

Monitoreo Participativo de la Calidad del Aire desde la Ciencia Ciudadana como aporte a la Educación Ambiental en el Oriente de Santiago de Cali

Samuel Escalante Gutierrez y Manuela Mayorga Rojas



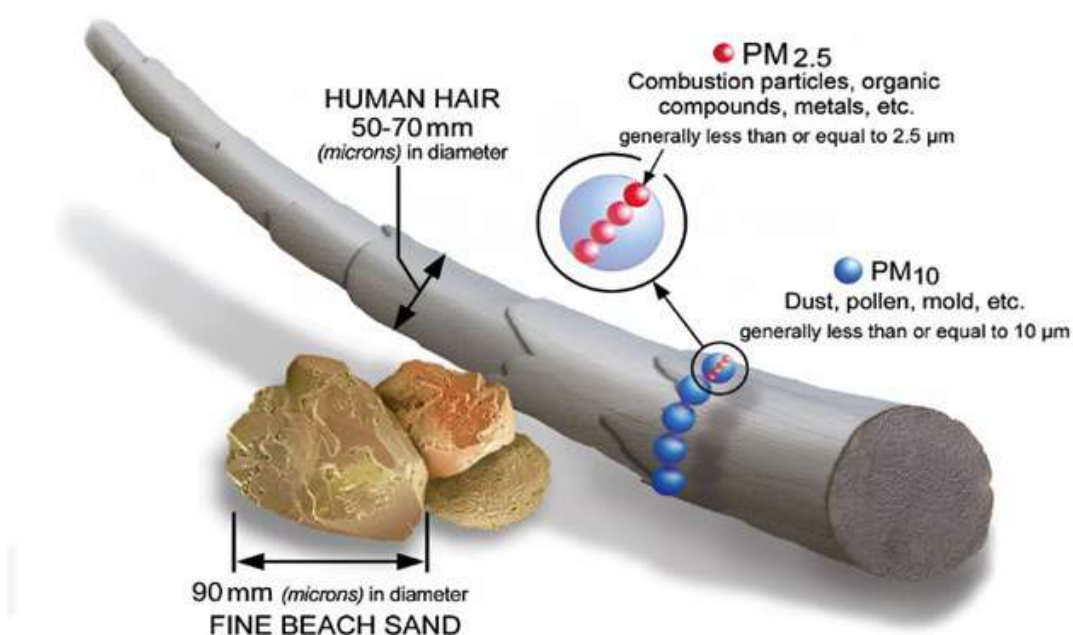
Tabla de contenido

- **Datos iniciales**
- **Introducción**
- **Contexto y Ubicación**
- **Metodología**
- **Métodos**
- **Sensor**
- **Resultados**
- **Implicaciones en políticas públicas y para la práctica**
- **Autores**

Datos iniciales

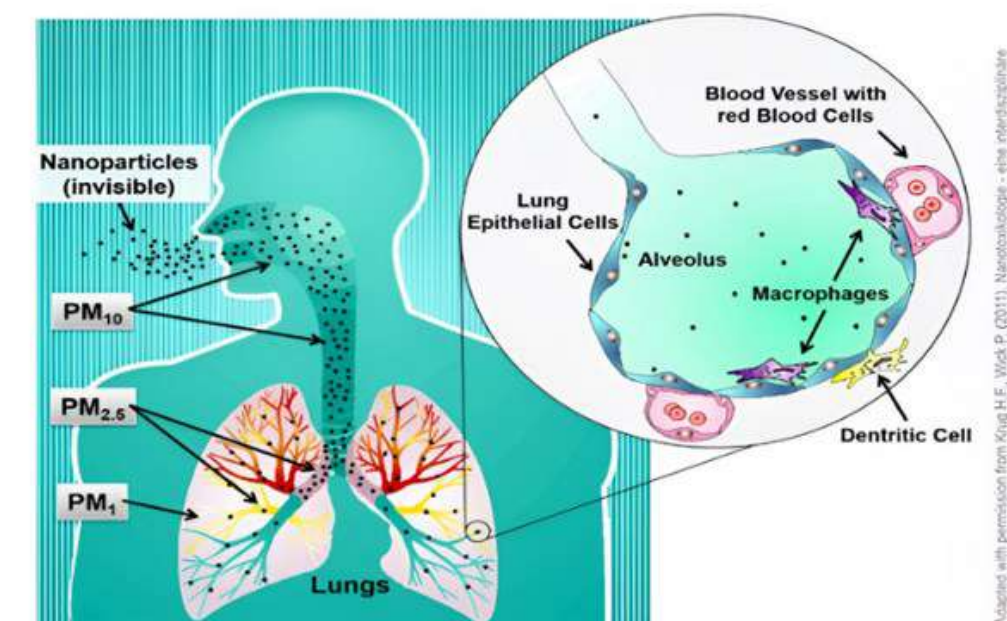
Para la Organización Mundial de la Salud (OMS), la contaminación del aire representa un importante riesgo medioambiental para la calidad de vida, bien sea en los países desarrollados o en los países en vías de desarrollo. Se estima que 4.2 millones de muertes prematuras, en todo el mundo por año, se deben a la exposición de partículas de diámetro inferior o igual a $2.5\ \mu\text{m}$, asociadas a problemas cardiovasculares y respiratorios (OMS, 2019, párr. 4 de cifras y datos)

Figura . Comparación del tamaño de material particulado con un grano de arena fina de la playa y un cabello humano



Fuente: Particulate Matter (PM) Pollution: What is PM, and how does it get into the air? [en línea]. EPA, 2010 [consultado mayo 2016]. Disponible en internet: <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics>

Figura .Posible vía de transporte para las partículas de diferentes tamaños (PM₁₀, PM_{2.5}, PM₁) en el pulmón



Fuente: KRUG H.F., WICK, P. Nanotoxicology: an interdisciplinary challenge. En: Angewandte Chemie International Edition, 2011, vol. 50, no 6, p. 1265

Riesgos a la Salud por Gases Detectados (MQ135)

1. Dióxido de Carbono (CO₂)

Niveles peligrosos: >1,000 ppm (interiores).

Efectos:

- Mareos
- Dolor de Cabeza
- Confusión

2. Amoníaco (NH₃)

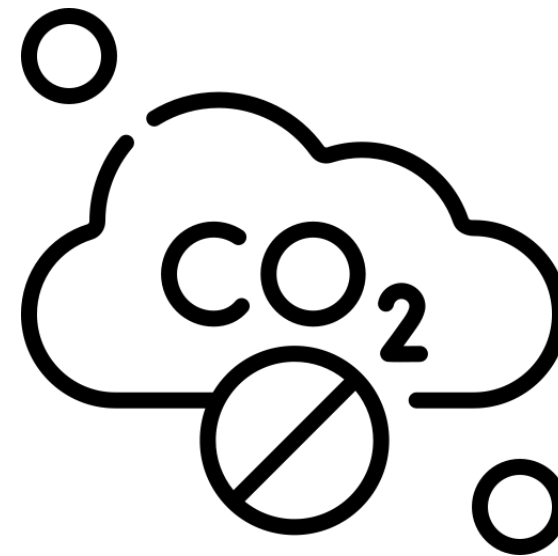
Niveles críticos: >25 ppm.

Efectos:

- Irritación ocular y respiratoria.
- Daño pulmonar (exposición crónica).

3. COVs (Benceno, Tolueno)

- Riesgo: Cáncer (benceno).
- Fuentes: Pinturas, humo de tabaco.



Fuente: Flaticon

Comuna 13 - Santiago de Cali

Ubicación: Zona oriental de Cali (Distrito de Aguablanca), históricamente marginada.

Historia:

- El crecimiento industrial de Cali atrajo migración masiva desde otros departamentos (67% de población viene del Chocó, Cauca, Nariño) y zonas rurales.
- El 33% restante corresponde a desplazamientos intraurbanos por el alto costo de vivienda.
- Este flujo migratorio aceleró un poblamiento desordenado en la Comuna 13, sin planificación urbana ni servicios básicos.

Desafíos sociales:

- Alta pobreza y desempleo.
- Violencia estructural y fronteras invisibles.
- Inseguridad alimentaria y degradación ambiental



Imagen 1. Área de estudio.
Fuente: Cali un mundo de historias

Comuna 13 - Santiago de Cali



Imagen 2. Área de estudio Fundautónoma

Fuente: GoogleEarth

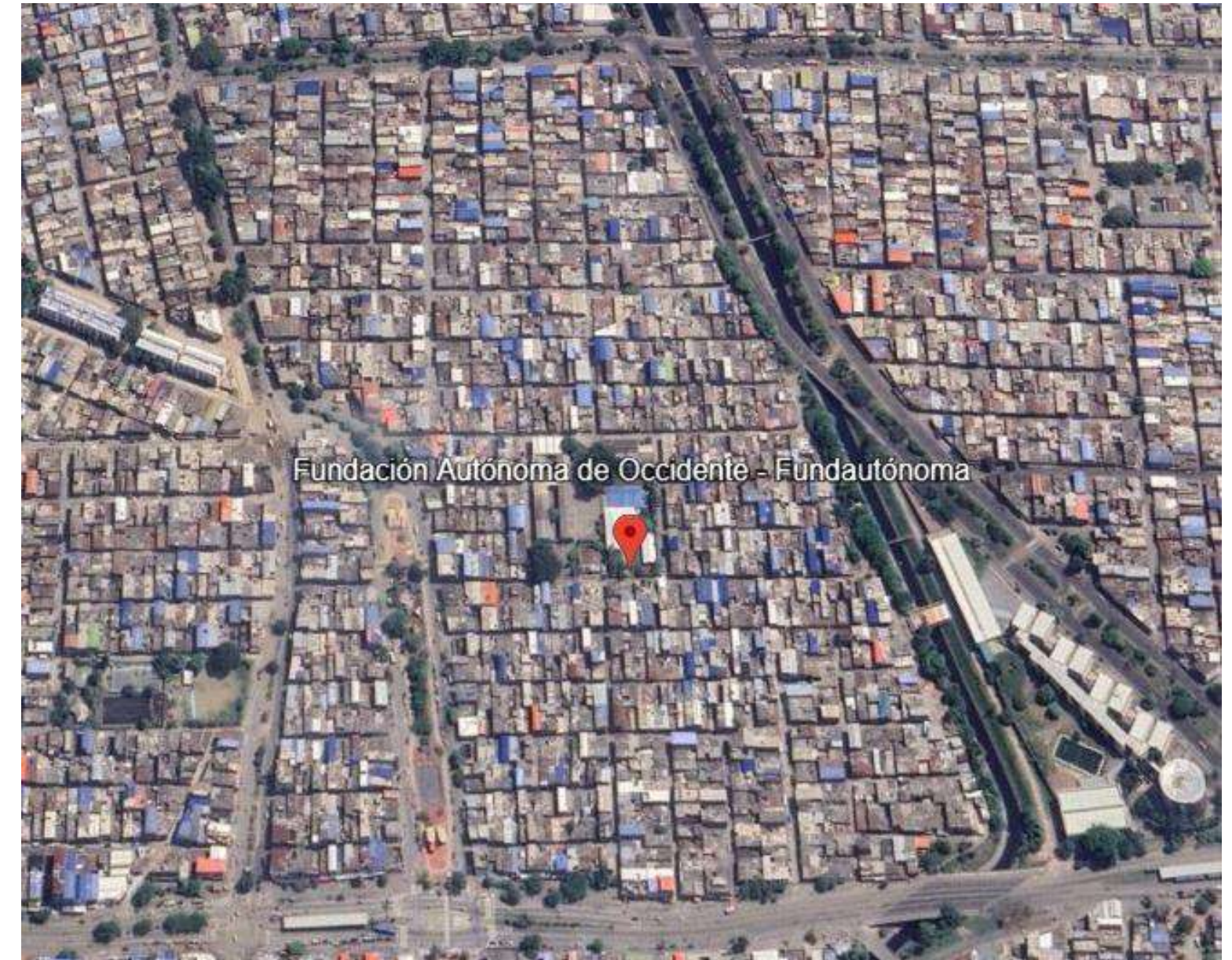


Imagen 3. Imagen ampliada del perímetro de la
Fundautónoma

Fuente: GoogleEarth



Introducción

Busca mejorar la cobertura y precisión del monitoreo ambiental, fortalecer la articulación entre actores sociales e institucionales y fomentar la apropiación social del tema.

1. La metodología incluye:

- Caracterización del entorno.
- Identificación de fuentes de contaminación.
- Selección, calibración y validación de sensores para medir PM10 y PM2.5.
- Los sensores fueron comparados con equipos de referencia para garantizar la fiabilidad de los datos.
- Se promueve la participación comunitaria en la recolección y análisis de información, impulsando la educación ambiental y la toma de decisiones informadas.

2. El objetivo es:

- Generar datos científicos relevantes.
- Diseñar estrategias tecnológicas para abordar problemáticas locales.
- Posicionar la calidad del aire como un factor clave en la salud ambiental y las políticas públicas mediante ciencia ciudadana.

Problema

Insuficiente información y participación ciudadana para la gestión integral de la contaminación atmosférica urbana en el municipio de Santiago de Cali.



Fuente: DAGMA (2023). Boletín diario de la calidad del aire de Santiago de Cali.

Propuesta de valor

1. Monitoreo de Bajo Costo y Alta Precisión

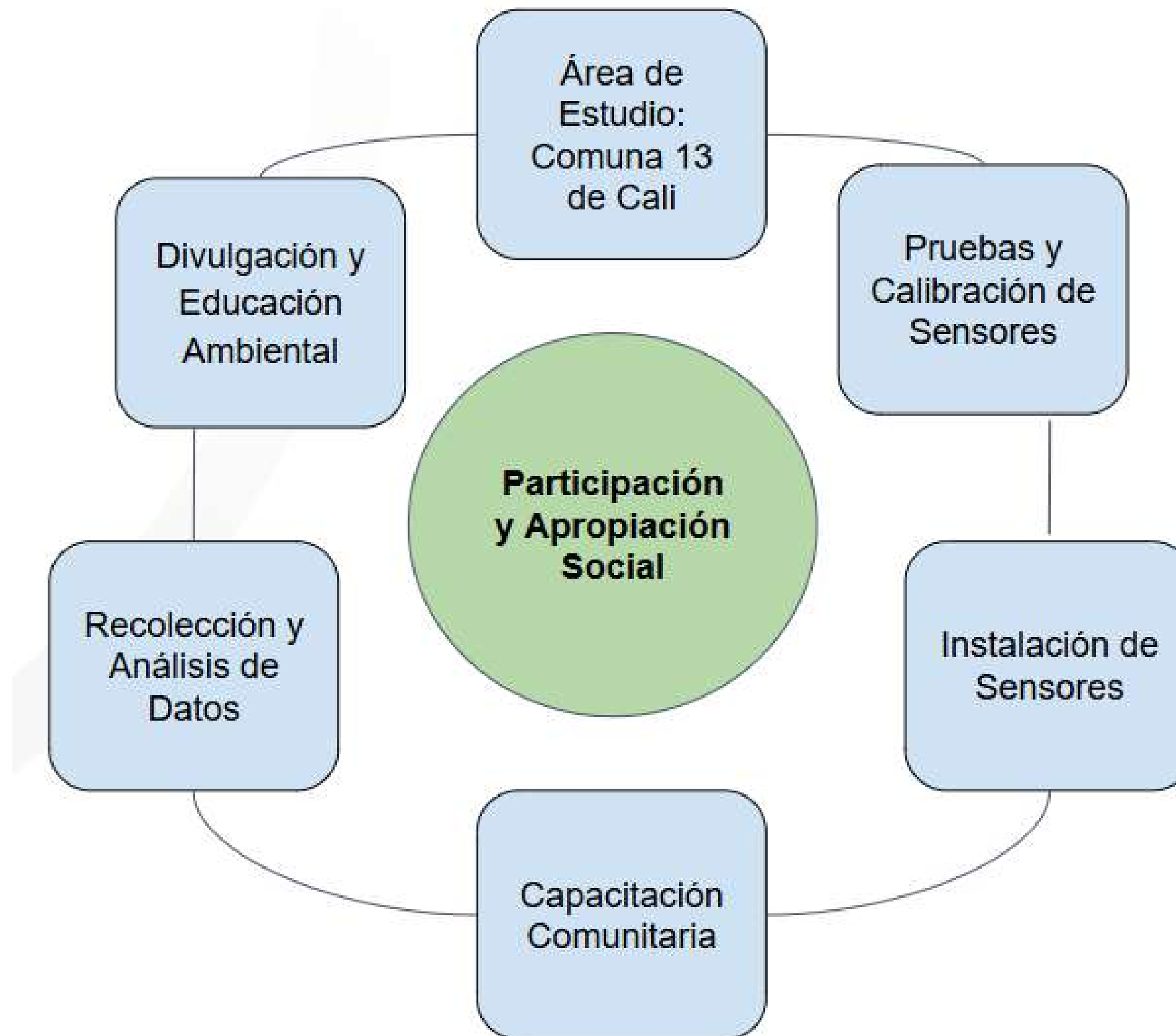


2. Participación Comunitaria y Educación Ambiental



3. Acceso a Información en Tiempo Real y Visualización Comprensible para la Comunicación Ciudadana







1. Caracterización del Entorno

- Talleres comunitarios para:
 - Identificar factores que afectan la calidad del aire
 - Sensibilizar sobre el impacto del material particulado (PM2.5 y PM10) en la salud

2. Instalación del Sensor

- Criterios técnicos basados en normativas vigentes
- Garantía de mediciones precisas

3. Desarrollo Técnico del Sensor

- Componentes y Configuración:
 - Módulo DS3231 (gestión del tiempo) con MicroPython
 - Sensores:
 - MQ135 (gases: CO₂, amoníaco, acetona)
 - BME280 (temperatura, humedad y presión)
 - SEN54 (material particulado)

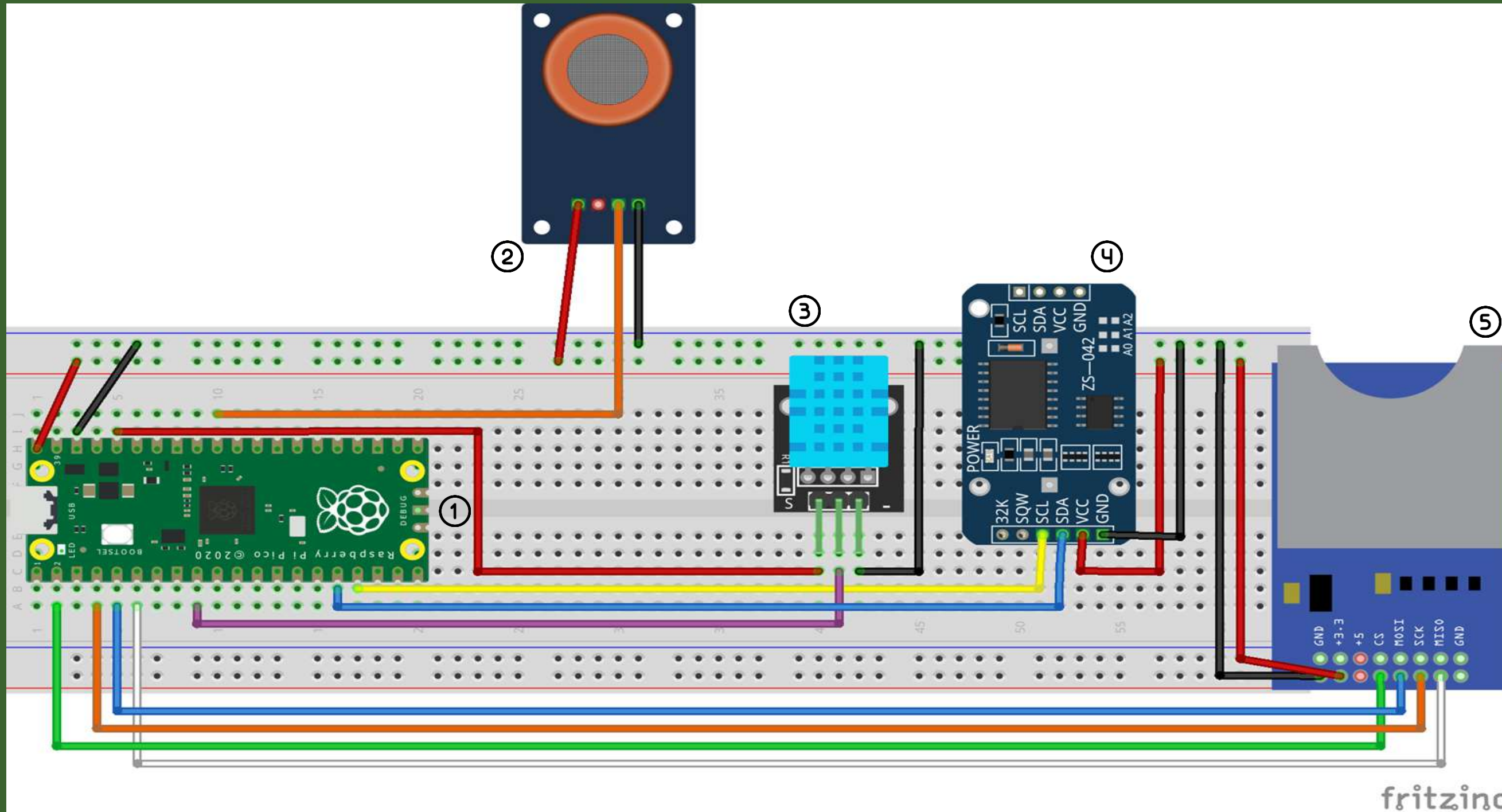
Calibración y Validación:

- Pruebas comparativas con dispositivo de referencia (Flex - Air Quality Monitor)
- Ajuste de parámetros para minimizar errores
- Correcciones basadas en temperatura y humedad

Almacenamiento de Datos:

- Tarjeta SD con sistema optimizado de escritura y logs
- Pruebas de códigos (MicroPython) para resolver problemas de comunicación

Sensor



- 1. Microcontrolador – Raspberry Pi Pico
- 1. Sensor MQ135
- 1. Sensor BME280
- 1. Módulo DS3231 (RTC)
- 1. Módulo lector de tarjeta SD
- 1. Protoboard y cables Dupont

Métodos

5. Estación Meteorológica Ambient Weather 2902 D

Sensores integrados

- Temperatura y humedad: Sensor de alta precisión ($\pm 0.5^{\circ}\text{C}$, $\pm 3\%$ humedad).
- Anemómetro: Mide velocidad y dirección del viento (rango: 0–100 mph).
- Pluviómetro: Registro de precipitación en mm/hora (resolución 0.2 mm).
- Radiómetro UV: Índice UV (0–15 escala UVI).
- Barómetro: Presión atmosférica (hPa) con pronóstico meteorológico integrado.

Conectividad:

Transmisión inalámbrica: Frecuencia de 915 MHz (alcance de hasta 300 m en campo abierto).

Conexión a internet: Vía consola WiFi (envío de datos a plataformas como Weather Underground).

6. Visualización de Datos

- Dashboard interactivo accesible para la comunidad

A vertical photograph on the left side of the slide showing a nighttime cityscape of Medellín. The image is dominated by the illuminated dome and facade of the Cathedral of the Virgin of Luján, with its lights reflecting on the surrounding buildings. In the foreground, a blurred train is visible on an elevated track, suggesting motion. The sky is dark with some clouds, and the overall atmosphere is urban and vibrant.

Resultados

Resultados del sensor de calidad del aire

El sensor registró concentraciones significativas de gases como acetona (320.11 ppm), etanol (198.28 ppm), CO (1.0 ppm), CO₂ (407.64 ppm), NH₄ (96.83 ppm) y tolueno (43.86 ppm), con una humedad promedio del 43.70% y una temperatura promedio de 30.86°C. Las gráficas evidenciaron que las concentraciones de gases varían en función de la temperatura, la humedad y el tiempo, mostrando patrones únicos para cada gas monitoreado. Los resultados son preliminares, y se espera la integración futura del sensor de Material Particulado para complementar el monitoreo.

Resultados de los talleres comunitarios

En el *Taller #1: Diálogo de saberes*, los participantes compartieron percepciones y experiencias locales sobre la calidad del aire, integrando conocimientos científicos y tradicionales para identificar problemáticas y proponer soluciones adaptadas al contexto.

En el *Taller #2: Cartografía social*, se introdujeron conceptos sobre mapas participativos y se realizó un recorrido territorial, identificando fuentes de contaminación y zonas vulnerables, fortaleciendo el vínculo entre el análisis técnico y la acción comunitaria.



Taller Comunitario Calidad del Aire



Resultados

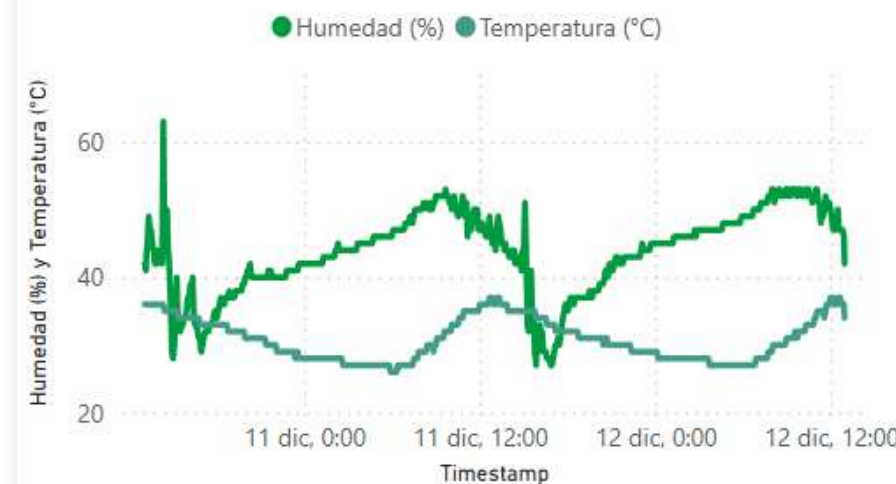
Dashboard: Dashboard Monitoreo de la Calidad del Aire

Monitoreo de la Calidad del aire en el Oriente de Cali

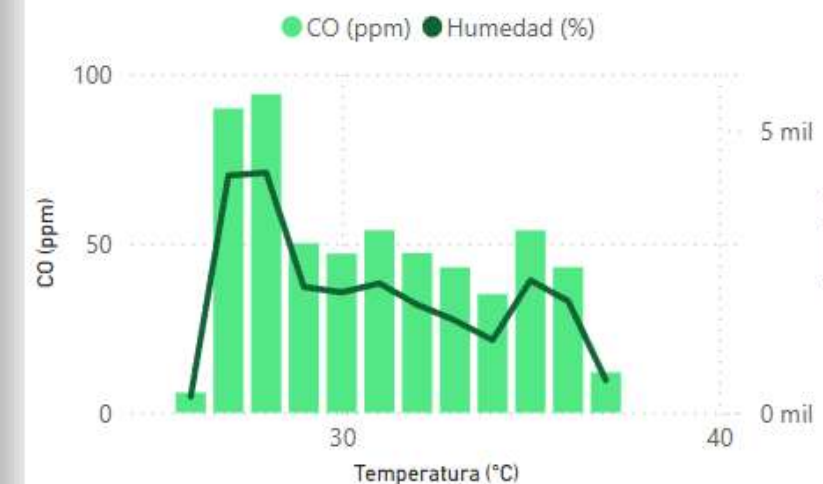
SEMILLERO DE INVESTIGACIÓN
SIGMA

SEMILLERO DE INVESTIGACIÓN
AMAUTA

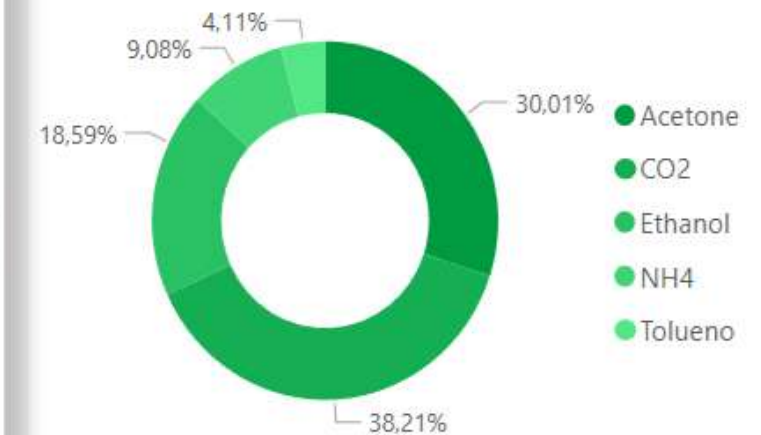
Tendencias de Humedad (%) y Temperatura (°C) en el Tiempo



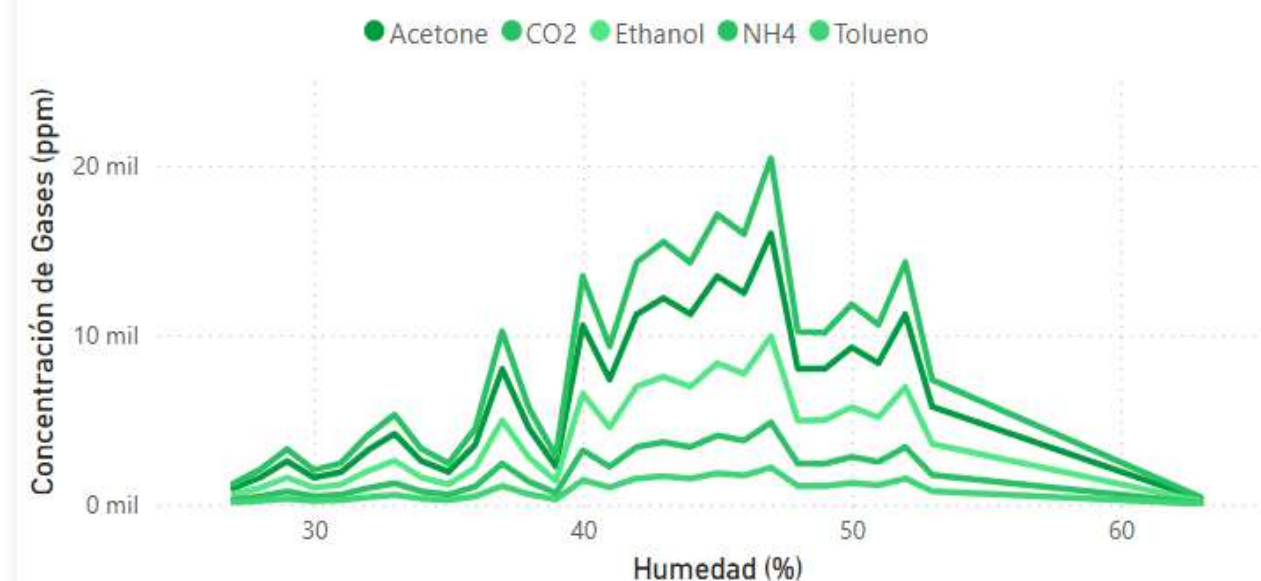
Variación de CO (ppm) y Humedad (%) según la Temperatura (°C)



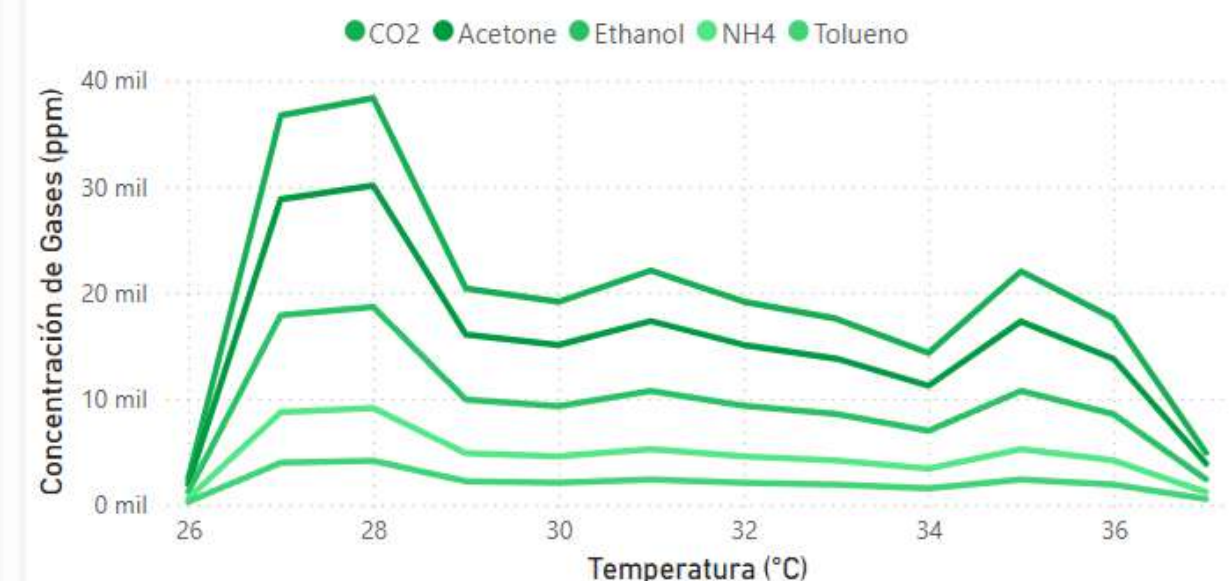
Concentraciones de Gases (ppm)



Comportamiento de Gases (ppm) en Función de la Humedad (%)



Comportamiento de los Gases en Función de la Temperatura (°C)



Implicaciones en políticas públicas y para la práctica

En políticas públicas:

- Fortalece normativas ambientales existentes.
- Descentraliza el monitoreo hacia zonas desatendidas.
- Promueve el acceso abierto a la información ambiental.
- Fomenta la colaboración entre comunidades, instituciones y sector privado.
- Mejora la toma de decisiones al integrar los datos en plataformas oficiales.

En la práctica profesional:

- Capacita a las comunidades en el uso de sensores y análisis de datos.
- Impulsa soluciones tecnológicas adaptadas al contexto local.
- Complementa métodos tradicionales de monitoreo ambiental.
- Promueve la educación STEM y la sensibilización ambiental.
- Empodera a las comunidades para diseñar estrategias que reduzcan la contaminación y mejoren la salud pública.



Autores - Equipo de trabajo

Manuela Mayorga Rojas
Samuel Escalante Gutiérrez
Mariana Mera Gutiérrez
Emmanuel Quintero Palma
María de los Ángeles Amú Moreno
Isabella López Ibarra
Juan Sebastián Melo López
Juan David Ramírez Ramos
Ana Sofía Uribe Restrepo
Diego Burgos Salamanca
Germán Calberto Sánchez

manuela.mayorga@uao.edu.co
samuel.escalante@uao.edu.co

Referencias

- Alcaldía de Santiago de Cali. (2021). DAGMA presenta informe de calidad del aire de Cali.
<https://www.cali.gov.co/dagma/publicaciones/162406/dagma-presenta-informe-de-calidad-del-aire-de-cali/>
- Chen, X., Yin, L., Fan, Y., Song, L., Ji, T., Liu, Y., ... & Zheng, W. (2020). Temporal evolution characteristics of PM2.5 concentration based on continuous wavelet transform. Science of The Total Environment, 699, 134244.
- Chow, J. C., Watson, J. G., Fujita, E. M., Lu, Z., Lawson, D. R., & Ashbaugh, L. L. (1994). Temporal and spatial variations of PM2.5 and PM10 aerosol in the Southern California air quality study. Atmospheric Environment, 28(12), 2061-2080.
- Departamento Administrativo de Planeación, Santiago de Cali. (s.f.). Plan Territorial de la Comuna 13.
<https://www.cali.gov.co/publico2/documentos/planeacion/planterritorial/com13.pdf>
- Echeverry Prieto, G., Mosquera-Becerra, J., & Rojas, N. Y. (2022). Air pollution, weather, traffic and social dynamics in a major Latin American City: Case of Santiago DE Cali, Colombia (2015-2020). SSRN Electronic Journal. <https://doi.org/10.2139/ssrn.411522>
- Echeverry, G, Rojas, N. Y., & Becerra, J. M. (2021). Impact of traffic variability on the concentration of particulate matter in Santiago de Cali. 2021 Congreso Colombiano y Conferencia Internacional de Calidad de Aire y Salud Pública (CASAP), 1–4
- Marketing & Marketing 21 de octubre de 2024. (2024, 26 octubre). Dióxido de carbono: ¿Cuáles son los peligros en la industria alimentaria y de bebidas? Crowcon Detection Instruments Limited. <https://www.crowcon.com/es/article/carbon-dioxide-what-are-the-dangers-in-the-food-and-beverage-industry/>
- Resumen de Salud pública: Amoníaco (Ammonia) | PHS | ATSDR. (s. f.). https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs126.html

Más información



<https://casap.science/>



casap@casap.science

Referencias

- Pachón, J., Galvis, B., Lombana, O., Carmona, L., Fajardo, S., Rincón, A., & Henderson, B. (2018). Development and evaluation of a comprehensive atmospheric emission inventory for air quality modeling in the megacity of Bogotá. *Atmosphere*, 9(2), 49.
- Steinle, S., Reis, S., & Sabel, C. E. (2013). Quantifying human exposure to air pollution—Moving from static monitoring to spatio-temporally resolved personal exposure assessment. *Science of The Total Environment*, 443, 184-193.
- Universidad Autónoma de Occidente. (s.f.). Tu territorio y sus potencialidades. Recuperado de <https://tuterritorio.uao.edu.co/>
- Vitale, C. M., & Gutovitz, S. (2023, 8 agosto). Aromatic Hydrocarbon Toxicity: Benzene and Toluene. StatPearls - NCBI Bookshelf. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK532257/>

Más información



<https://casap.science/>



casap@casap.science



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