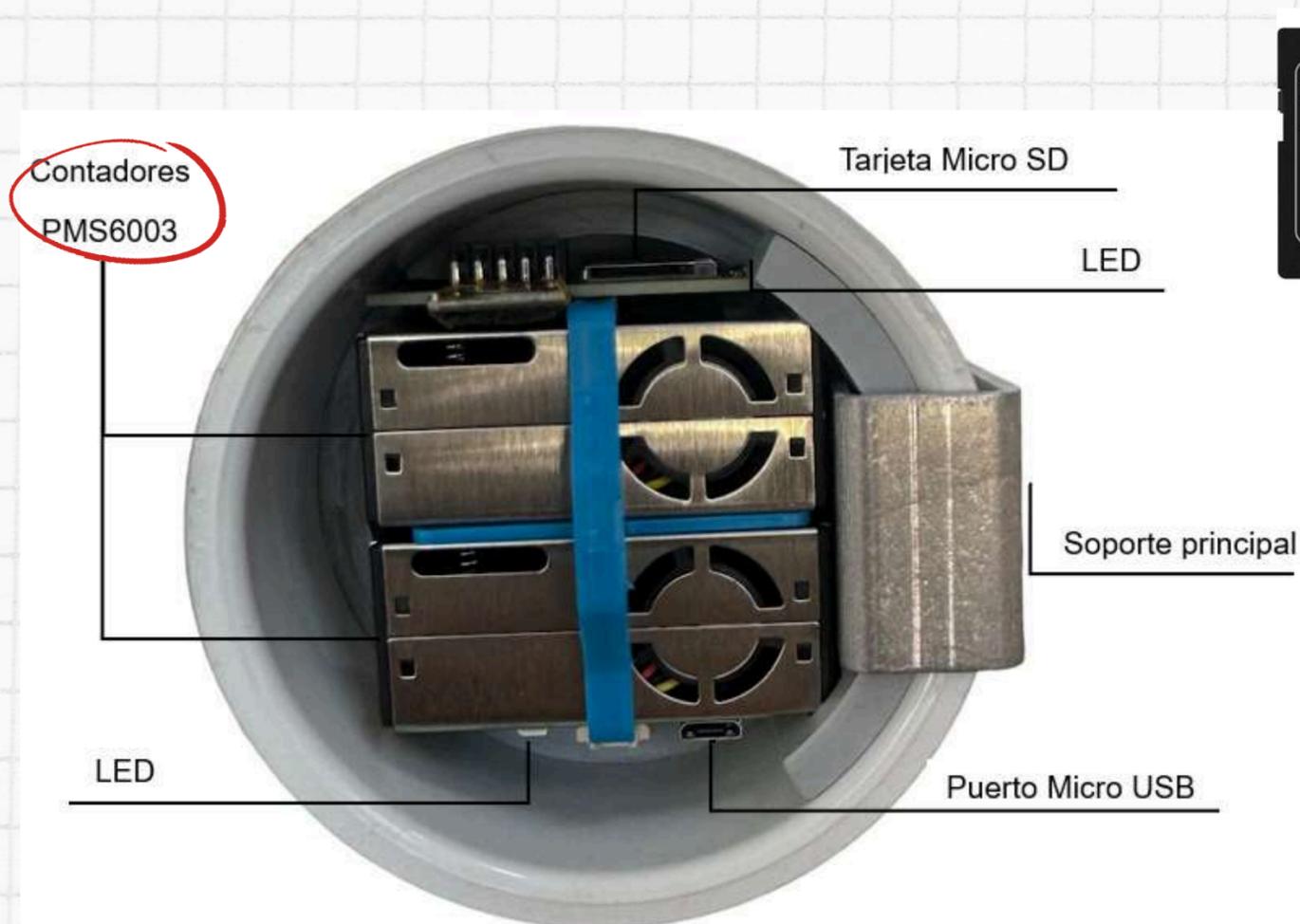
➔ Población = 177.641 personas.

- Conformada por 15 barrios.
- Altas tasas de homicidios y hurtos.
- Baja presencia institucional.

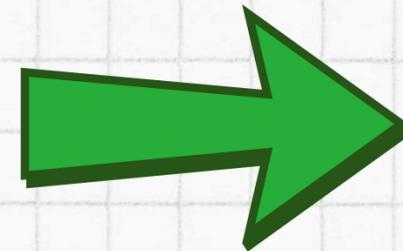


Fuente: Observatorio de Seguridad de Santiago de Cali (2019).

■ Cuantificación del material particulado (PM)



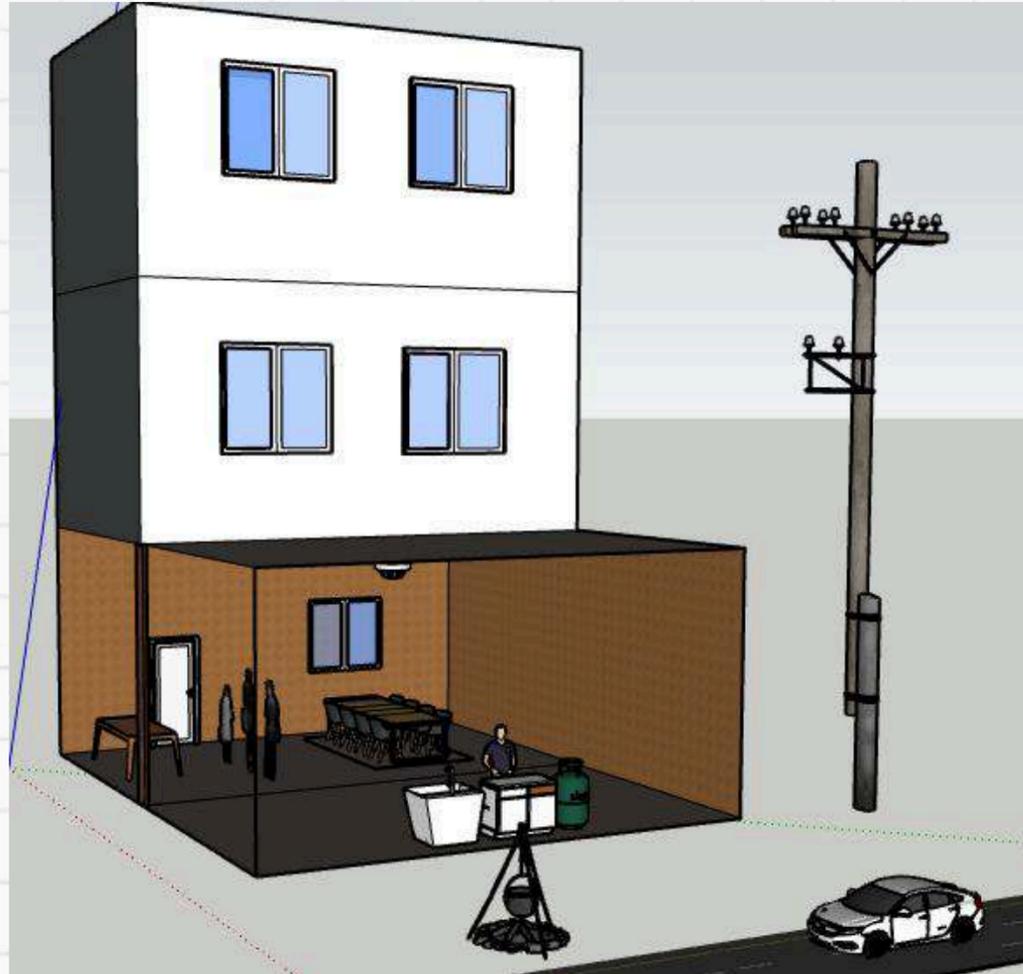
FAT32



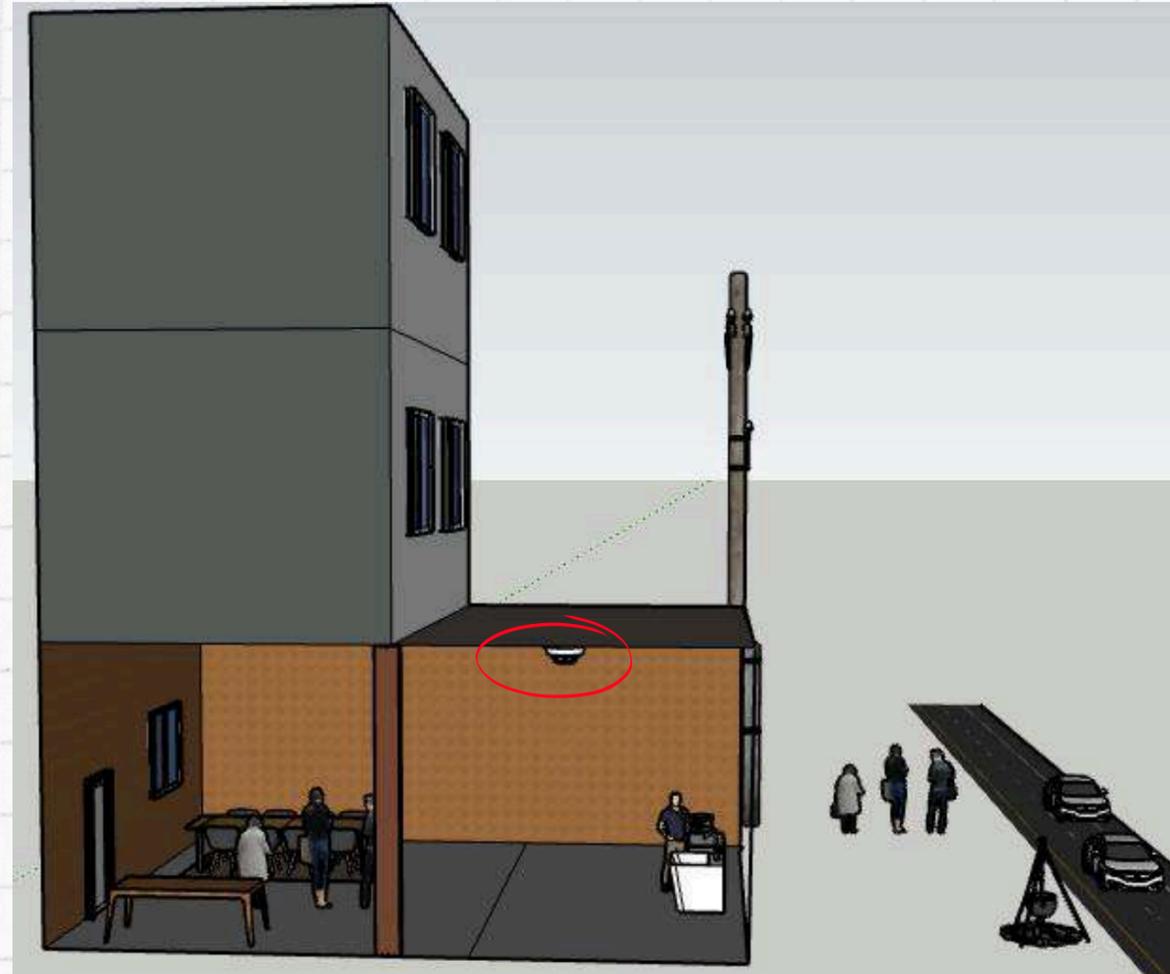
- Flex Quality Sensor PA II de PurpleAir.
- 2 Contadores láser de partículas independientes.
- Ambientes exteriores e interiores.

- Visualización de datos.
- Capas de datos.
- Descarga de archivos CSV o XLS.

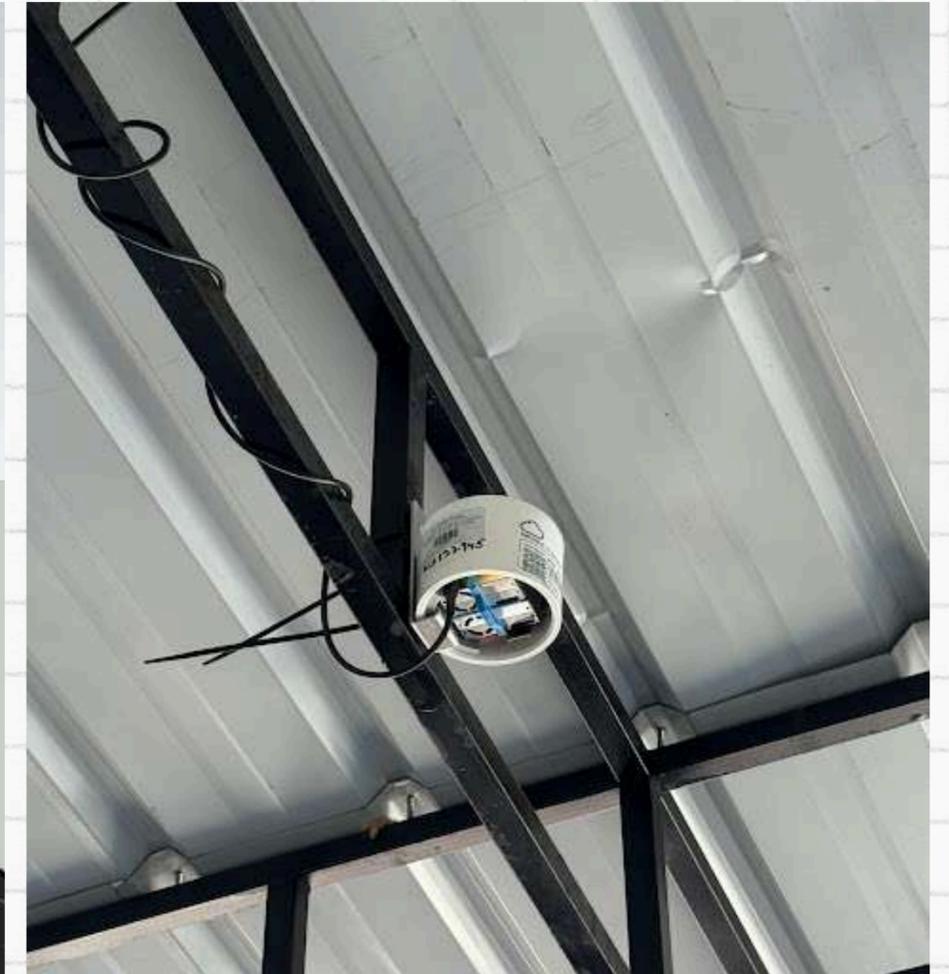
DEFINICIÓN DEL SITIO Y TIEMPO DE MONITOREO



Vista diagonal



Vista lateral



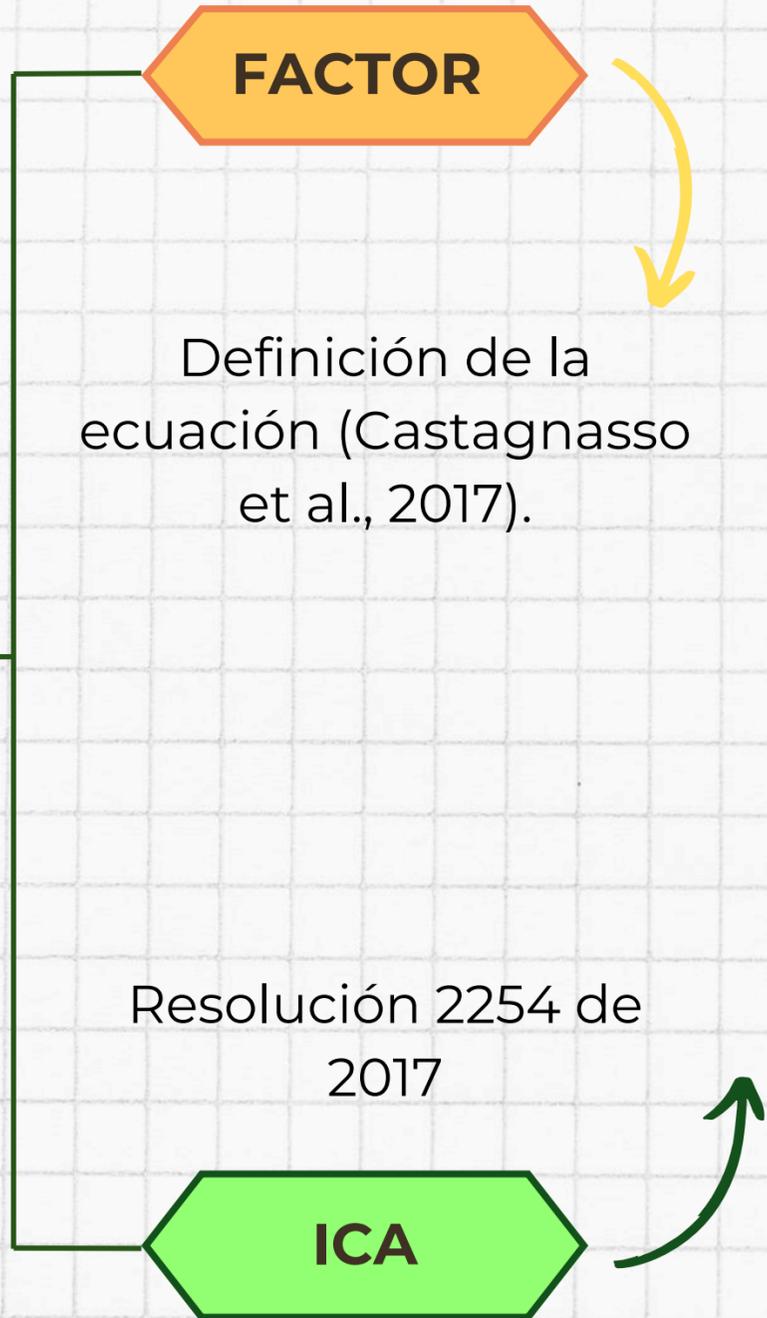
Sensor instalado

- El comedor se encuentra al margen de la carrera 27.
- Estaciones indicativas: Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire (Minambiente, 2010).
- Monitoreo entre el 12 de julio y el 26 de agosto del 2024.
- Aproximadamente 7 m de distancia entre el sensor y el punto de quema.

↓
Condiciones de seguridad.
Exposición de toma de datos.
Logísticas.



RELACIÓN PM2.5/PM10



Fuentes de emisión	Actividad	PM2.5/PM10
Fuentes estacionarias	Combustión de combustibles	0,96
	Procesos industriales	0,56
Fuentes fugitivas	Calles pavimentadas	0,25
	Construcción y demolición	0,15
	Operaciones agrícolas	0,2
Fuentes móviles	En carretera	0,98
Otras fuentes	Quema de desechos	0,96
	Quema de residuos agrícolas	0,93-0,96
	Incendios forestales	0,93

Fuente: Adaptado de Echeverri Londoño y Maya Vasco, 2008.

$$Factor = \frac{Concentración\ promedio\ PM2.5}{Concentración\ promedio\ PM10}$$

Índice de calidad del aire				Punto de Corte			
Cualitativo		ICA		PM2.5 (µg/m³)		PM10 (µg/m³)	
Estado	Color	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto
Buena	Verde	0	50	0	12	0	54
Aceptable	Amarillo	51	100	13	37	55	154
Dañina a la salud de grupos sensibles	Naranja	101	150	38	55	155	254
Dañina para la salud	Rojo	151	200	56	150	255	354
Muy dañina para la salud	Púrpura	201	300	151	250	355	424
Peligroso	Marrón	301	500	251	500	425	604

$$ICA = \frac{I_{alto} - I_{bajo}}{PC_{alto} - PC_{bajo}} * (Cp - PC_{bajo}) + I_{bajo}$$

I alto = Valor del ICA alto - I bajo = Valor del ICA bajo - Pc alto = Punto de corte alto - Pc bajo = Punto de corte bajo - Cp = Concentración promedio diaria de PM.

Dosis de inhalación

ECUACIÓN
MORALES ET AL. (2017)

$$D = C * IR * \Delta t$$

D = Dosis de inhalación de material particulado (μg)

C = Concentración de material particulado ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

IR = Tasa de inhalación (m^3/min)

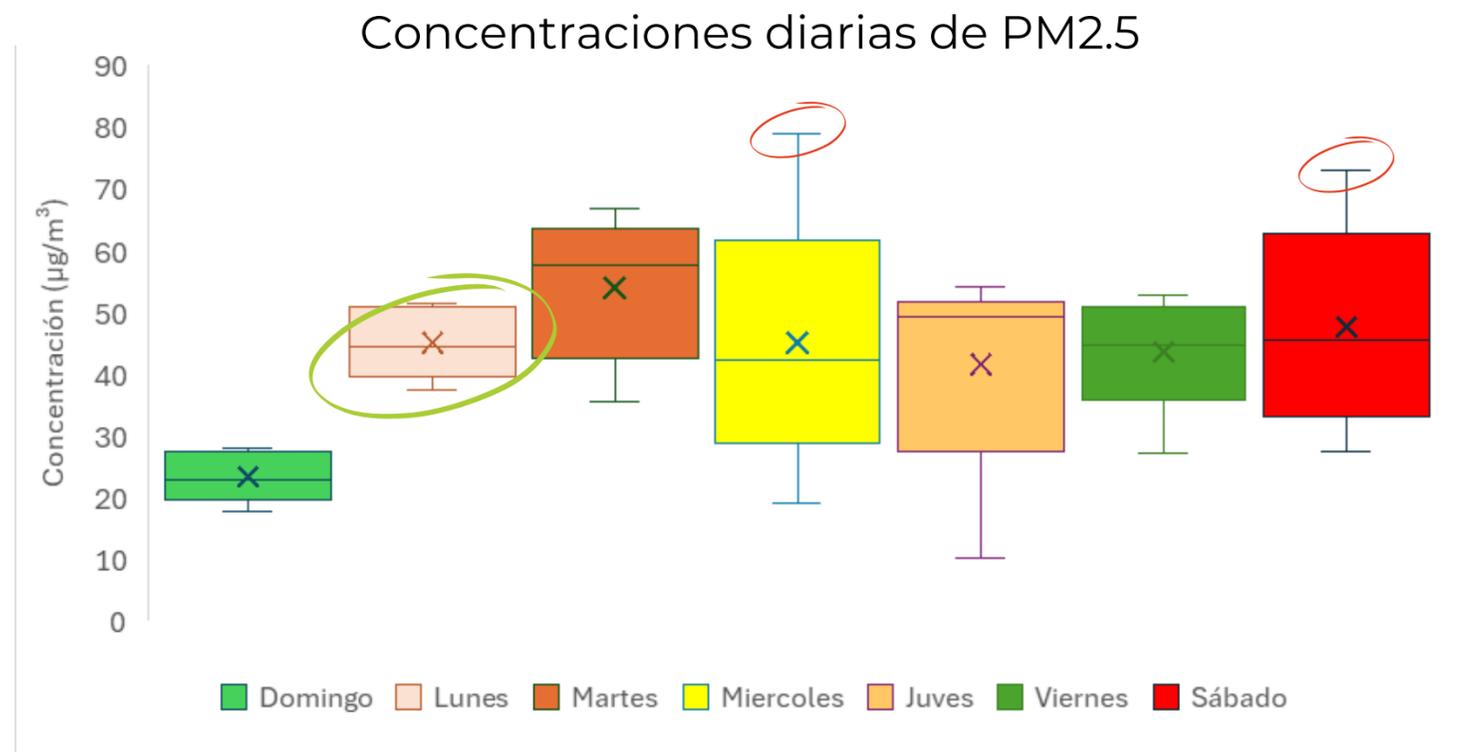
Δt = Tiempo de exposición (min)

Datos de entrada

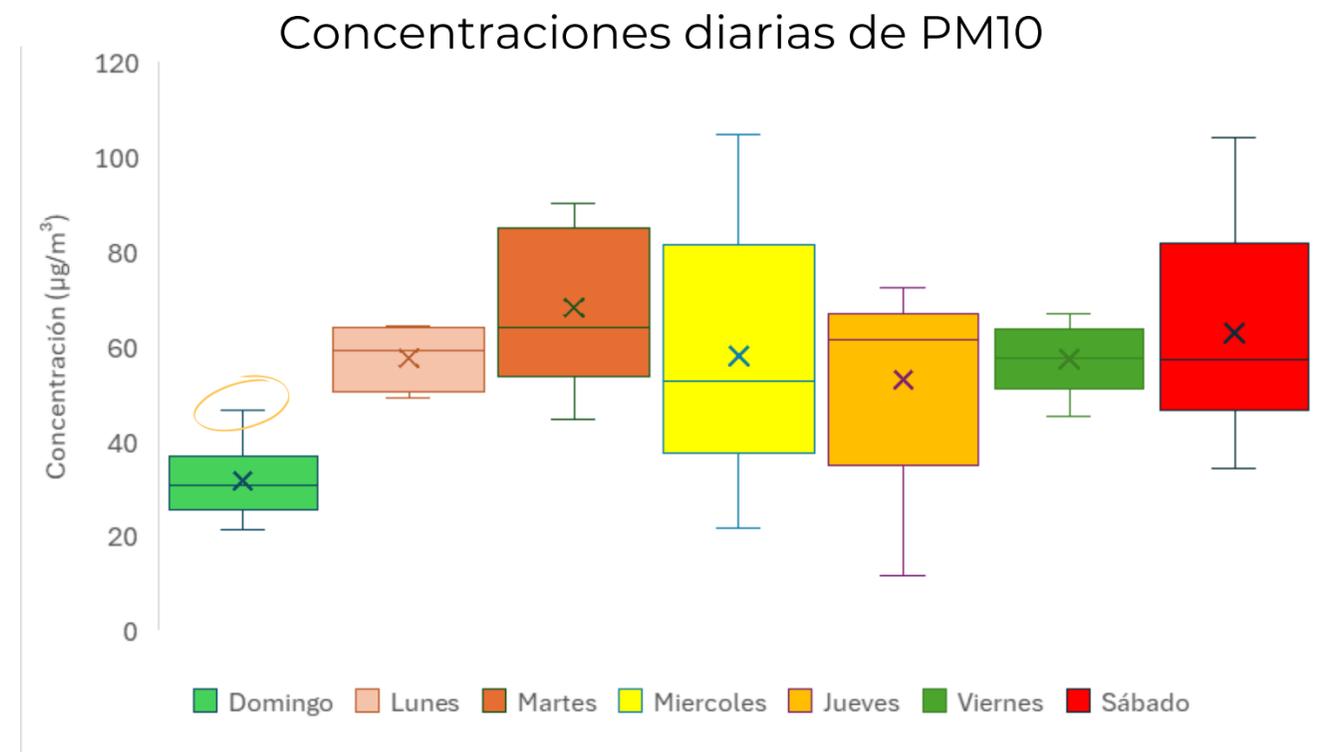
Factores	Valor	Unidad
Tasa de inhalación - Ligera US - EPA (2011).	Hombre 0,0136	m^3/min
	Mujer 0,0111	
Tiempo de exposición	1440	min
	60	



Resultados - concentraciones diarias



- Los pico máximos de concentración promedio son de 78,89 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 73,01 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ los miércoles y sábados respectivamente.
- Variabilidad del miércoles = 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ <CPM2.5 > 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.
- Variabilidad del domingo = 17,86 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a 27,98 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.
- Típicamente se ha encontrado una disminución de fuentes de contaminación externa los fines de semana (Gaviria et al., 2011).



- Los miércoles y sábado presentan los picos máximos con valores de 104,85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, y 104,15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente.
- Variabilidad del domingo = 21,31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a 46,57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.
- El dato máximo del domingo es equiparable a Q1 del resto de días.
- La contaminación por quema de biomasa en hogares incrementa en 12% la contaminación del aire en todo el mundo (PAHO, 2016).

La ausencia de mediciones e información previa de otros estudios permite inferir que los datos del domingo podrían reflejar las concentraciones de fondo donde la fuente de contaminación no está operando.

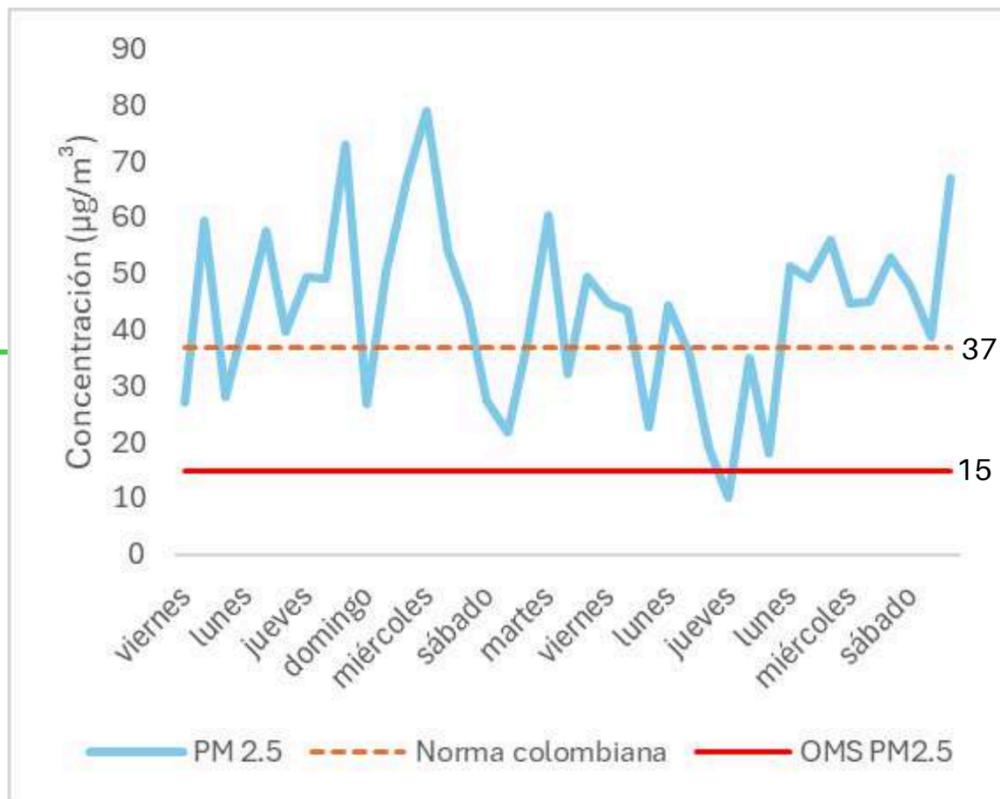
DATOS FRENTE A LA NORMA

Resolución 2254 de 2017

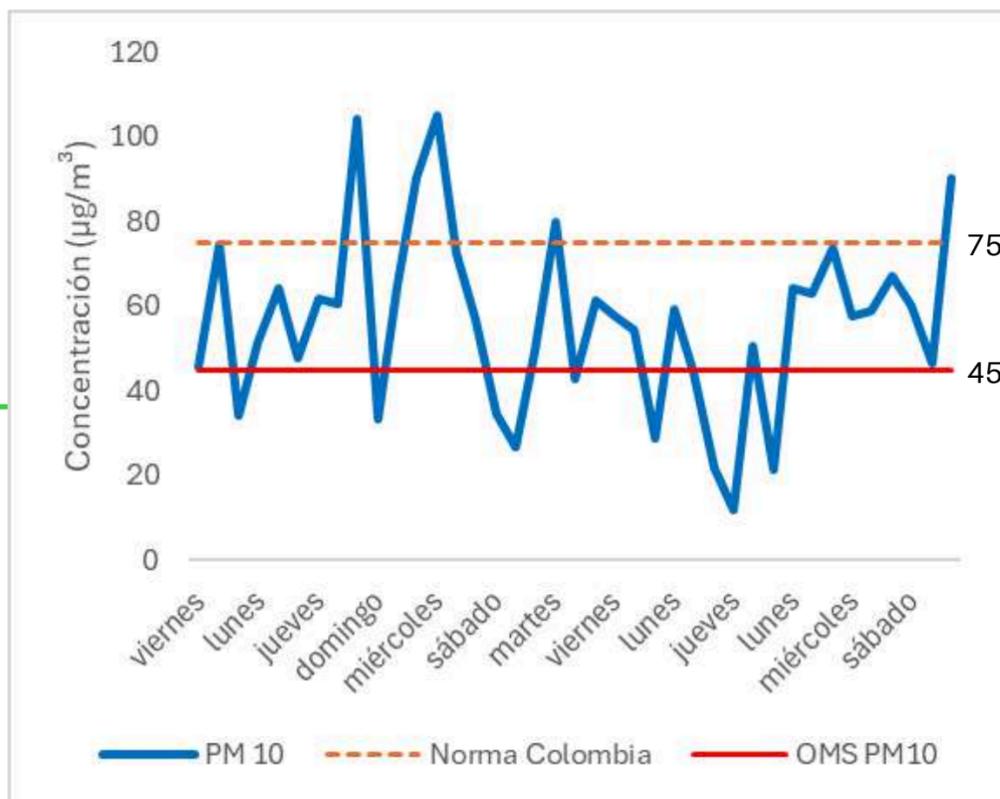
Directrices de Calidad del Aire (AQG)



PM2.5



PM10



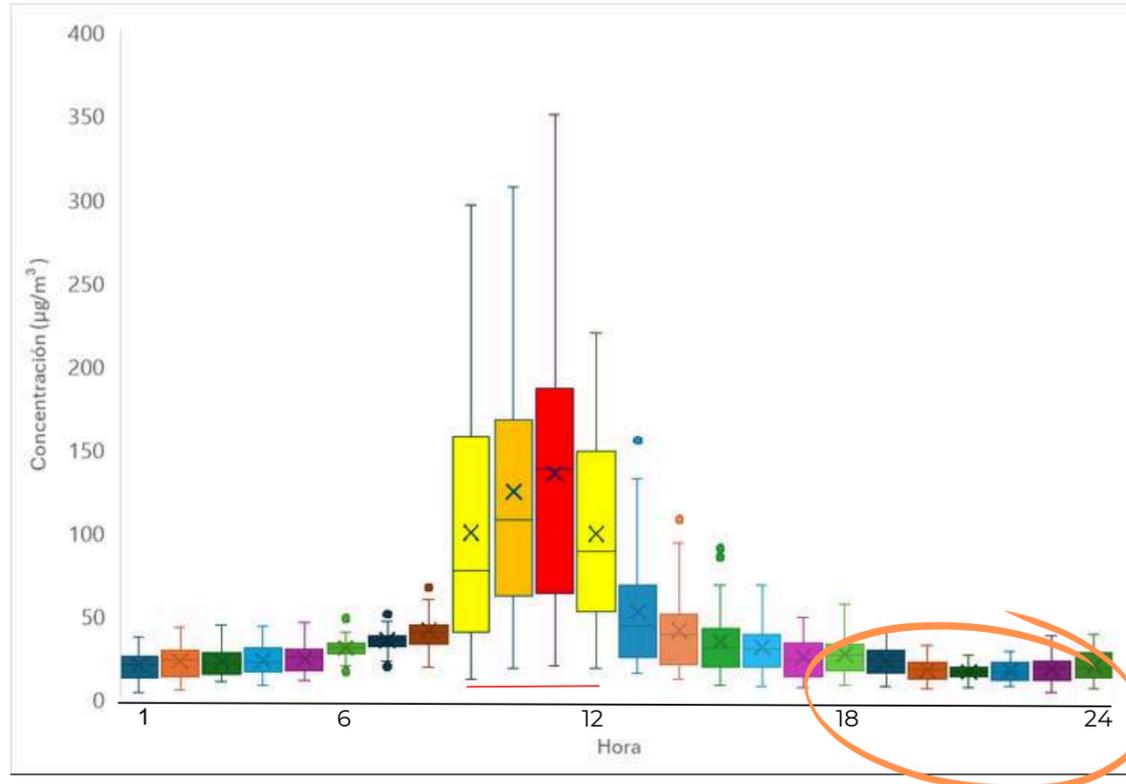
- El 97,4% de los datos supera el valor máximo recomendado por la OMS de 15 µg/m³ por día.
- El 69,23% de los datos supera el valor máximo de la norma colombiana.
- Por cada semana hay 4,5 días de exposición en niveles de contaminación fuera del recomendado.
- En países con ingresos medios y con normas internas más flexibles hay 15% de mayor riesgos de mortalidad a largo plazo (PAHO, 2016).

- Frente a los AQG el 74,35% de los datos supera el límite permisible.
- El 12,82% supera el límite máximo de la norma colombiana (lunes, martes, miércoles y sábados). **Flexibilidad:** mientras que para Colombia más del 70% de los datos cumplen con los límites, la OMS clasifica esos valores como potencialmente perjudiciales para la salud.
- Estudios han encontrado que por cada 10 µg/m³ de PM10, se aumenta en 1,26 la tasa de mortalidad por cada 100 mil habitantes en Colombia (Behrentz Valencia et al., 2009).



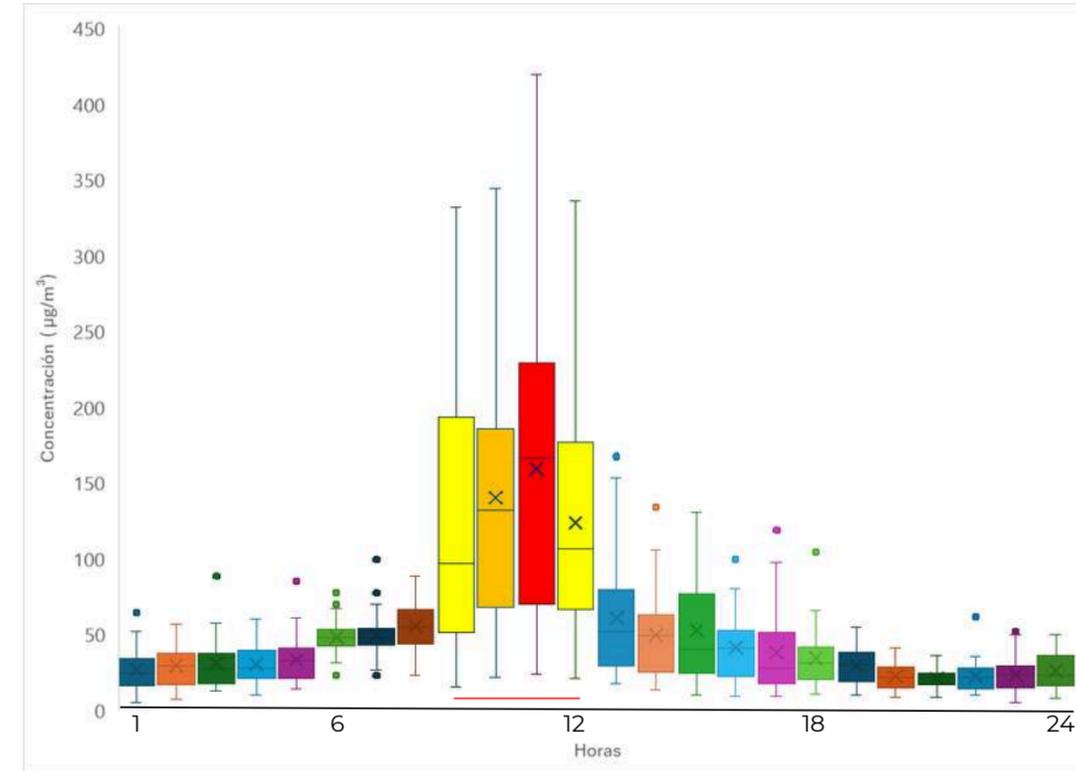
Comportamiento horario de los datos

Concentraciones horarias de PM2.5



- Tendencia creciente: 7:00 a.m. - 11:00 a.m., asociado con la franja donde la actividad principal de los gestores es la cocción de los alimentos.
- Franja de atención: 11 a.m. - 2:00 p.m.
- Durante la franja operacional del comedor, los datos inician y finalizan cercanos a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, que podrían generar afectaciones de tipo cardiorespiratorias (WHO, 2014).

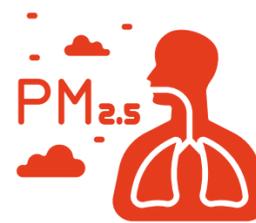
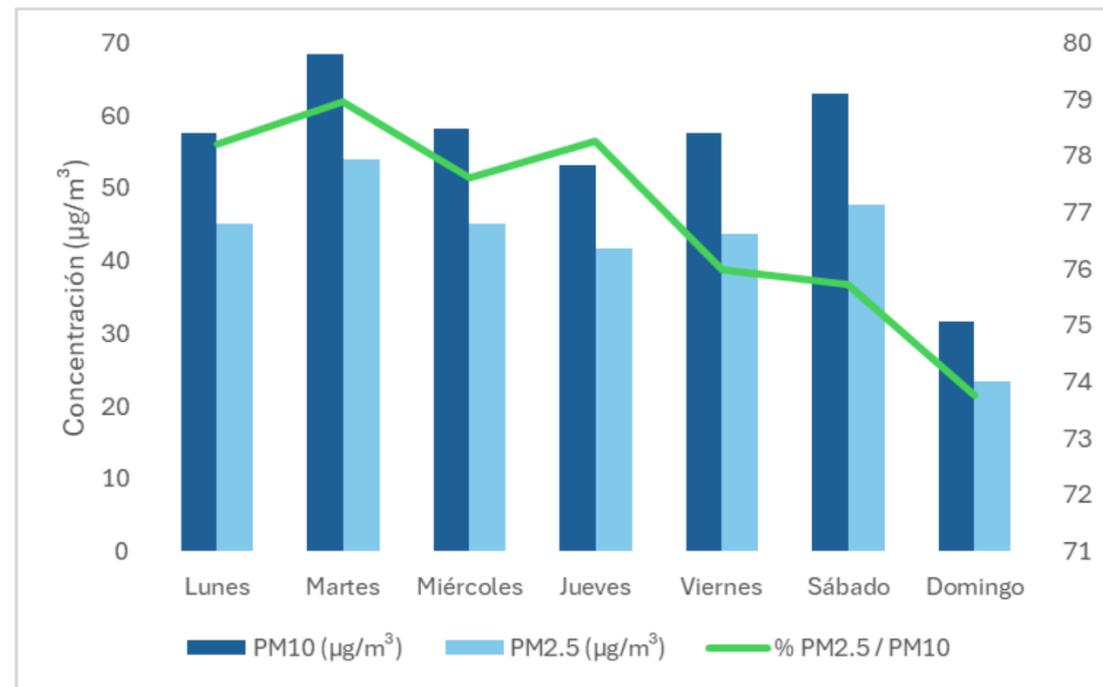
Concentraciones horarias de PM10



- La franja horaria entre las 1:00 a.m., y las 5:00 a.m., presenta concentraciones en el 50% de los datos inferiores a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- Franja horaria crítica: 9:00 a.m. - 12:00 p.m.
- Las 4 horas críticas reportan concentraciones entre $50,76 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $227,74 \mu\text{g}/\text{m}^3$, teniendo como hora pico las **11:00 a.m.**
- Las condiciones climáticas y de ventilación pueden incidir en la acumulación de partículas suspendidas en el aire.

Relación diaria y horaria

Fracciones	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	57,70	68,41	58,12	53,19	57,51	62,98	31,76
PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	45,13	54,01	45,11	41,62	43,69	47,70	23,43
Relación (%)	78,22	78,95	77,62	78,25	75,98	75,74	73,76



- En promedio el 77,54% del material registrado es fino.
- La relación de material fino aumenta con la influencia de fuentes de combustión.
- En zonas caracterizadas por pocas o nulas fuentes de combustión la relación es $> 50\%$, mientras que en zonas con este tipo de fuentes las relaciones son superiores al 70%.

Hora	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Relación (%)
1	26,53	20,43	77,00
2	29,00	22,87	78,88
3	30,58	22,49	73,55
4	29,83	23,20	77,78
5	32,97	24,32	73,76
6	47,78	30,66	64,16
7	49,39	35,48	71,84
8	54,95	41,10	74,79
9	126,36	99,82	79,00
10	139,84	124,31	88,90
11	158,96	135,05	84,95
12	123,32	98,95	80,23
13	60,42	52,28	86,53
14	49,24	41,05	83,37
15	52,16	34,38	65,92
16	40,92	30,92	75,56
17	37,72	25,15	66,67
18	34,09	26,64	78,15
19	28,64	22,71	79,28
20	21,90	17,34	79,17
21	20,43	16,34	79,99
22	21,90	16,81	76,75
23	22,86	17,98	78,65
24	25,53	19,62	76,83

ÍNDICE DE CALIDAD DEL AIRE



Día	PM2.5 (µg/m³)	ICA	Calidad del aire
Lunes	45,13	121,56	Dañina a la salud de grupos sensibles
Martes	54,01	147,14	Dañina a la salud de grupos sensibles
Miércoles	45,11	121,49	Dañina a la salud de grupos sensibles
Jueves	41,62	111,45	Dañina a la salud de grupos sensibles
Viernes	43,69	117,41	Dañina a la salud de grupos sensibles
Sábado	47,70	128,96	Dañina a la salud de grupos sensibles
Domingo	23,43	72,29	Aceptable

Día	PM10 (µg/m³)	ICA	Calidad del aire
Lunes	57,70	52,34	Aceptable
Martes	68,41	57,63	Aceptable
Miércoles	58,12	52,54	Aceptable
Jueves	53,19	49,25 ?	Buena
Viernes	57,51	52,24	Aceptable
Sábado	62,98	54,95	Aceptable
Domingo	31,76	29,41	Buena

- El ICA en el comedor comunitario = 2 categorías por debajo de la zona segura.
- El 85,71% de la semana representa riesgos de salud.
- En Cali el ICA varía entre la categoría bueno, aceptable y dañina a la salud de grupos sensibles.
- En Cali se reporta que los niveles de ICA más favorables corresponden a días como el domingo y lunes, mientras que hay un incremento significativo en días como jueves, viernes y sábado (DAGMA, 2018).

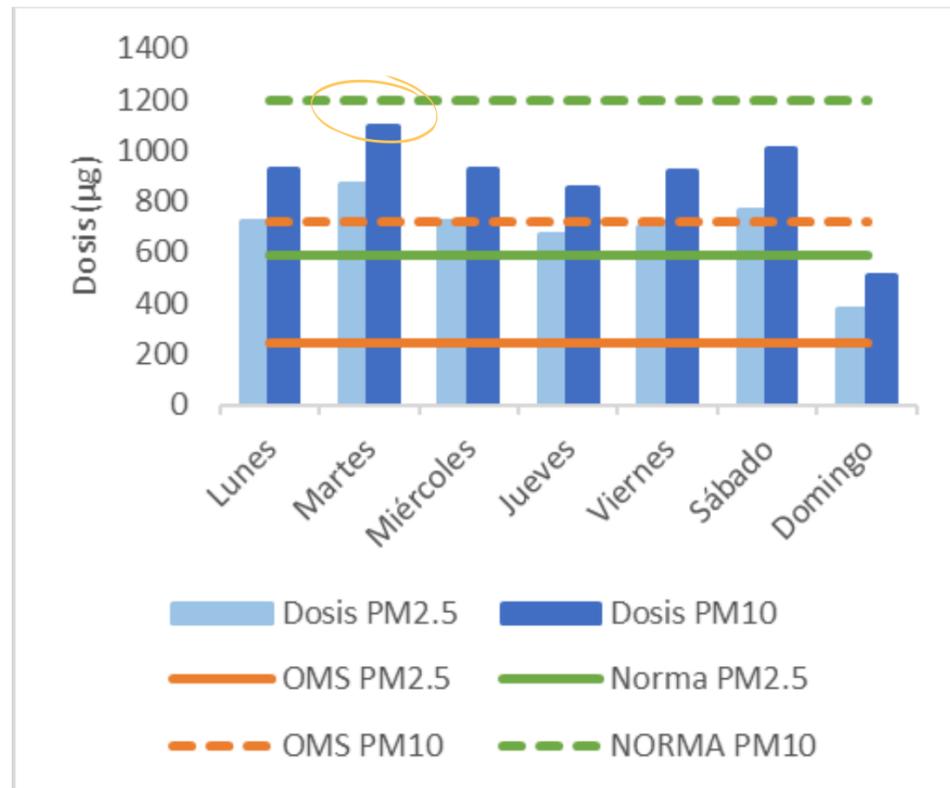
-
- En el 83,33% de los días en los que el **comedor labora** las concentraciones de PM10 suponen un estado de calidad del aire de segunda categoría.
 - El jueves reporta un valor de 49,25 y el ICA indica que la calidad del aire cambia para un valor de 50.
 - El 28% de la semana la calidad del aire es buena.
 - El 71,43% de la semana la calidad del aire es aceptable.

Dosis de inhalación

Diaria

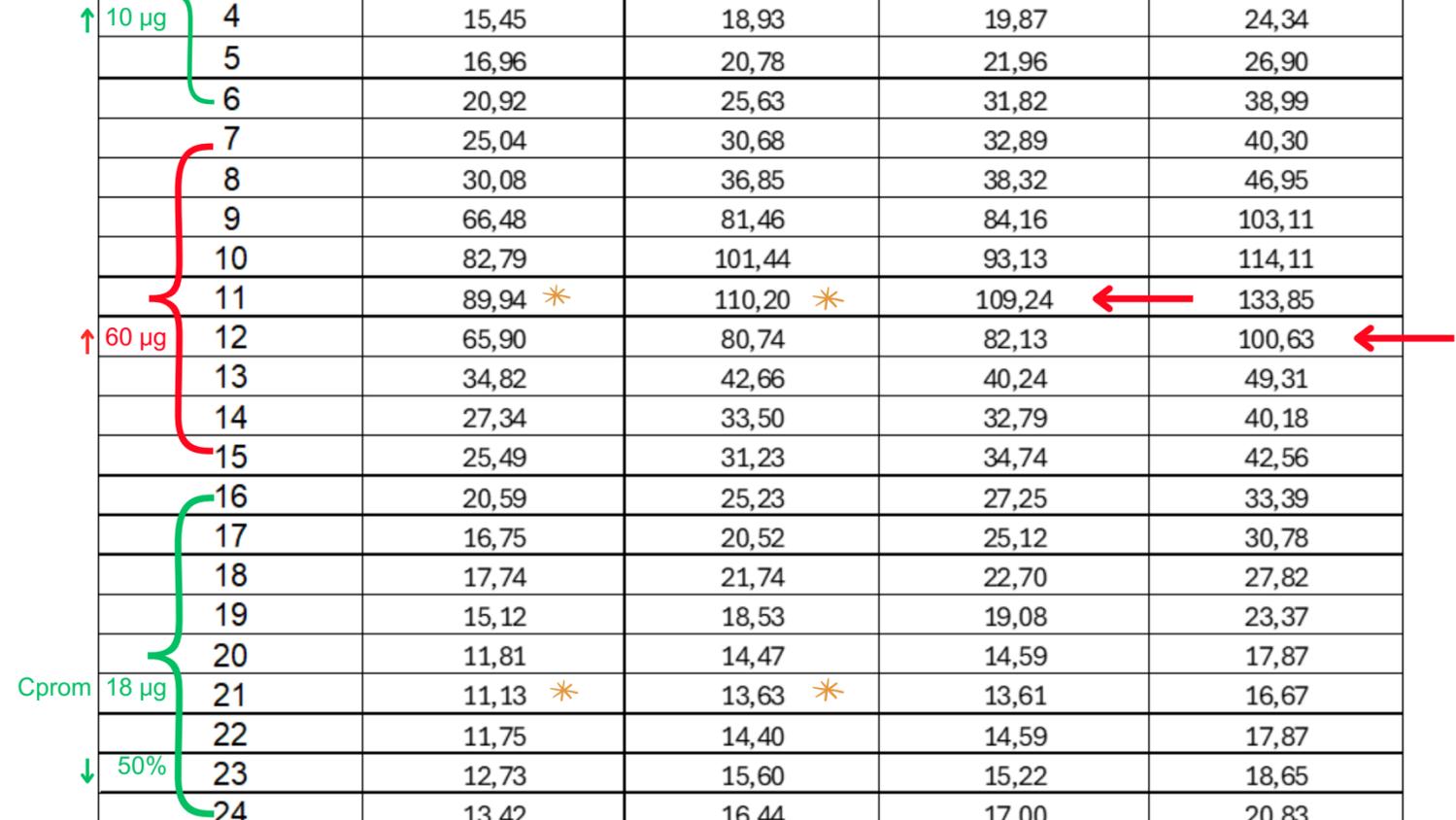
Horario

Dosis de inhalación diaria de PM10 y PM2.5								Datos de referencia		
Material particulado		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Norma	AQG - OMS
Dosis PM 2.5 (µg)	Mujer	721,39	863,28	721,04	665,33	698,40	762,45	374,45	591,41	239,76
	Hombre	883,87	1057,72	883,44	815,18	855,70	934,17	458,78	724,61	293,76
Dosis PM 10 (µg)	Mujer	922,26	1093,39	928,97	850,22	919,24	1006,70	507,63	1198,80	719,28
	Hombre	1129,98	1339,65	1138,19	1041,71	1126,27	1233,44	621,96	1468,80	881,28



- La dosis es alrededor de 50% mayor en días operacionales.
- Frente a los AQG para PM10 en 6 de 7 días se supera el valor máximo calculado en alrededor de 300 µg.
- Frente a la norma colombiana la dosis de PM10 no representa ningún riesgo.

Horas del día	Dosis de inhalación horaria de PM10 y PM2.5			
	Dosis PM 2.5 (µg)		Dosis PM 10 (µg)	
	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre
1	14,19	17,39	17,67	21,64
2	15,23	18,66	19,31	23,66
3	15,84	19,41	20,37	24,95
4	15,45	18,93	19,87	24,34
5	16,96	20,78	21,96	26,90
6	20,92	25,63	31,82	38,99
7	25,04	30,68	32,89	40,30
8	30,08	36,85	38,32	46,95
9	66,48	81,46	84,16	103,11
10	82,79	101,44	93,13	114,11
11	89,94 *	110,20 *	109,24	133,85
12	65,90	80,74	82,13	100,63
13	34,82	42,66	40,24	49,31
14	27,34	33,50	32,79	40,18
15	25,49	31,23	34,74	42,56
16	20,59	25,23	27,25	33,39
17	16,75	20,52	25,12	30,78
18	17,74	21,74	22,70	27,82
19	15,12	18,53	19,08	23,37
20	11,81	14,47	14,59	17,87
21	11,13 *	13,63 *	13,61	16,67
22	11,75	14,40	14,59	17,87
23	12,73	15,60	15,22	18,65
24	13,42	16,44	17,00	20,83



- **Fuentes de contaminación externas:** el comedor se encuentra ubicado al costado de una calle por la que transitan diferentes tipos de vehículos.
- **Impacto social:** Las concentraciones excedieron significativamente los límites establecidos en más del 70% del tiempo de monitoreo especialmente entre el martes y sábado en una franja crítica de 7:00 a.m., a 3:00 p.m.
- **Incidencia o coincidencia:** se presentaron picos de concentración en intervalos de tiempo de funcionamiento del comedor comunitario.
- **Riesgo latente:** En días operacionales el factor de relación PM2.5/PM10 es superior al 75%
- El ICA diario de PM2.5 corrobora que las concentraciones son dañinas para la salud de grupos sensibles en 6 de los 7 días de la semana.
- El estudio encontró que la dosis diaria inhalada de material fino supera el máximo propuesto con base en las concentraciones máximas de la norma colombiana y la OMS.
- **Revisión de estándares internos:** los valores máximos permisibles demuestran menor rigidez de los AQG.



REFERENCIAS

- Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US-EPA). (2023). Efectos del material particulado (PM) sobre la salud y el medio ambiente. Recuperado marzo 27, 2024 de: <https://espanol.epa.gov/espanol/efectos-del-material-particulado-pm-sobre-la-salud-y-el-medioambiente>
- Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US-EPA). (2011). Exposure Factors Handbook 2011. [Final Report]. <https://cfpub.epa.gov/ncea/risk/recordisplay.cfm?deid=236252>
- Alcaldía de Santiago de Cali. (2022). Comedores comunitarios: apoyo fundamental para la población con discapacidad. Recuperado marzo 27, 2024 de: <https://www.cali.gov.co/bienestar/publicaciones/170147/comedores-comunitarios-apoyo-fundamental-para-la-poblacion-con-discapacidad/>
- Alcaldía de Santiago de Cali. (2012). Anexo 5: Ficha de caracterización socioeconómica de los barrios de Santiago de Cali (Diagnóstico Descriptivo). Recuperado marzo 27, 2024 de: <https://www.cali.gov.co/descargar.php?idFile=7742>
- Buitrago Mesa, D. A., & Rodríguez Rodríguez, R. J. (2022). Estado del arte del uso de sensores de bajo costo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire por Material Particulado (PM10 y PM2.5) en el territorio colombiano. [Trabajo de grado especialización]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/32488>
- Barkjohn, K. K., Gantt, B., & Clements, A. L. (2021). Development and application of a United States-wide correction for PM 2.5 data collected with the PurpleAir sensor. [Artículo de investigación]. Atmospheric Measurement Techniques, 14(6), 4617-4637. <https://doi.org/10.5194/amt-14-4617-2021>
- Behrentz Valencia, E. et al. (2009). Memorias II Congreso Colombiano y Conferencia Internacional de Calidad del Aire y Salud Pública. -- Bogotá: Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Ediciones Uniandes, 2010. <http://sur.uniandes.edu.co/events/70-ii-congreso-colombiano-y-conferencia-internacional>
- Baena Hamburger, J., & Campo Morales, M. (2020). Evaluación de las concentraciones internas y externas de material particulado PM2.5 en dos instituciones educativas de la ciudad de Barranquilla, Atlántico. [Trabajo de pregrado]. Corporación Universidad de la Costa, Barranquilla, Colombia. <https://hdl.handle.net/11323/6905>
- Castagnasso, G. H., Balbi, K. B., Giuliani, D. S., Porta, A. A., & Massolo, L. A. (2017). Relación entre concentraciones de PM10 y PM2.5 en calidad del aire de Dock Sud, provincia de Buenos Aires. [Artículo de investigación]. Universidad de la Plata. In VI Congreso Bianual PROIMCA y IV Congreso Bianual PRODECA (Bahía Blanca, 2017). <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/118291>

- Centro de Inteligencia Económica y Competitividad CIEC. (septiembre 25 de 2023). Dinámica de la pobreza monetaria y desigualdad en Cali. <https://www.cali.gov.co/desarrolloeconomico/loader.php?IServicio=Tools2&ITipo=descargas&IFuncion=descargar&idFile=81079#:~:text=Al%20profundizar%20sobre%20los%20datos,en%20el%20que%20se%20ubic%C3%B3>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2020). Economía circular SEGUNDO REPORTE 2020. Recuperado marzo 27, 2024 de: <https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/economia-circular/economia-circular-2-reporte.pdf>
- Departamento Administrativo de Gestión Ambiental. (2018). Boletín Mensual de Calidad del Aire de Santiago de Cali. Recuperado noviembre 17, 2024 de: <https://www.cali.gov.co/dagma/loader.php?IServicio=Tools2&ITipo=descargas&IFuncion=descargar&idFile=28233>
- Estévez García, J. A. (2010). Exposición laboral a contaminación atmosférica: material particulado y efectos respiratorios en la salud de policías de tránsito de Bogotá, 2008-2009. [Trabajo de grado magister]. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/70397>
- Elías Guillen, S. (2022). Evaluación de emisiones atmosféricas por consumo de carbón vegetal en viviendas familiares de las comunidades de Ishotshimana y Pujuru, Cabo de la Vela, Uribia-La Guajira, Colombia. [Trabajo de grado magister]. Universidad de La Guajira, Riohacha, Colombia.
- Echeverri Londoño, C. A., & Maya Vasco, G. J. (2008). Relación entre las partículas finas (PM 2.5) y respirables PM 10) en la ciudad de Medellín. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 7(12), 23-42. <https://revistas.udem.edu.co/index.php/ingenierias/article/view/198>
- Gaviria, C. F., Benavides, P. C., & Tangarife, C. A. (2011). Contaminación por material particulado (PM2, 5 y PM10) y consultas por enfermedades respiratorias en Medellín (2008-2009). *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 29(3), 241-250. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-386X2011000300004
- González, J. R. Q., & González, L. E. Q. (2015). Biomasa: métodos de producción, potencial energético y medio ambiente. *Universidad de Boyacá*. 13+, 2(2), 28–44. <https://doi.org/10.24267/23462329.109>
- García, Y. E. V., Sánchez, J. A. P., & Rincón, J. A. D. (2021). Potencial de Biomasa en América del Sur para la Producción de Bioplásticos. Una Revisión. *Revista Politécnica*, 48(2), 7-20. <https://doi.org/10.33333/rp.vol48n2.01>
- Koopmans, A. (2002). Energía de la biomasa, contaminación atmosférica interior y salud. *Revista internacional de silvicultura e industrias forestales*, (53). <https://www.fao.org/4/y4450s/Y4450S00.htm#TopOfPage>
- Lopez, M., Mongilardi, N., & Checkley, W. (2014). Enfermedad pulmonar obstructiva crónica por exposición al humo de biomasa. [Artículo de investigación]. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 31, 94-99. <https://www.scielosp.org/pdf/rpmesp/2014.v31n1/94-99/es>

- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). LINEAMIENTOS PARA UN PROGRAMA DE ESTUFAS EFICIENTES PARA COCCIÓN CON LEÑA. Recuperado marzo 27, 2024 de: https://archivo.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/mitigacion_/LINEAMIENTOS_ESTUFAS_MEJORADAS_PARA_COCCI%C3%93N_CON_LE%C3%91A.pdf
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (noviembre 01, 2017). Resolución 2254 de 2017. Por la cual se adopta la norma de calidad del aire ambiente y se dictan otras disposiciones. <https://www.minambiente.gov.co/documento-entidad/resolucion-2254-de-2017/>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2010). Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire. https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/Protocolo_Calidad_del_Aire_-_Manual_Disenio.pdf
- Martínez Vallejo, L. (2019). Exposición en interiores a contaminantes atmosféricos (PM2.5 y BC) en hogares de personas con discapacidad. [Trabajo de grado magister]. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/84512/1085922748.2019.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Mori, Gámez, Y. (2018). Relación entre la Combustión de Biomasa Intradomiciliaria con la presencia de Sintomatología Respiratoria en niños menores de 5 años. [Trabajo de grado magister]. Universidad Rafael Landívar, Guatemala. <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesiseortiz/2018/09/05/Mori-Yesenia.pdf>
- Morales, R. et al. (2017). Exposure to Particulate Pollution in Transportation Microenvironments in Bogotá, Colombia. Journal of Transport & Health, Page S59. <https://doi.org/10.1016/j.jth.2017.05.353>
- Maldonado Charris. S. M. (2023). Inequidad en la exposición personal a material particulado en microambientes de transporte en Soledad, Atlántico. [Trabajo de grado magister]. Universidad del Norte. Barranquilla, Colombia. <https://manglar.uninorte.edu.co/handle/10584/12100>
- Organización Mundial de la Salud (2021). WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>
- Observatorio de Seguridad de Cali. (2019). Comuna 13. Caracterización en seguridad y convivencia. Recuperado septiembre 16, 2024 de: <https://www.cali.gov.co/loader.php?Servicio=Tools2&Tipo=descargas&Funcion=descargar&idFile=38322>
- Padrón, H. D., Chamorro, R. M. G., & Arango, M. P. A. E. P. (2020). Evaluación de la exposición ocupacional a polvo de antracita. [Artículo de investigación]. Revista Cubana de Salud y Trabajo, 15(1), 17-20. <https://revsaludtrabajo.sld.cu/index.php/revsyt/article/view/25>
- PurpleAir. (2024). Monitor de calidad del aire PurpleAir Flex. Recuperado junio 21, 2024 de: https://www2.purpleair.com/products/purpleair-flex?utm_campaign=popup-join-community&utm_medium=map&utm_source=purpleair
- Pan American Health Organization. (2016). Ambient Air Quality. [Notas Informativas] Recuperado octubre 21, 2024 de: <https://www.paho.org/es/temas/calidad-aire/calidad-aire-ambiente>

- Rincón Caro, M. A. (2019). Caracterización química del material particulado PM2.5 en Bogotá: detección de trazadores de quema de biomasa. [Trabajo de grado magister]. Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia. <http://hdl.handle.net/1992/44120>
- Ramos Bocanegra, D. A. (2019). Evaluación de la exposición personal en el sistema público de autobuses de tránsito rápido Transmilenio: Fase previa a la renovación de la flota para las fases I y II. [Trabajo de grado pregrado]. Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia. <http://hdl.handle.net/1992/44929>
- Sánchez Gómez, J. S., & Fajardo Pinilla, J. M. (2020). Tecnologías de aprovechamiento energético de biomasa para la electrificación rural en Cundinamarca. *Revista Ontare*, 7, 118–132. <https://doi.org/10.21158/23823399.v7.n0.2019.2643>
- Schraufnagel, D.E (2020). The health effects of ultrafine particles. [Artículo de Investigación]. *Experimental & Molecular Medicine*, 52, (3), 311-313. <https://doi.org/10.1038/s12276-020-0403-3>
- Sandoval, B., Rettig, D., Reyes, T., & Oyarzún, M. (2021). Impacto de la contaminación aérea por incendios forestales en la morbimortalidad de la población expuesta. [Artículo de Investigación]. *Neumología Pediátrica*, 16(4), 167-171. <https://www.neumologia-pediatrica.cl/index.php/NP/article/view/465>
- Solomon O. Giwa., Collins N. Nwaokocha., & Bashir O. Odufuwa. (2019). Air pollutants characterization of kitchen microenvironments in southwest Nigeria. *Building and Environment*. Volume 153. Pages 138-147. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.02.038>
- Sims, R. E., & Bassam, N. El. (2004). Biomass and Resources. En *Bioenergy Options for a Cleaner Environment*(pp. 1–28). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-008044351-5/50003-9>
- Unidad de Planeación Minero-Energética - UPME. (2022). PLAN NACIONAL DE SUSTITUCIÓN DE LEÑA Y OTROS COMBUSTIBLES DE USO INEFICIENTE Y ALTAMENTE CONTAMINANTE PARA LA COCCIÓN DOMÉSTICA DE ALIMENTOS. https://www1.upme.gov.co/sipg/Publicaciones_SIPG/Tomo_I_Formulacion_PNSL_dic2.pdf
- Universidad Distrital Francisco José de Caldas. et al. (2020). Biomasa en la región central. Convenio Interadministrativo 080 de 2019. Región Administrativa y de Planeación Especial RAP-E 11-15. <https://regioncentralrape.gov.co/wp-content/uploads/2020/04/Biomasa-en-la-Regio%CC%81n-Central..pdf>
- World Health Organization. (2024). Household air pollution. [Notas Informativas] Recuperado julio 26, 2024 de: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/household-air-pollution-and-health>
- World Health Organization. (2014). Guidelines for indoor air quality: Household fuel combustion. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241548885>
- Zambrano Bohórquez, D. L. (2017). Concentración de material particulado por combustión de leña en la zona rural del municipio de Santa Sofía, Boyacá. [Trabajo de grado especialidad]. Universidad Militar Nueva Granda, Bogotá, Colombia. <https://core.ac.uk/download/pdf/143454251.pdf>



Medellín, Colombia

CASAP X

CONGRESO COLOMBIANO Y
CONFERENCIA INTERNACIONAL

DE CALIDAD DE AIRE, CAMBIO CLIMÁTICO Y SALUD PÚBLICA

Más información



<https://casap.science/>



casap@casap.science