



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
DE COLOMBIA

2025  
**geslab**  
hablemos de laboratorios

# **Implementación de Ensayos de Aptitud en la Matriz Aire. Caso Gases Contaminantes Criterio**

Laboratorio CALAIRE - Wilson R. Salas

Sede Medellín

Facultad de Minas

# Laboratorio CALAIRE

- **Misión:**

- CALAIRE será reconocido como **centro integral de desarrollo en gestión de la calidad del aire**, aportando su capacidad técnica y conocimiento especializado en servicios de calibración y de calidad de aire, que contribuyan al **mejoramiento de la calidad de vida de los colombianos**.

- **Visión:**

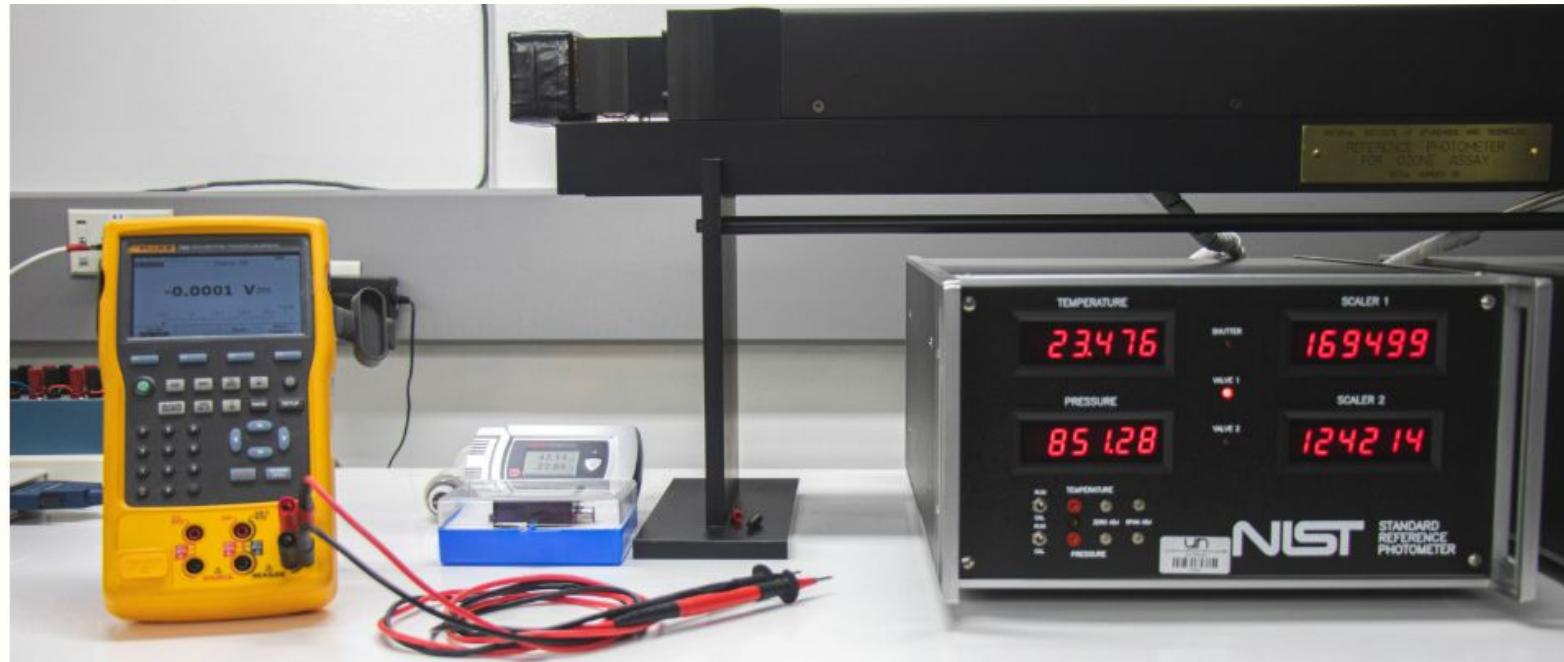
- CALAIRE está diseñado para responder a las necesidades y obligaciones en materia de calidad del aire de la comunidad y de las entidades del sector público y privado, mediante la prestación de servicios de ensayos y calibración; en el marco de proyectos de investigación y extensión, que han generado acciones de mejoramiento ambiental y calidad de vida de la población.

# Laboratorio CALAIRE

■ CALAIRE, primer laboratorio del país,  
designado del Instituto Nacional de Metroología

Publicado: 18 Mayo 2023

Una gran noticia para la institución, un logro derivado del esfuerzo, la dedicación y el trabajo de más de una década, del estudio de la dispersión de contaminantes y la evaluación de sus niveles.



# Laboratorio CALAIRE

- **Proyectos:**

- Ampliación de alcance en la magnitud Caudal
- Servicios de ensayos colaborativos con miras a ensayos de aptitud en la matriz aire.
- Reconocimiento del Sistema de Gestión ante el QUALITY SYSTEM TASK FORCE (QSTF).
- Reconocimiento de la CMC ante el BIPM.

# La contaminación del aire nos afecta a todos

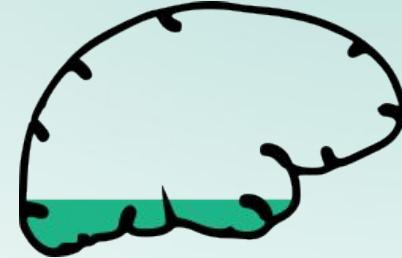
**~99% Población  
Expuesta**

**~7 Millones  
muertes prematuras**

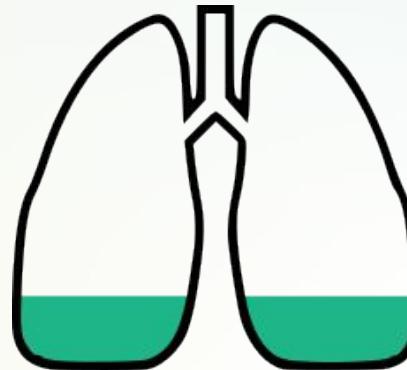
**34%**  
enfermedades  
cardíacas



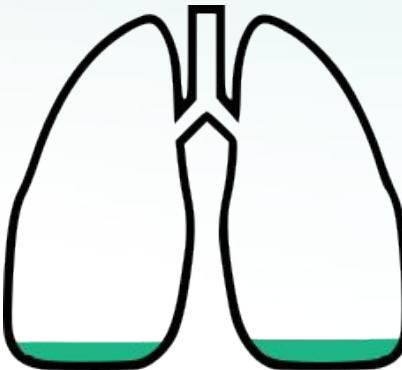
**20%**  
infarto  
cerebral



**21%**  
neumonía  
**20%**  
EPOC



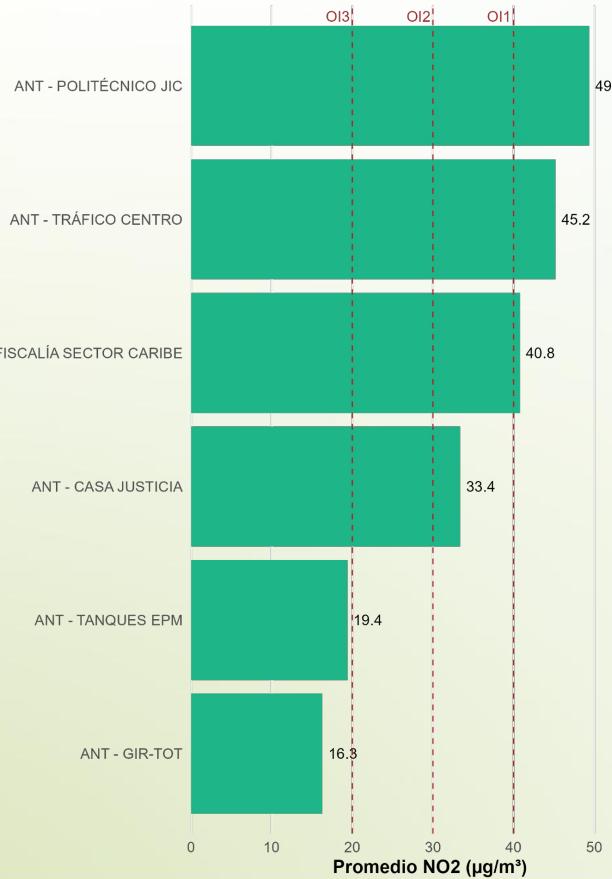
**7%**  
cáncer de  
pulmón



# Estado de la Calidad del Aire en Colombia (2023)

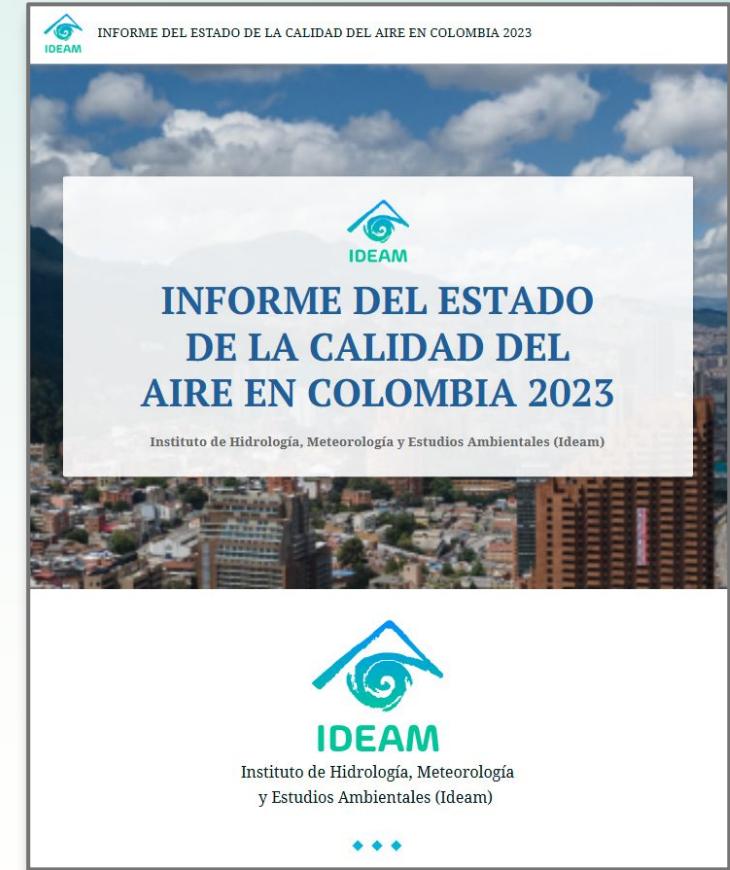
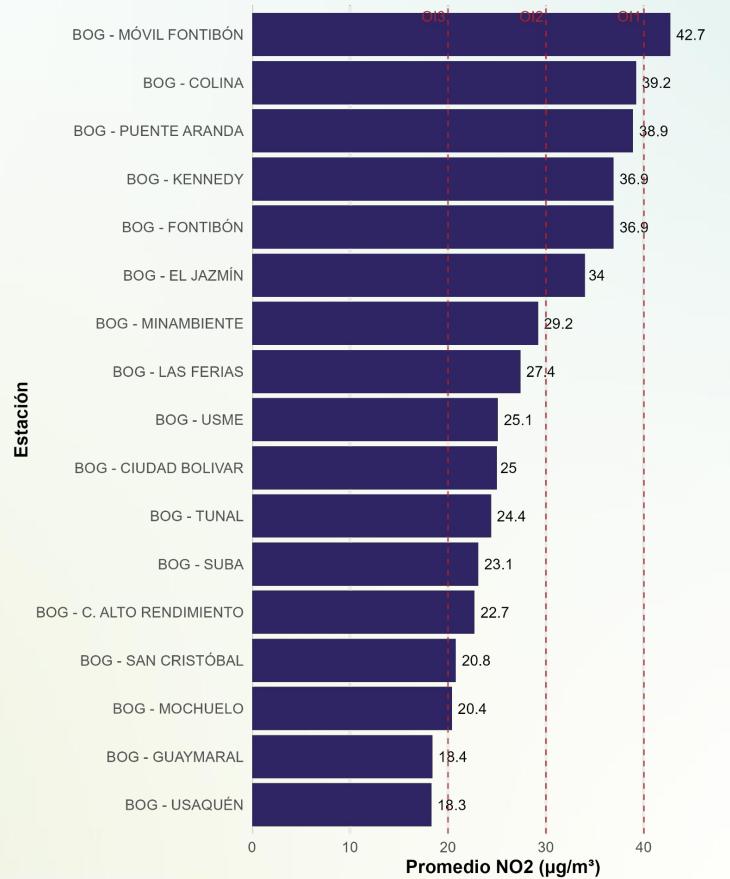
## Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>) - Antioquia

Valores promedio por estación de monitoreo

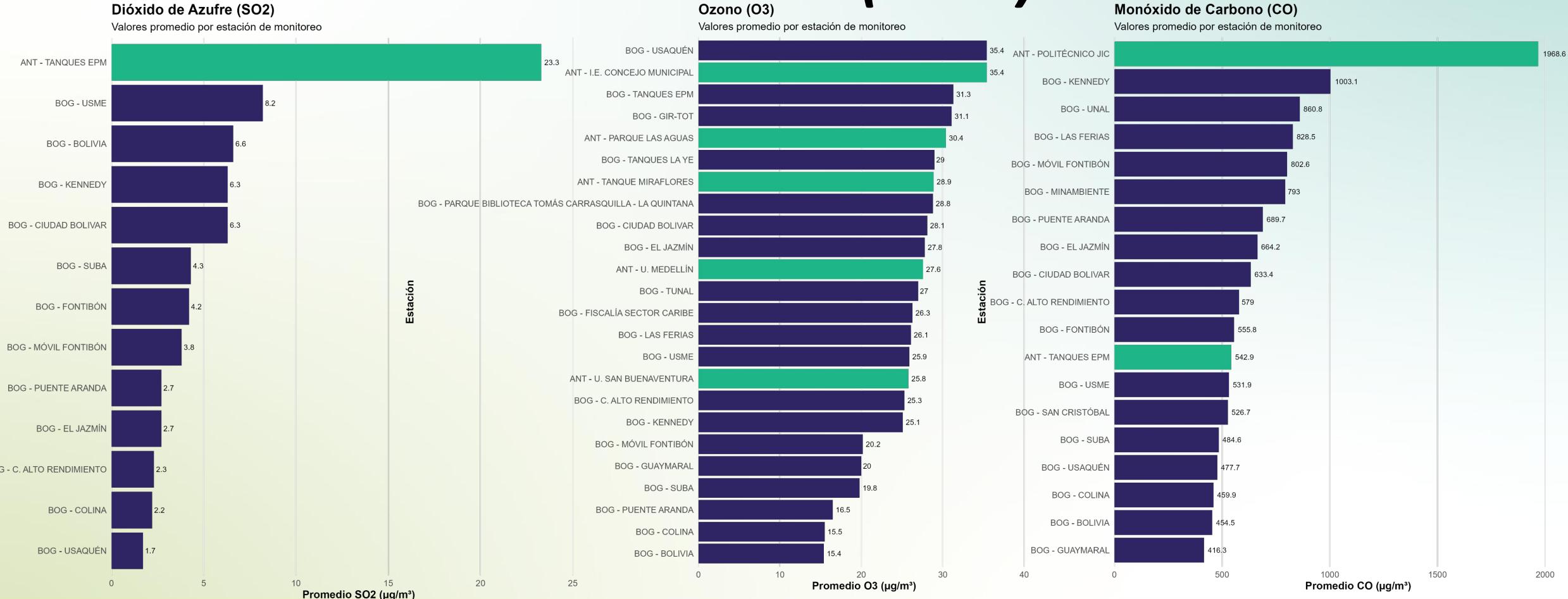


## Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>) - Bogotá

Valores promedio por estación de monitoreo



# Estado de la Calidad del Aire en Colombia (2023)



# *Estado de la Calidad del Aire en Colombia (2023)*

**Impacto en Salud:**

**~7,200 muertes evitables en 2023**

**~1900 Bogotá**

**~1100 Medellín**



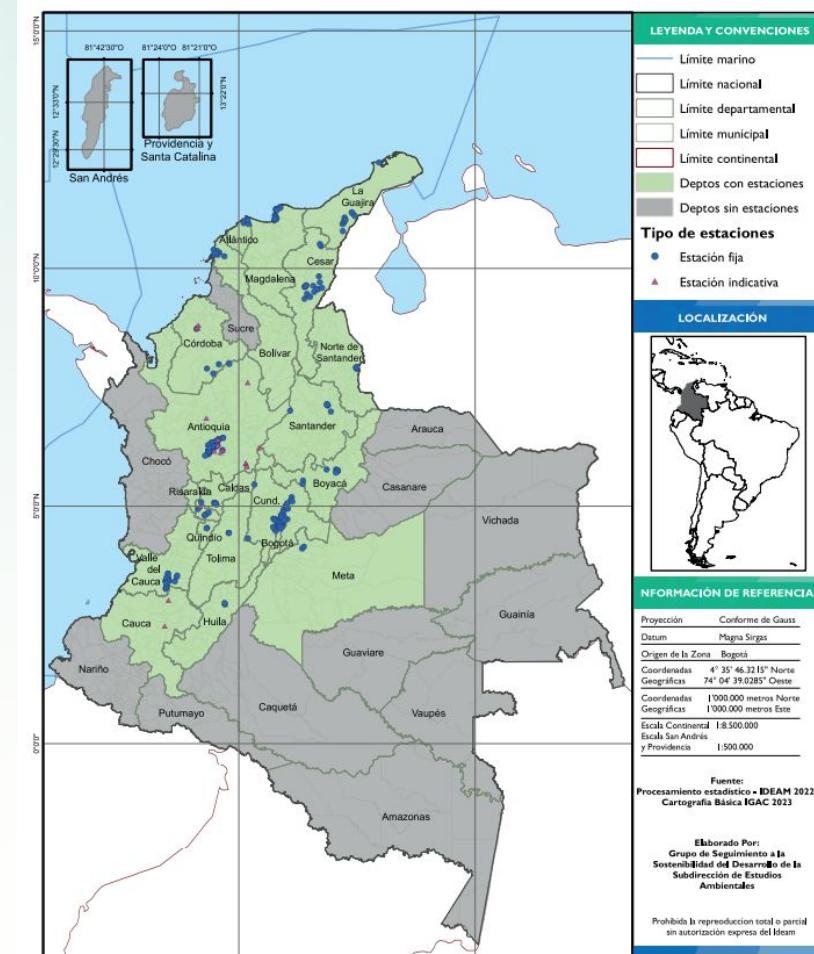
# Estado de la Calidad del Aire en Colombia (2023)

## Estado del monitoreo en el país

**209**  
estaciones  
**23** sistemas de  
vigilancia

**30% - 50%**  
estaciones  
**NO** generan  
datos válidos

**~53%**  
sistemas de  
vigilancia  
**NO** están  
acreditados



# Características del proyecto

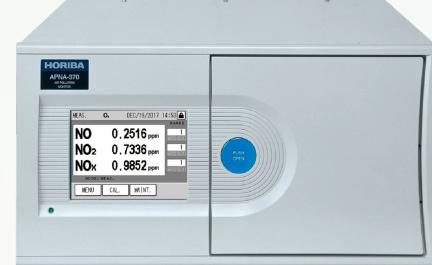
- **Objetivo General:**
  - Establecer un servicio de CIL/EA para la evaluación competente, imparcial e independiente del desempeño de los laboratorios basado en ISO/IEC 17043:2023.
- **Alcance Propuesto:**



**Dióxido de Azufre  
Analizador  $SO_2$   
HORIBA APSA-370**



**Ozono troposférico  
Analizador  $O_3$   
Thermo-49i**



**Óxidos de Nitrógeno  
Analizador NO- $NO_2$   
HORIBA APNA-370**



**Monóxido de Carbono  
Analizador CO  
Teledyne T300**

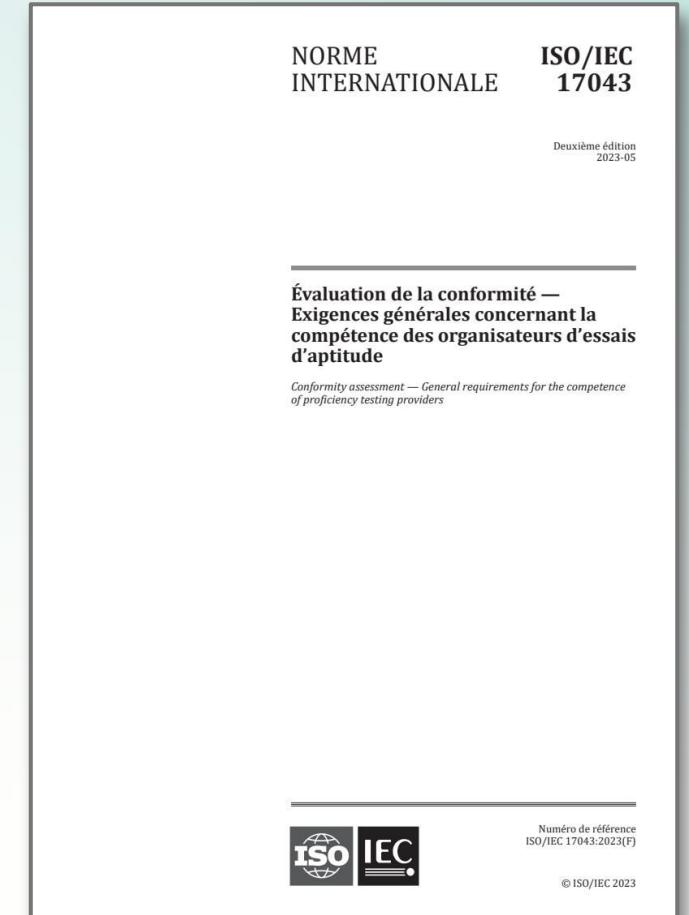
# Características del proyecto

- **Impacto Esperado:**

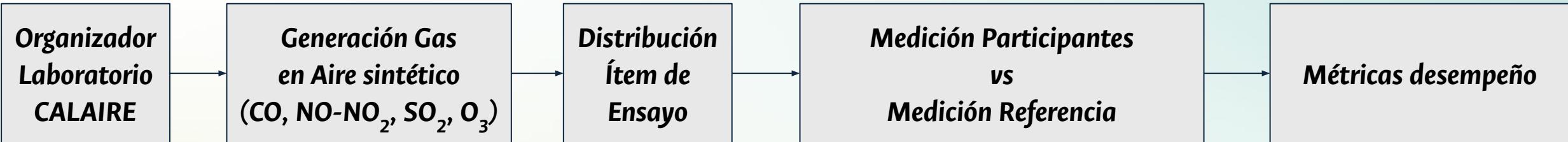
- Fortalecer la infraestructura de calidad del aire del país
- Mejorar la confiabilidad de las mediciones de calidad del aire.
- Contribuir a la toma de decisiones en materia ambiental y de salud pública.
- Posicionar a CALAIRE como el único proveedor de este servicio en la región andina.

# ¿Qué es un Ensayo de Aptitud (EA)?

- Es la evaluación del desempeño de participantes con respecto a criterios preestablecidos mediante comparaciones interlaboratorio (CIL).
- Las CIL son el diseño, realización y evaluación de mediciones sobre el mismo ítem por dos o más laboratorios.
- Son una herramienta esencial para demostrar la competencia de los organismos de evaluación de la conformidad.



# ¿Qué es un Ensayo de Aptitud (EA)?



**Material de Referencia Certificado**



Calibrador Dinámico

Aire Cero



Tubo colector múltiple (Manifold)



Participantes



Referencia: CALAIRE

Métodos Estadísticos  
**ISO 13528:2022**

$$z_i = (x_i - x_{pt}) / \sigma_{pt}$$

$$\zeta_i = \frac{(x_i - x_{pt})}{\sqrt{u^2(x_i) + u^2(x_{pt})}}$$

$$En_i = \frac{(x_i - x_{pt})}{\sqrt{U^2(x_i) + U^2(x_{pt})}}$$

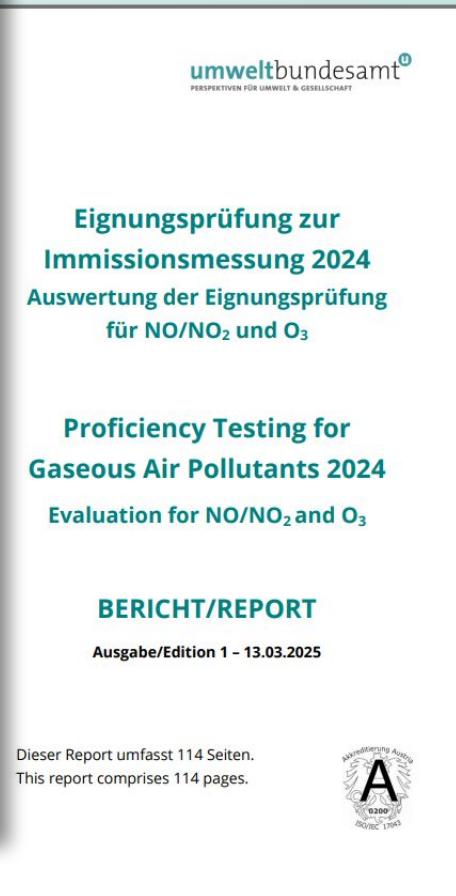
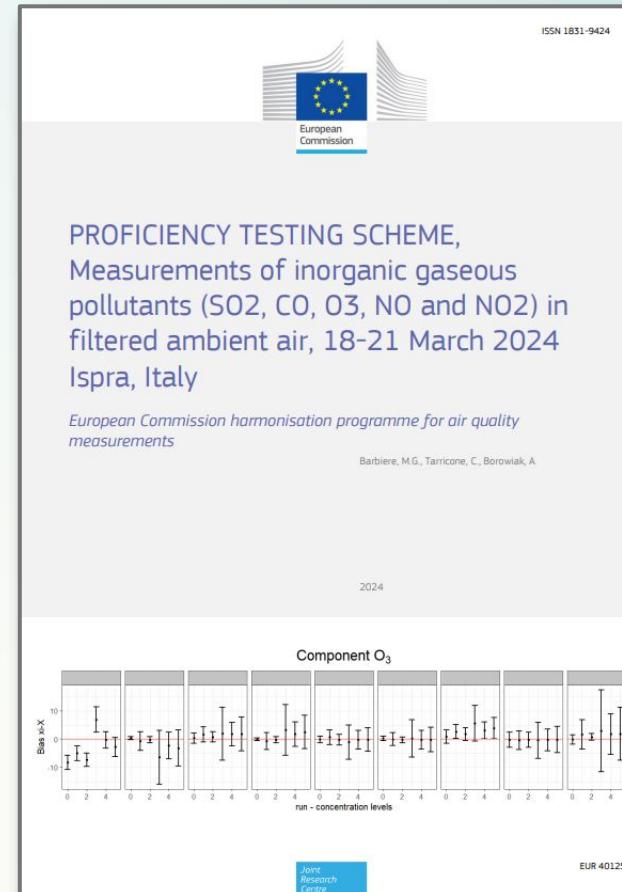
# Estado del Arte

## ● 1. Informe del Estado del Arte

### ○ Contenido:

- Métodos de Medición de Referencia.
- Normativa y Guías Internacionales .
- Ejemplos de programas de CIL/EA.

### ○ Enfoque para Grupos Pequeños: Prioriza la determinación independiente del valor asignado y el uso del número En.



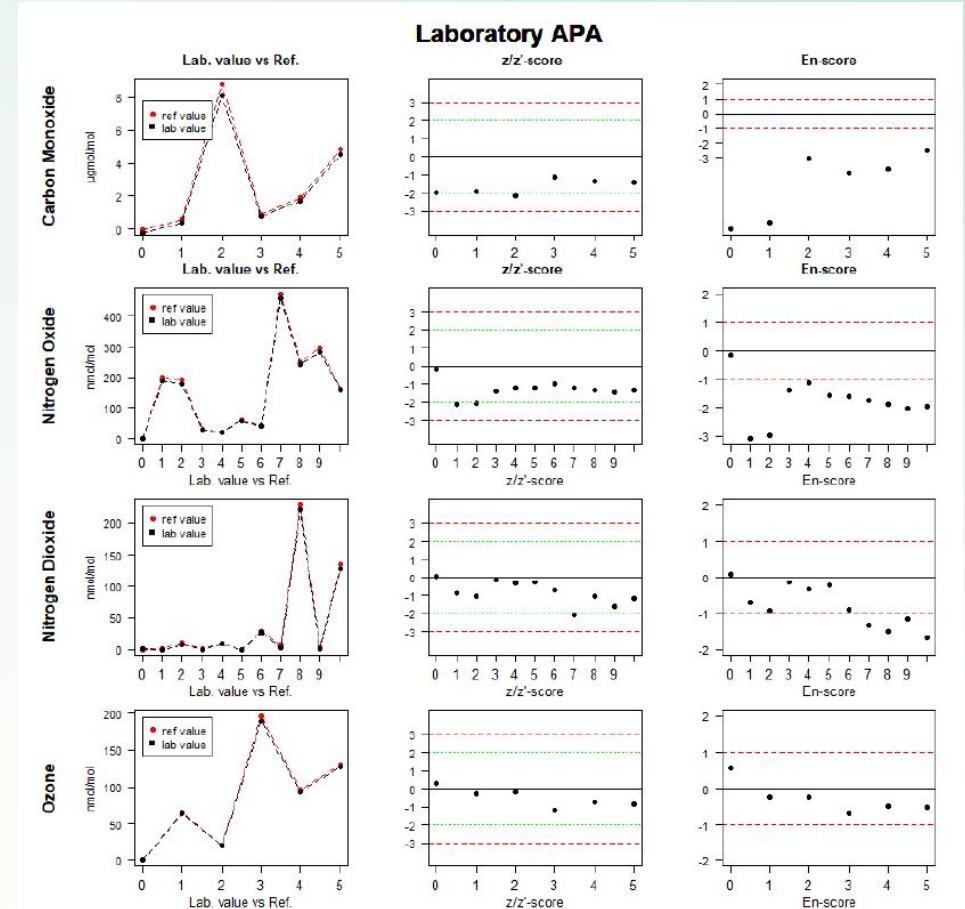
# Estado del Arte



Laboratorio Europeo de Referencia para la Contaminación Atmosférica - ERLAP



Agencia Federal de Medio Ambiente de Austria - Umweltbundesamt



# Protocolo General

- **2. Protocolo General de Ensayo de Aptitud**

- **Fases Principales:**

1. Planificación y Diseño
2. Condiciones logísticas.
3. Desarrollo del EA: Generación dinámica de gases.
4. Envío de Registros.
5. Informe de Resultados

 <p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA</p>	<p>LABORATORIO DE CALIDAD DEL AIRE</p> <p>PROTOCOLO GENERAL DE ENSAYO DE APTITUD PARA GASES CONTAMINANTES CRITERIO</p>	<p>Código: P-PSEA-01 Versión: 01 Página 1 de 13</p>
<b>1. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROCEDIMIENTO</b>		
<b>OBJETIVO:</b> El propósito principal del protocolo es garantizar la validez y la fiabilidad de los resultados obtenidos en la evaluación del desempeño de los laboratorios que participan. Esto se hace en estricto cumplimiento con la norma internacional ISO/IEC 17043:2023.		
<b>ALCANCE:</b> El protocolo abarca todo el proceso necesario para realizar un ensayo de aptitud (EA) para la medición de gases contaminantes criterio.		
<b>DEFINICIONES:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Comparación Interlaboratorio (CIL) La CIL, también conocida como prueba de competencia o prueba interlaboratorio, evalúa la comparabilidad de los resultados de análisis de la misma muestra, analizados por varios laboratorios en el mismo período. Mide la competencia mediante puntuaciones z.</li> <li>2. Desviación estándar CIL La desviación estándar CIL es la desviación estándar calculada para un mensurando en un material de prueba a partir de los resultados presentados por los participantes.</li> <li>3. Desviación estándar para la evaluación de la competencia (opt) La desviación estándar para la evaluación de la competencia (opt) es una desviación estándar preestablecida que se utiliza para el cálculo de puntuaciones Z en un CIL. Para contaminantes como SO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, opt suele calcularse mediante interpolación lineal basada en el valor asignado (Xref) utilizando parámetros específicos «a» (pendiente) y «b» (ordenada al origen), acordados por Laboratorios de Referencia. Esto garantiza la coherencia en la evaluación de aptitud, independientemente del nivel de concentración.</li> <li>4. Ensayo de Aptitud (EA) Evaluación del desempeño de un participante contra criterios pre establecidos por medio de comparaciones interlaboratorios.</li> <li>5. Estadísticas robustas Las estadísticas robustas se refieren a un método estadístico utilizado para minimizar la influencia de valores atípicos en la media y la desviación estándar calculadas.</li> <li>6. Gases contaminantes criterio: Según la normatividad ambiental colombiana, son el monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), Ozono (O<sub>3</sub>) y Óxidos de nitrógeno (NO y NO<sub>2</sub>)</li> </ol>		
i.		

# Materiales de Referencia Certificados

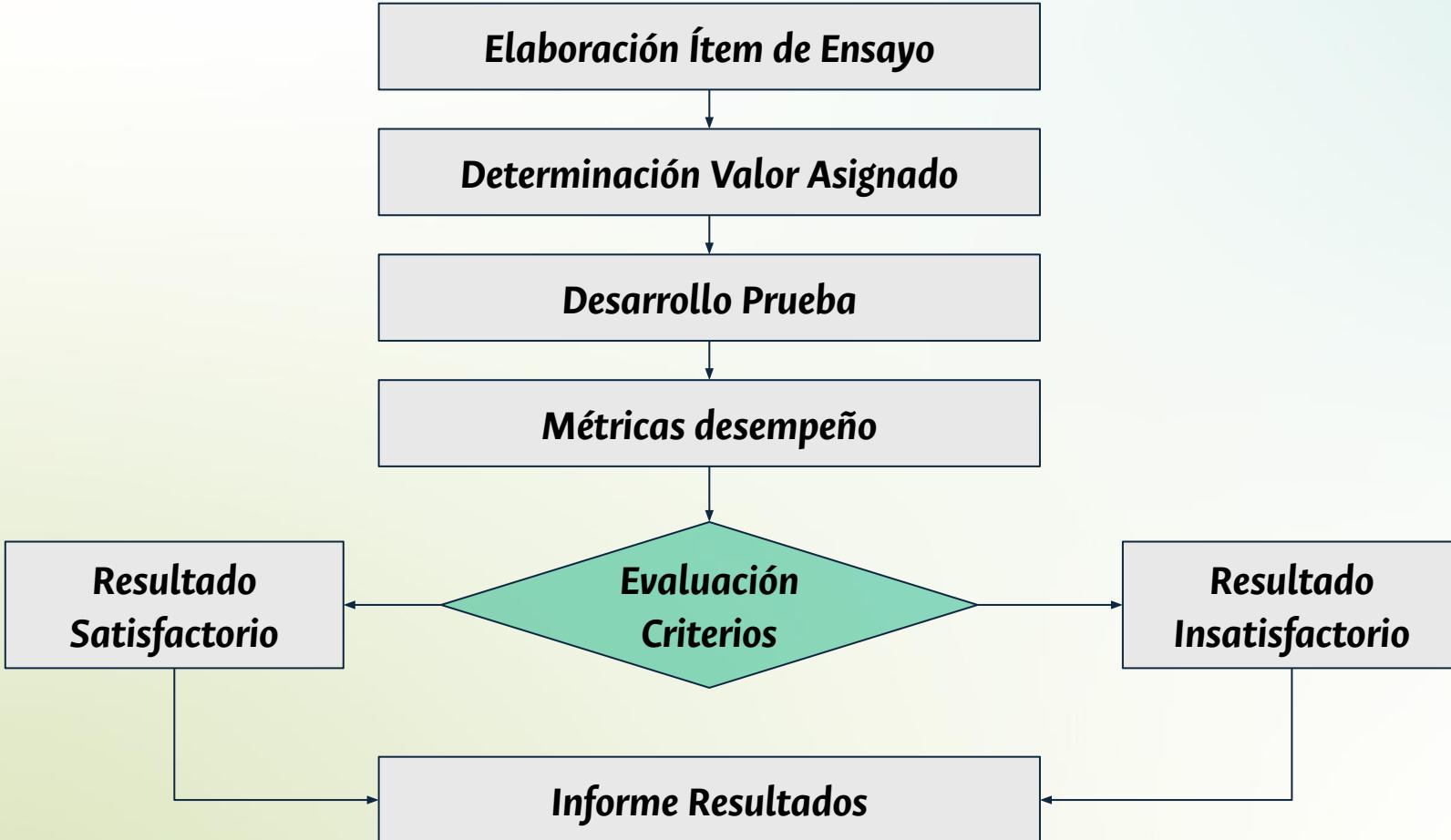


**SO<sub>2</sub>, NO y CO:**  
**Cilindro Mezcla de**  
**Gases Certificado**



**Ozono: SRP55 Fotómetro Referencia**

# Procedimiento para Gases



# Próximos Pasos

## ● Próximos Pasos del Proyecto:

- Definición de la metodología estadística y desarrollo de un aplicativo en software libre.
- Desarrollo de una prueba piloto interna en CALAIRE.

```
library(readr)
library(dplyr)
library(tidyverse)

# --- 1. Lectura de Datos ---

pollutants <- c("co", "no", "no2", "o3", "so2")

data_list <- pollutants %>%
  set_names() %>%
  map(~ read_csv(file.path(data_path, paste0("data_", .x,
".csv"))), show_col_types = FALSE)

# --- 2. Procesamiento y Escritura de Datos ---

if (!dir.exists("subsets")) {
  dir.create("subsets")
}

process_and_write <- function(df, pollutant_name) {
  df <- df %>% mutate(across(c(vg, conex), as.factor))
```

# Contribución

- CALAIRE ofrecerá un **servicio indispensable** para los laboratorios y redes de monitoreo del país y la región.
- Permitirá a los laboratorios cumplir con los requisitos de **acreditación** (ISO/IEC 17025).
- **Fortalecerá** la confiabilidad de los datos de calidad del aire en Colombia, impactando positivamente las decisiones gubernamentales, la protección del **medio ambiente y la salud pública**.
- Establecerá un **referente metrológico** clave para la armonización de mediciones a nivel nacional e internacional.

# Referencias

AQUILA N37 (2008). Protocol for intercomparison exercise, final version December 2008. ORGANISATION OF INTERCOMPARISON EXERCISES FOR GASEOUS AIR POLLUTION FOR EU NATIONAL AIR QUALITY REFERENCE LABORATORIES AND LABORATORIES OF THE WHO EURO REGION.

Borowiak, A., Barbiere, M., & Tarricone, C.. (2024). Evaluation of the inter-laboratory comparison exercise for SO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>, NO and NO<sub>2</sub>, Ispra 2024. Joint Research Centre.

BS EN 14626:2024 Ambient air. Standard method for the ..., accessed on April 17, 2025,

<https://www.en-standard.eu/bs-en-14626-2024-ambient-air-standard-method-for-the-measurement-of-the-concentration-of-carbon-monoxide-by-non-dispersive-infrared-spectroscopy/>

BS EN 14212:2024 Ambient air. Standard method for the ..., accessed on April 17, 2025,

<https://www.en-standard.eu/bs-en-14212-2024-ambient-air-standard-method-for-the-measurement-of-the-concentration-of-sulphur-dioxide-by-ultraviolet-fluorescence/>

ISO/IEC 17043:2022. Evaluación de la conformidad. Requisitos generales para la competencia de los proveedores de ensayos de aptitud.

ISO 13528:2015. Métodos estadísticos utilizados en los ensayos de aptitud por comparación entre laboratorios.

Umweltbundesamt GmbH. (2023). Eignungsprüfung 2023. Umweltbundesamt GmbH, Wien, Österreich.

U.S. Environmental Protection Agency. (2025). Appendix F to Part 50—Measurement principle and calibration procedure for the measurement of nitrogen dioxide in the atmosphere (gas phase chemiluminescence) (40 C.F.R. Part 50, App. F).

# Contacto

Profesional de proyectos: David Pulgarín

Correo electrónico: [calaire\\_med@unal.edu.co](mailto:calaire_med@unal.edu.co)

Administración: Campus Robledo, Carrera 80 No. 65 – 223 Bloque M3, oficina 99

Área de metrología: Campus El Volador, Cra 65 No59A - 110 Bloque 19A, laboratorio 401

Horario de atención: Lunes a viernes 8 a 5pm

Medellín - Colombia

Móvil: (+57) 3148748191