



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECRETARÍA DEL
MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN,
CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

2b

EVALUACIÓN DE MICROSENSORES PARA LA MEDICIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE

Resultados del 1^{er} ejercicio de evaluación
para la Ciudad de México (2022)



INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA
ATMÓSFERA
Y CAMBIO CLIMÁTICO

*31 de Marzo del 2023
Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático,
Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)
Ciudad Universitaria, C.P. 04510, Ciudad de México.*

Evaluación de microsensores para la medición de la calidad del aire: Resultados del 1^{er} ejercicio de evaluación para la Ciudad de México (2022)

Proyecto: EVALUACIÓN DE DISPOSITIVOS BASADOS EN MICROSENSORES PARA EL
MONITOREO CONTINUO DE LA CALIDAD DEL AIRE
SECTEI 190/2021

Armando Retama¹, Jaime Contreras¹, Olivia Rivera², Eugenia González^{1,3}, Michel Grutter^{1*}

¹ Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

² Dirección de Monitoreo de la Calidad del Aire. Secretaría de Medio Ambiente, Gobierno de la Ciudad de México

³ Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos, UNAM

* Responsable técnico del proyecto

Índice

1	ANTECEDENTES	3
1.1	Objetivos y alcance	4
1.2	Limitaciones del estudio	4
2	PROTOCOLO DE LA EVALUACIÓN	5
2.1	Actividades preparatorias	5
2.2	Descripción de los sitios de prueba	7
2.2.1	Sitio en el Laboratorio de Análisis Ambiental	7
2.2.2	Sitio en el Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático	7
2.3	Periodo de la prueba	8
2.4	Participantes	9
2.5	Instalación de los dispositivos	9
2.5.1	Preparación de los equipos de referencia	10
2.6	Puesta en operación	12
2.6.1	Configuración de los equipos	12
2.6.2	Periodo de acondicionamiento	12
2.6.3	Inicio de las mediciones	12
2.6.4	Verificación de los dispositivos durante la medición	12
2.6.5	Descarga de datos	13
2.6.6	Fin de las mediciones	13
2.6.7	Verificación de los equipos de referencia	13
2.6.8	Mediciones adicionales	13
2.7	Análisis de los datos	14
2.7.1	Preparación de las bases de datos	14
2.7.2	Limpieza de los datos	14
2.7.3	Métricas para la evaluación del desempeño de la medición de partículas	14
2.7.4	Métricas para la evaluación de la medición de ozono y de otros gases	17
2.7.5	Presentación de los resultados de las métricas de evaluación	21
2.8	Evaluación de la experiencia de uso	23
3	RESULTADOS	25
3.1	Evaluación del desempeño	25
3.1.1	Partículas menores a 2.5 micrómetros	25
3.1.2	Partículas menores a 10 micrómetros	26
3.1.3	Ozono	31
3.1.4	Dióxido de nitrógeno	34
3.1.5	Monóxido de carbono	35
3.2	Experiencia de uso	37
4	RECAPITULACIÓN	46
A1	Descripción de los dispositivos evaluados	47
A2	Fichas de Evaluación	59

1 ANTECEDENTES

La Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México (SEDEMA) es la institución responsable de la protección del entorno ambiental y la promoción del desarrollo sustentable del medio ambiente, mediante las políticas y acciones necesarias busca el aprovechamiento integral y eficiente del capital natural, además de garantizar la gestión adecuada de los recursos naturales de la Ciudad de México. La mejora de la calidad del aire es uno de los rubros prioritarios que se encuentra dentro de la esfera de acción de la Dirección General de Calidad del Aire (DGCA), en donde hace uso del conocimiento vigente y los mejores recursos tecnológicos para su gestión.

El Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático (ICAYCC) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) es un espacio de investigación y educación que busca promover el avance de las ciencias atmosféricas y ambientales en el país mediante la generación de conocimiento y la formación de recursos humanos especializados en las diferentes áreas que las conforman, con un enfoque integral e interdisciplinario. Cuenta con especialistas en diferentes áreas, una infraestructura única para el estudio de diversos aspectos de la atmósfera y sus interacciones, y la experiencia necesaria para abordar múltiples problemas ambientales. Una de las áreas de investigación involucra el estudio de la variabilidad y tendencia de contaminantes y las condiciones atmosféricas que tienen un impacto adverso sobre la calidad del aire. Tradicionalmente, ésta se estudia y evalúa mediante el uso de equipos de grado científico y aplicación de métodos aprobados internacionalmente. Sin embargo, la investigación de los problemas ambientales también da oportunidad a la posible utilización de tecnologías emergentes que ofrecen posibilidades de ahorro en costos en la implementación de proyectos de investigación que ofrecen una expansión en sitios de medición y así incrementar la captura de datos.

Entre estas tecnologías emergentes se encuentran los dispositivos basados en sensores o microsensores de bajo costo para la medición de contaminantes del aire, los cuales han alcanzado una gran popularidad en diversos sectores de la sociedad y que pueden cubrir una amplia gama de aplicaciones. A pesar de que estos dispositivos tienen limitaciones técnicas importantes y presentan aspectos en la calidad de los datos que requieren de atención, su tecnología se encuentra en constante evolución y mejoramiento. Su adopción en aplicaciones en donde la calidad de los datos es un requerimiento importante, requiere de una evaluación previa y un seguimiento continuo de su funcionamiento y desempeño, situación a considerar durante su uso. Sin descartar las incertidumbres en los datos, las ventajas intrínsecas de estos dispositivos (i. e., costo, tamaño, peso, bajo consumo de energía), pueden explotarse en proyectos y aplicaciones destinadas a generar información exploratoria, indicativa, de difusión o con propósitos distintos a la actividad regulatoria.

A través del proyecto *Evaluación de dispositivos basados en microsensores para el monitoreo de la calidad del aire* (convenio SECTEI/190/2021), la SEDEMA busca aprovechar la experiencia y conocimiento de los especialistas del ICAyCC y de los expertos que participaron en este proyecto para generar información cuantitativa sobre las características y desempeño de los dispositivos basados en microsensores que pueda servir como guía para la selección y uso en aplicaciones relacionadas con el monitoreo del aire ambiente en la Ciudad de México. En este documento se presentan los resultados de una evaluación del desempeño en campo de un conjunto de dispositivos basados en microsensores o sistemas de microsensores (S μ S), realizada en el marco del proyecto entre marzo y junio de 2022.

1.1 Objetivos y alcance

Dentro de los principales propósitos del proyecto se encuentran:

- a) Evaluar el desempeño de un conjunto de dispositivos comerciales y algunos desarrollos de terceros en condiciones ambientales de la Ciudad de México, durante un periodo caracterizado por niveles de contaminación elevados.
- b) Obtener información cuantitativa sobre algunas métricas de desempeño para dispositivos de bajo costo basados en microsensores.
- c) Dotar a las autoridades locales de elementos de juicio para la selección y uso de estos dispositivos.
- d) Desarrollar un protocolo de evaluación siguiendo las mejores prácticas que pueda emplearse o mejorarse en ejercicios posteriores.
- e) Generar información de utilidad para contribuir a la mejora de los dispositivos comerciales y fomentar el desarrollo de nuevos dispositivos con propósitos didácticos, de difusión o investigación.
- f) Promover el uso adecuado e informado de estos dispositivos.

Este proyecto no pretende:

Promover o descalificar alguna marca o modelo de equipo.

Proponer factores de ajuste para corregir los datos de los dispositivos.

Fomentar el uso de los sistemas basados en microsensores como un reemplazo del monitoreo regulatorio.

1.2 Limitaciones del estudio

La evaluación de los sensores de calidad del aire está limitada en algunos aspectos:

- a) Sólo se realizaron pruebas de campo, no se realizaron pruebas de laboratorio en condiciones controladas.
- b) No se realizaron evaluaciones del desempeño de los dispositivos para aplicaciones en interiores o móviles.

- c) Los entornos ambientales fueron específicos para su ubicación y época del año. Por lo tanto, es posible que el desempeño del sensor presente diferencias en condiciones ambientales y geográficas distintas.
- d) La convocatoria invitó a los participantes a poner a disposición tres o al menos dos dispositivos para el estudio. Sin embargo, en la mayoría de los casos sólo se emplearon dos dispositivos de la misma marca y modelo, lo que podría agregar incertidumbre a los resultados de algunas métricas de evaluación (e. g., precisión).
- e) Los resultados obtenidos se aplican al modelo, configuración y la versión de firmware de los dispositivos al momento de la evaluación. No recomendamos extrapolar los resultados a otros modelos, configuraciones y versiones de firmware.
- f) Los resultados no aplican a otros dispositivos o S_μS que utilicen los mismos microsensores que fueron evaluados en este ejercicio.

2 PROTOCOLO DE LA EVALUACIÓN

En esta sección se describe el protocolo empleado en la evaluación del desempeño de los dispositivos. El protocolo toma en consideración las recomendaciones de los documentos de la Agencia de Protección del Ambiente de los Estados Unidos (US EPA, por sus siglas en inglés) *Performance Testing Protocols, Metrics, and Target Values for Fine Particulate Matter Air Sensors*¹ y *Performance Testing Protocols, Metrics, and Target Values for Ozone Air Sensors*².

2.1 Actividades preparatorias

La Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México (SEDEMA) habilitó dos de los sitios de monitoreo del Sistema de Monitoreo Atmosférico (SIMAT) a cargo de la Dirección de Monitoreo de Calidad del Aire (DMCA) para la instalación de los dispositivos. De acuerdo con los datos oficiales, los últimos informes anuales de calidad del aire de la Ciudad de México (disponibles en la sección de publicaciones del sitio oficial <https://aire.cdmx.gob.mx>) y los resultados de algunos estudios recientes^{3,4}, estos sitios presentan diferencias en la composición del aire urbano.

¹ Duvall et al. (2021) **Performance Testing Protocols, Metrics, and Target Values for Fine Particulate Matter Air Sensors Use in Ambient, Outdoor, Fixed Site, Non-Regulatory Supplemental and Informational Monitoring Applications**. US EPA report no. EPA/600/R-20/280, February 2021.

² Duvall et al. (2021) **Performance Testing Protocols, Metrics, and Target Values for Ozone Air Sensors Use in Ambient, Outdoor, Fixed Site, Non-Regulatory Supplemental and Informational Monitoring Applications**. US EPA report no. EPA/600/R-20/279, February 2021.

³ Salcedo et al. (2018) PM1 Chemical Characterization during the ACU15 Campaign, South of Mexico City. *Atmosphere*. 2018; 9(6):232. <https://doi.org/10.3390/atmos9060232>.

⁴ Guerrero et al. (2017) Seasonal changes in the PM1 chemical composition north of Mexico City. *Atmósfera*, 30(3),243-258. <https://doi.org/10.20937/ATM.2017.30.03.05>.

Los sitios se instrumentaron con monitores continuos para la medición de gases y partículas. Todos los equipos contaban con la designación de Método de Referencia (*Federal Reference Method* o FRM) o Método Equivalente (*Federal Equivalent Method*) de la US EPA. La operación estuvo a cargo del equipo técnico de la DMCA, quienes siguieron los procedimientos aplicados por el SIMAT para la operación y las actividades de aseguramiento de la calidad. Estos instrumentos se emplearon como **equipos de referencia** para la evaluación. Es sabido que los monitores continuos de material particulado son susceptibles a desviaciones asociadas con la presencia de material semi-volátil en las partículas y al tratamiento de la muestra antes de la medición. En el caso de la Ciudad de México, el cumplimiento de la NOM-025-SSA1-2021 se evalúa empleando los resultados obtenidos a partir de las mediciones de los FRM, la respuesta de los equipos continuos se ajustó a partir de la comparación entre el método continuo FEM y las mediciones con un equipo FRM (BGI PQ200), para cada sitio de evaluación. En la Tabla 1 se muestran los equipos empleados como referencia en los dos sitios de prueba.

Tabla 1. Listado de los equipos de referencia empleados en los sitios de prueba.

Contaminante	Equipo en LAA	Equipo en ICAYCC
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	Teledyne-API modelo 200E serie 1610	Teledyne-API modelo T200 serie 73
Dióxido de azufre (SO ₂)	Teledyne-API modelo 100E serie 1353	Teledyne-API modelo 100E serie 1337
Monóxido de carbono (CO)	Teledyne-API modelo T300 serie 1564	Teledyne-API modelo T300 serie 1145
Ozono (O ₃)	Teledyne-API modelo T400 serie 1591	Teledyne-API modelo 400E serie 1192
Partículas menores a 2.5 µm (PM _{2.5})	Teledyne-API modelo T640x serie 492	Teledyne-API modelo T640x serie 492

Los sitios para la evaluación se habilitaron con la infraestructura necesaria para la instalación de los dispositivos a alturas y distancias adecuadas a la toma de muestra de los equipos de referencia. Ambas locaciones contaron con energía eléctrica regulada y aterrizada, planta de respaldo de energía y conexión a internet.

Previo a la instalación, se realizó una inspección visual de cada dispositivo para verificar las condiciones físicas en las que se recibieron, accesorios y material de montaje, manuales y certificados de calibración, así como para identificar cualquier requerimiento especial para la instalación y funcionamiento.

2.2 Descripción de los sitios de prueba

2.2.1 Sitio en el Laboratorio de Análisis Ambiental (LAA)

El sitio de monitoreo se encuentra en el Laboratorio de Análisis Ambiental de la Subdirección de Monitoreo de la DMCA, ubicado al norte de la Ciudad de México, entre la Calzada Vallejo y el Eje Central Lázaro Cárdenas, en la colonia Nueva Vallejo (latitud: 19.4838°, longitud: - 99.1473°, altitud: 2255 msnm). Se trata de un sitio experimental que se ha empleado como supersitio para diversos proyectos de investigación (REF) y se ubica a unos 600 metros del supersitio T0 del proyecto MILAGRO (*Megacity Initiative: Local and Global Research Observations*) realizado en 2006. La estación de monitoreo se encuentra al suroeste de la zona industrial Vallejo en una zona residencial rodeada por edificaciones de dos o tres niveles. En la zona, durante la mañana, convergen flujos de viento proveniente del noroeste y noreste que transportan las emisiones generadas en los corredores industriales de los municipios de Tlalnepantla, Naucalpan (al noroeste) y Ecatepec de Morelos (al noreste). La mezcla de aire está dominada por contaminantes de origen primario durante la mayor parte del día.

2.2.2 Sitio en el Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático (ICAyCC)

El segundo sitio para la evaluación se encuentra (ubicado en la azotea del Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático (latitud: 19.3262°, longitud: -99.1761°, altitud: 2280 msnm), al suroeste de la Ciudad de México dentro del campus de la UNAM. Ahí se encuentra colocada la estación de monitoreo del SIMAT que mantiene la clave CCA que corresponde al acrónimo del anterior Centro de Ciencias de la Atmósfera. El sur de la ciudad suele experimentar los efectos provocados por el transporte de contaminantes desde el centro y norte de la zona metropolitana de la Ciudad de México, por lo que predominan los productos secundarios (e. g., ozono y aerosoles secundarios) derivados de la transformación química de los contaminantes primarios. El sur de la ciudad suele experimentar temperaturas menores que al norte, así como una mayor humedad y precipitación pluvial.



Figura 1. Ubicación de los sitios de evaluación en el Laboratorio de Análisis Ambiental (LAA), al norte de la ciudad, y el Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático (ICAYCC), al sur.

2.3 Periodo de la prueba

La prueba de evaluación se desarrolló entre los meses de marzo y junio, precisamente durante el periodo con la mayor actividad fotoquímica en la Ciudad de México, cuando los niveles de contaminantes secundarios suelen incrementarse incluyendo las concentraciones de partículas finas.

En el sitio de LAA la instalación se realizó entre el 25 y el 29 de marzo de 2022. El periodo de evaluación fue del 1 de abril al 21 de mayo de 2022. En el ICAYCC el periodo de evaluación fue del 25 de mayo al 1 de julio de 2022.

2.4 Participantes

El listado de los dispositivos participantes se muestra en la Tabla 1, en el Anexo I se presenta la descripción de cada uno de ellos. En la convocatoria publicada el 30 de enero del 2022, se requirió a los interesados la participación con dos o más dispositivos de la misma marca y modelo. En la mayoría de los casos se proporcionaron dos unidades, con excepción de los equipos PurpleAir y el prototipo YERA con los que se contó con tres unidades de cada uno para la evaluación.

Tabla 2. Listado de los dispositivos incluidos en la prueba de evaluación de desempeño.

Marca del dispositivo	Modelo	Números de serie (Firmware)	Parámetros	Representante en México
ENVEA	Cairnet 3.0	CXM22020313 CXM22020314 (versión 1.2.3)	PM: PM ₁₀ , PM _{2.5} , PM ₁ Gases: O ₃ , NO ₂ Meteorología: temperatura, humedad relativa, presión barométrica	Novo Total Solution S.A. de C.V.
CMM	Airlab (prototipo para investigación)	Airlab-01 Airlab-02 (no disponible)	PM: PM ₁₀ , PM _{2.5} Gases: O ₃ , NO ₂ , SO ₂ , CO Meteorología: temperatura, humedad relativa, presión barométrica	Centro Mario Molina A.C.
Tisch APIS	APM01	1021 1065 (versión 6.4.3)	PM: PM ₁₀ , PM _{2.5} , PM ₁ Gases: O ₃ , NO ₂ , SO ₂ Meteorología: temperatura, humedad relativa, punto de rocío, presión barométrica, dirección y velocidad de viento	Tersum A'res S.A.P.I. de C.V.
Ellona WT1	WT1	WT1-30062 WT1-30063 (versión 1.19)	PM: PM ₁₀ , PM _{2.5} , PM ₁ Gases: O ₃ , NO ₂ Meteorología: temperatura, humedad relativa, presión barométrica. Otros: Ruido (solo en el 30062)	Modus México
Kunak	Kunak AIR Pro	0321350086 0321240044 (versión 1.255.120, algoritmo para gases versión 3.5)	PM: PM ₁₀ , PM ₄ , PM _{2.5} , PM ₁ Gases: O ₃ , NO, NO ₂ , NO _x , CO Meteorología: temperatura, humedad relativa, punto de rocío, presión barométrica, dirección y velocidad de viento.	Representaciones Mexicanas de Maquinaria y Equipo, S. A. de C. V.
Smability	SMAA	86021042311335275 51021101413365703 (versión 0.1)	PM: PM ₁₀ , PM _{2.5} Gases: O ₃ , CO Meteorología: temperatura, humedad relativa, presión barométrica.	Smability S.A.P.I. de C.V.
PurpleAir	PA-II-SD	(MAC address) 10:52:1C:41:35:CB 10:52:1C:4D:E0:C0 C4:5B:BE:44:89:66 (versión 6.01)	PM: PM ₁₀ , PM _{2.5} , PM ₁ Meteorología: temperatura, humedad relativa. Otros: GPS	Este sensor fue incluido como parte del componente 2 del proyecto.
Prototipo do-it-yourself	MPBU	Dispositivo 1 Dispositivo 2 (no disponible)	PM: PM ₁₀ , PM _{2.5} , PM ₁ Gases: Índice de COVs Meteorología: temperatura, humedad relativa, presión barométrica.	Prototipo no comercial diseñado por el ICAYCC.
Prototipo do-it-yourself	YERA	YERA-1 YERA-2 YERA-3 (versión 0.1.0)	PM: PM ₁₀ , PM _{2.5} Gases: O ₃ , CO ₂ Meteorología: temperatura, humedad relativa, presión barométrica.	Prototipo no comercial diseñado por un particular.

Simbología: O₃ = ozono, SO₂ = dióxido de azufre, CO = monóxido de carbono, NO = óxido nítrico, NO₂ = dióxido de nitrógeno, NO_x = óxidos de nitrógeno, PM₁ = partículas menores a 1 µm, PM_{2.5} = partículas menores a 2.5 µm, PM₁₀ = partículas menores a 10 µm, COV = compuestos orgánicos volátiles.

Instalación de los dispositivos

La instalación de los dispositivos fue realizada por el personal técnico del proyecto con el apoyo del personal operativo de la DMCA. El montaje de cada dispositivo se realizó conforme las recomendaciones del fabricante empleando los accesorios proporcionados. Cuando no se proporcionaron los accesorios para el montaje de los dispositivos, se emplearon los accesorios adecuados para una instalación segura. En todos los casos se emplearon los adaptadores de corriente (reguladores) o paneles solares proporcionados por los participantes.

Durante el despliegue en el primer sitio (LAA), las mediciones se realizaron durante la temporada más cálida del año. Inicialmente los dispositivos se instalaron a una altura similar a la de la toma de muestra del equipo de referencia (1.2 m). Durante la primera semana se observó que los sensores de temperatura de los dispositivos reportaban temperaturas elevadas ($>35^{\circ}\text{C}$), con valores superiores a aquellos reportados por el sensor de temperatura del equipo de referencia (T-API 640x) y el sensor de la torre meteorológica, instalado a ~ 20 m del sitio de evaluación. Al investigar las posibles causas, se encontró que los dispositivos eran afectados por la irradiancia térmica del techo metálico del *shelter* incrementando su temperatura interna, siendo este incremento diferente para cada equipo. En un esfuerzo por disminuir la cantidad de calor emitido por el techo, el 5 de abril se colocó una capa de pasto artificial que permitió una leve disminución en la temperatura reportada por los sensores. Para reducir aún más el impacto de la temperatura se decidió aumentar la altura de los dispositivos a 2 m, esta modificación se realizó a partir del jueves 7 de abril y permaneció así hasta el final de la campaña de medición. Ante esta experiencia, en el sitio de ICAYCC los dispositivos se instalaron a una altura de 2 metros desde el primer día de la campaña de medición. La distancia de los dispositivos a la toma de muestra del equipo de referencia fue menor a 10 m.

En las Figuras 2 y 3 se muestran los despliegues en las instalaciones de los sitios LAA e ICAYCC, respectivamente.



Figura 2. Despliegue de los dispositivos en el Laboratorio de Análisis Ambiental (LAA) al norte de la ciudad.



Figura 3. Despliegue de los dispositivos en el Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático (ICAyCC) al sur de la ciudad.

2.4.1 Preparación de los equipos de referencia

Previo al inicio de la prueba en cada sitio, el personal del SIMAT realizó la calibración de los equipos de referencia.

2.5 Puesta en operación

2.5.1 Configuración de los equipos

Los equipos se utilizaron con la configuración proporcionada por el participante, no se realizaron cambios más allá de la configuración de la comunicación, cuando fue necesario. El encendido se realizó de acuerdo con las instrucciones de los manuales de operación proporcionados por los participantes.

Durante la evaluación no se realizaron cambios en la configuración o actualizaciones en el firmware de los equipos.

2.5.2 Periodo de acondicionamiento

Una vez concluida la instalación, se permitió un periodo mínimo de 24 horas para el acondicionamiento de los dispositivos y sus sensores. Este periodo se aprovechó también para identificar fallas o algún problema en la operación y comunicación de los equipos.

2.5.3 Inicio de las mediciones

La evaluación inició con la captura de los datos y la vigilancia continua de la operación y comunicación de los equipos. En el sitio LAA el periodo de medición inició el 1 de abril de 2022, en el sitio ICAYCC inició el 25 de mayo de 2022.

2.5.4 Verificación de los dispositivos durante la medición

Durante el periodo que duró la evaluación en cada sitio, se verificó diariamente la operación de los equipos y el estado de la comunicación, esto mediante las herramientas proporcionadas por los participantes y la visita a los sitios de medición. Se mantuvo un registro continuo para cada dispositivo. En caso de falla, ésta se reportó al contacto proporcionado por el participante para su atención.

Semanalmente se realizó una limpieza de las tomas de entrada para remover polvo, insectos y telarañas de las entradas a los sensores. En el caso de los dispositivos que contaron con ventilador, se verificó que estuvieran operando correctamente.

Diariamente se inspeccionaron visualmente las series de tiempo de los diferentes contaminantes y parámetros meteorológicos medidos por cada uno de los equipos. Se tomó nota de cualquier evento atípico y cambios abruptos en las concentraciones. Se mantuvo una bitácora de eventos que pudieran afectar las mediciones (por ejemplo, la poda del jardín, arranque de la planta de emergencia, etc.).

2.5.5 Descarga de datos

La descarga de los datos se realizó periódicamente desde el sitio web del participante, en el caso de los dispositivos YERA y los PurpleAir, la descarga se realizó cada semana desde la memoria microSD del dispositivo. Para cada dispositivo se construyó una base de datos manteniendo la estructura original de los archivos.

2.5.6 Fin de las mediciones

Antes de apagar los dispositivos se verificó que estuvieran operando correctamente. El apagado se realizó de acuerdo con las instrucciones de los manuales de operación. Antes del traslado entre los sitios de evaluación, se realizó la limpieza de los equipos y se protegieron para evitar daños durante el transporte.

Después de la conclusión de las actividades en el segundo sitio de evaluación, se realizó la limpieza profunda de los dispositivos, se documentó el estado final de los equipos y se empacaron para su devolución.

2.5.7 Verificación de los equipos de referencia

Durante los periodos de evaluación se realizó una verificación *cero/span* cada seis días para evaluar la respuesta de los equipos empleados en el monitoreo de gases. En el caso de los equipos de partículas se realizó al menos una verificación del flujo durante la campaña. Adicionalmente se realizó una revisión diaria de la operación de los equipos. Estas actividades fueron realizadas por el personal del SIMAT.

2.5.8 Mediciones adicionales

En cada sitio se obtuvieron datos adicionales de la temperatura y humedad relativa. Para el análisis de datos se requirieron las mediciones de temperatura del sensor externo del monitor de partículas Teledyne-API modelo T640x. En el LAA se emplearon los datos de humedad relativa del sensor de la torre meteorológica del sitio, en el ICAYCC los sensores de humedad relativa de las redes PEMBU (Programa de Estaciones Meteorológicas del Bachillerato Universitario) y RUOA (Red Universitaria de Observatorios Ambientales) no cubrieron la totalidad del periodo de evaluación, por lo tanto, se emplearon los datos de la estación de monitoreo del SIMAT más cercana, Pedregal (PED). Las mediciones de humedad en PED fueron consistentemente menores que las de la ROUA con una diferencia promedio de 6.7%, sin embargo, se observó una variación temporal similar y una fuerte correlación ($R^2=0.965$) entre ambos. Los datos de humedad se ajustaron utilizando los resultados del análisis de regresión lineal.

2.6 Análisis de los datos

2.6.1 Preparación de las bases de datos

Las bases de datos se construyeron a partir de los datos descargados durante los periodos de medición. Se respetó la estructura original de los archivos. Los datos se emplearon tal y como fueron reportados por los equipos. No se realizaron transformaciones, ajustes o escalamiento de los datos, excepto para el prototipo del CMM que reportó los datos de gases en voltaje y fue necesario convertirlas a concentración empleando las ecuaciones proporcionadas por ellos. A las bases construidas en este paso se les asignó el Nivel de Validación 0.

2.6.2 Limpieza de los datos

Los datos obtenidos se cotejaron con las bitácoras para determinar la necesidad de eliminar datos asociados a alguna falla o problema operativo con los instrumentos. Se inspeccionaron las bases para identificar valores atípicos, negativos o faltantes. Se verificó la etiqueta de tiempo y se rellenaron las fechas faltantes con datos nulos. Se calcularon los promedios horarios para cada parámetro considerando un criterio mínimo de suficiencia del 75% de datos válidos, a partir de las mediciones de 1, 2, 3 o 5 minutos. Para los equipos de referencia se calcularon promedios horarios a partir de los datos de 1 minuto estableciendo también un criterio del 75% para la suficiencia de datos. A las bases obtenidas en este paso se les asignó el Nivel de Validación 1 y fueron el insumo principal para el análisis de los datos.

2.6.3 Métricas para la evaluación del desempeño de la medición de partículas

En la evaluación del desempeño se emplearon como guía las recomendaciones para la prueba base descritas en el *Performance Testing Protocols, Metrics, and Target Values for Fine Particulate Matter Air Sensors*. Las métricas de desempeño descritas en el documento se presentan a continuación.

2.6.3.1 Estimación de los promedios de 24 horas

Todos los datos recopilados como intervalos de tiempo menores a 24 horas se promediaron de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$x_{kdj} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n c_{ij} \quad (1),$$

donde:

x_{kdj} = promedio de 24 horas de la medición k el día d para el instrumento j ($\mu\text{g}/\text{m}^3$, $^{\circ}\text{C}$ o $\% \text{RH}$)

n = número de mediciones instrumentales para cada periodo de 24 horas

c_{ij} = mediciones del instrumento j para el tiempo i del periodo de 24 horas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$, $^{\circ}\text{C}$, $\% \text{RH}$)

2.6.3.2 Estimación del promedio del despliegue

Fue necesario realizar el cálculo de las concentraciones promedio de los contaminantes y los parámetros meteorológicos para todo el despliegue o campaña. Los promedios del despliegue se calcularon a partir de datos promediados de 24 horas de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\bar{x}_k = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M \left[\frac{1}{N} \sum_{d=1}^N x_{dj} \right] \quad (2),$$

donde:

\bar{x}_k = promedio del despliegue k para la prueba de campo

M = número de instrumentos idénticos operados simultáneamente durante la prueba de campo

N = número de períodos de 24 horas durante los cuales todos los instrumentos idénticos están funcionando y regresando promedios válidos durante la prueba de campo

x_{dj} = mediciones válidas de 24 horas para el día d y el instrumento j ($\mu\text{g}/\text{m}^3$, $^{\circ}\text{C}$, %RH)

2.6.3.3 Precisión

La precisión entre dispositivos idénticos se caracterizó con dos métricas: la desviación estándar (DE) y el coeficiente de variación (CV). Ambas métricas se calcularon utilizando los promedios de 24 horas cuando todos los sensores idénticos estuvieron operando. La desviación estándar se calculó con la siguiente ecuación:

$$DE = \sqrt{\frac{1}{(N \times M) - 1} \sum_{j=1}^M \left[\sum_{d=1}^N (x_{dj} - \bar{x}_d)^2 \right]} \quad (3),$$

donde:

DE = desviación estándar de los promedios de 24 horas

M = número de sensores idénticos operados simultáneamente durante la prueba de campo

N = número de períodos de 24 horas durante los cuales los instrumentos idénticos estuvieron operando y reportaron valores válidos durante la duración de la prueba de campo

x_{dj} = mediciones válidas de 24 horas para el día d y el instrumento j ($\mu\text{g}/\text{m}^3$, $^{\circ}\text{C}$, %RH)

\bar{x}_d = promedio del despliegue k para la prueba de campo

El coeficiente de variación se calculó a partir de la DE cómo se indica en la siguiente ecuación:

$$CV = \frac{DE}{\bar{x}} \times 100 \quad (4),$$

donde:

CV = Coeficiente de variación

DE = desviación estándar de los promedios de 24 horas de las mediciones ($\mu\text{g}/\text{m}^3$, $^{\circ}\text{C}$, %RH)

\bar{x} = promedio del despliegue para la prueba de campo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$, $^{\circ}\text{C}$, %RH)

2.6.3.4 Sesgo y linealidad

Se evaluó mediante un modelo de regresión lineal simple ($y = mx + b$) que comparó las mediciones promediadas de 24 horas de los sensores (variable dependiente, y) con las mediciones del equipo empleado como referencia (variable independiente, x), calculando la pendiente (m), intersección (b) y el coeficiente de determinación (R^2). Se realizó una regresión lineal simple para el promedio del despliegue y de cada dispositivo. Los dispositivos con modelos de regresión similares y valores de R^2 elevados suelen ser más precisos que aquellos con modelos de regresión diferentes y valores de R^2 menores.

2.6.3.5 Error

Se calculó a partir del error cuadrático medio (RMSE, por sus siglas en inglés) para estimar el error asociado con las mediciones del dispositivo, usando los datos durante los cuales todos los equipos reportaron mediciones válidas promediadas de 24 horas, comparando contra la medición del equipo de referencia. El RMSE se define como la raíz del cuadrado de cada diferencia calculada entre las mediciones del equipo a evaluar y las mediciones del instrumento de referencia.

El RMSE se obtuvo en unidades de concentración de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{(N \times M) - 1} \sum_{j=1}^M \left[\sum_{d=1}^N (x_{dj} - R_d)^2 \right]} \quad (5),$$

donde:

$RMSE$ = error cuadrático medio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$, $^{\circ}\text{C}$, %RH)

M = número de sensores idénticos operados simultáneamente durante la prueba de campo

N = número de periodos de 24 horas durante los cuales los instrumentos idénticos estuvieron operando y reportaron valores válidos durante la duración de la prueba de campo

x_{dj} = mediciones válidas de 24 horas para el día d y el instrumento j ($\mu\text{g}/\text{m}^3$, $^{\circ}\text{C}$, %RH)

R_d = concentración promedio de 24 horas del equipo de referencia para el día d ($\mu\text{g}/\text{m}^3$, $^{\circ}\text{C}$, %RH)

A partir del RMSE se calculó el valor del error cuadrático medio normalizado (NRMSE, por sus siglas en inglés) usando el promedio de las concentraciones del equipo de referencia promediadas durante 24 horas durante el período de prueba, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$NRMSE = \frac{RMSE}{\bar{R}_d} \times 100 \quad (6)$$

donde:

$NRMSE$ = error cuadrático medio normalizado (%)

$RMSE$ = error cuadrático medio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$, °C, %RH)

\bar{R}_d = concentración promedio de los valores de 24 horas del equipo de referencia durante todo el periodo de prueba ($\mu\text{g}/\text{m}^3$, °C, %RH)

2.6.3.6 Efectos de las condiciones ambientales

Con el propósito de observar los efectos potenciales de las condiciones ambientales, específicamente la temperatura y la humedad relativa, se elaboraron gráficos de dispersión entre el promedio de 24 horas de la temperatura y los promedios de 24 horas de cada dispositivo, previamente normalizados con el promedio de la campaña.

2.6.3.7 Métricas adicionales

Además de las métricas descritas en la Prueba Base del documento de la US EPA, adicionalmente se estimaron los coeficientes de correlación de Kendall (τ) y de Spearman (S). Lo anterior, tomando en cuenta que la relación entre la respuesta de los dispositivos y el equipo de referencia podría no responder a un modelo lineal, estos coeficientes no asumen la normalidad de las variables subyacentes y son más sensibles a las relaciones monotónicas pero no lineales.

2.6.3.8 Estimación de las métricas para los promedios horarios.

Debido a que en algunas aplicaciones existía el interés por conocer el desempeño para periodos de tiempo menores a 24 horas, se evaluaron las mismas métricas descritas en esta subsección para los promedios horarios, sustituyendo los valores de 24 horas por los de 1 hora en las ecuaciones 1 a 6.

2.6.4 Métricas para la evaluación de la medición de ozono y de otros gases

En la evaluación del desempeño de las mediciones de ozono y de los otros gases se emplearon como guía las recomendaciones para la prueba base del *Performance Testing Protocols, Metrics, and Target Values for Ozone Air Sensors*. Las métricas de desempeño evaluadas para este reporte se describen a continuación.

2.6.4.1 Estimación de los promedios horarios

Todos los datos de los contaminantes gaseosos, de temperatura y humedad recopilados como intervalos de tiempo menores a 1 hora se promediaron de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$x_{khj} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n c_{ij} \quad (7),$$

donde:

x_{khj} = promedio de 1 hora de la medición k para la hora h y el instrumento j (ppb, °C o %RH)

n = número de mediciones instrumentales para cada periodo de 1 hora

c_{ij} = mediciones del instrumento j para el tiempo i del periodo de 1 hora (ppb, °C, % RH)

Se consideró un promedio de 1 hora válido cuando el número de datos empleados para el cálculo fue mayor o igual al 75% de los datos de 1 minuto (u otro intervalo menor a 1 hora) esperados.

2.6.4.2 Estimación del promedio del despliegue

Es necesario realizar el cálculo de las concentraciones promedio de los contaminantes y los parámetros meteorológicos para todo el despliegue o campaña. Los promedios del despliegue se calculan a partir de datos promediados de 1 hora de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\bar{x}_k = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M \left[\frac{1}{N} \sum_{h=1}^N x_{hj} \right] \quad (8),$$

donde:

\bar{x}_k = promedio del despliegue k para la prueba de campo (ppb, °C o %RH)

M = número de instrumentos idénticos operados simultáneamente durante la prueba de campo

N = número de períodos de 1 hora durante los cuales todos los instrumentos idénticos están funcionando y retornando promedios válidos durante la prueba de campo

x_{hj} = mediciones válidas de la hora h y el instrumento j ($\mu\text{g}/\text{m}^3$, °C, %RH)

2.6.4.3 Precisión

La precisión entre sensores idénticos se caracteriza por dos métricas: la desviación estándar (DE) entre las mediciones y el coeficiente de variación (CV). Ambas métricas deben calcularse utilizando los datos promedios de 1 hora cuando todos los sensores idénticos estuvieron operando.

La desviación estándar se calcula de la siguiente ecuación:

$$DE = \sqrt{\frac{1}{(N \times M) - 1} \sum_{j=1}^M \left[\sum_{h=1}^N (x_{hj} - \bar{x}_h)^2 \right]} \quad (9),$$

donde:

DE = desviación estándar de los promedios de 1 hora

M = número de sensores idénticos operados simultáneamente durante la prueba de campo
 N = número de periodos de 1 hora durante los cuales los instrumentos idénticos estuvieron operando y reportaron valores válidos durante la duración de la prueba de campo
 X_{hj} = mediciones válidas para la hora h y el instrumento j ($\mu\text{g}/\text{m}^3$, $^{\circ}\text{C}$, %RH)
 \bar{x}_h = promedio del despliegue k para la prueba de campo

El coeficiente de variación se calcula a partir de la DE cómo se indica en la siguiente ecuación:

$$CV = \frac{DE}{\bar{x}} \times 100 \quad (10),$$

donde:

CV = Coeficiente de variación

DE = desviación estándar de los promedios de 24 horas de las mediciones ($\mu\text{g}/\text{m}^3$, $^{\circ}\text{C}$, %RH)

\bar{x} = promedio del despliegue para la prueba de campo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$, $^{\circ}\text{C}$, %RH)

2.6.4.4 Sesgo y linealidad

Se evalúa mediante un modelo de regresión lineal simple ($y = mx + b$) que compara las mediciones promediadas de 1 hora de los sensores (variable dependiente, y) con las mediciones del equipo empleado como referencia (variable independiente, x), calculando la pendiente (m), intersección (b) y el coeficiente de determinación (R^2). Se recomienda un modelo de regresión lineal simple para cada sensor idéntico (con las figuras gráficas correspondientes). Los sensores con modelos de regresión muy similares y valores de R^2 más altos suelen ser más precisos que aquellos con modelos de regresión diferentes y valores de R^2 más bajos.

2.6.4.5 Error

Se calcula a partir del error cuadrático medio ($RMSE$, por sus siglas en inglés) para ayudar a comprender el error asociado con las mediciones del sensor, usando datos durante los cuales todos los sensores reportaron mediciones válidas promediadas de 1 hora comparando el sensor y los cálculos de medición del instrumento de referencia, asumiendo que solo se emplea un equipo de referencia. $RMSE$ se define como el error entre las mediciones del sensor y las mediciones del instrumento de referencia. Se anticipa que este enfoque proporciona la mejor indicación del desempeño del sensor y el error que se puede esperar antes de cualquier corrección de datos.

El $RMSE$ se obtiene en unidades de concentración de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{(N \times M) - 1} \sum_{j=1}^M \left[\sum_{h=1}^N (x_{hj} - R_h)^2 \right]} \quad (11),$$

donde:

$RMSE$ = error cuadrático medio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$, $^{\circ}\text{C}$, %RH)

M = número de sensores idénticos operados simultáneamente durante la prueba de campo

N = número de periodos de 1 hora durante los cuales los instrumentos idénticos estuvieron operando y reportaron valores válidos durante la duración de la prueba de campo

x_{dj} = mediciones válidas de 1 hora para el día d y el instrumento j ($\mu\text{g}/\text{m}^3$, $^{\circ}\text{C}$, %RH)

R_h = concentración promedio de 1 hora del equipo de referencia para la hora h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$, $^{\circ}\text{C}$, %RH)

2.6.4.6 Efectos de las condiciones ambientales

Con el propósito de observar los efectos potenciales de las condiciones ambientales, específicamente la temperatura y la humedad relativa, se elaboraron gráficos de dispersión entre el promedio de 1 hora de la temperatura y los promedios de 1 hora de cada dispositivo, previamente normalizados con el promedio de la campaña.

2.6.4.7 Métricas adicionales

Además de las métricas descritas en la Prueba Base del documento de la US EPA, adicionalmente se estimaron los coeficientes de correlación de Kendall (τ) y de Spearman (S). Lo anterior, tomando en cuenta que la relación entre la respuesta de los dispositivos y el equipo de referencia podría no responder a un modelo lineal, estos coeficientes no asumen la normalidad de las variables subyacentes y son más sensibles a las relaciones monotónicas pero no lineales.

2.6.4.8 Estimación de las métricas para los promedios móviles de 8 horas.

Debido a que en el caso de ozono y monóxido de carbono la norma y el índice de calidad del aire utilizan los valores de los promedios móviles de 8 horas, se evaluaron las mismas métricas descritas en esta subsección para los promedios móviles de 8 horas, sustituyendo estos valores en las ecuaciones 8 a 11.

2.6.5 Presentación de los resultados de las métricas de evaluación

Los resultados de las métricas se presentan en Fichas de Evaluación elaboradas para este propósito. Se preparó una ficha por dispositivo y sitio, en cada una de ellas se incluyeron los resultados de la evaluación de los promedios horarios, de 24 u 8 horas. En la Figuras 3 y 4 se muestra un ejemplo de las fichas, empleando como guía para estas figuras la descripción que a continuación se presenta.

Anverso de la ficha (Figura 4):

1. Información del evaluador, sitio de evaluación, dispositivo evaluado y equipo de referencia.
2. Series de tiempo de los promedios horarios del contaminante, en el caso de PM_{2.5} se muestra también la serie de tiempo de los promedios de 24 horas, para monóxido de carbono y ozono se incluyeron las series de tiempo de los promedios móviles de 8 horas.
3. Gráficos del análisis de regresión entre los valores del promedio del despliegue y los valores del equipo de referencia, se incluye un gráfico para los promedios horarios y los promedios de 24 horas para PM_{2.5} o de los promedios móviles de 8 horas para monóxido de carbono y ozono.
4. Despliegue gráfico de los valores para las métricas de linealidad (R^2 , pendiente e intercepto), error (RMSE) y precisión (desviación estándar).
5. Histogramas de los valores de temperatura y humedad durante el periodo de medición. En el caso de PM_{2.5} se emplearon los promedios de 24 horas, mientras que para monóxido de carbono y ozono los valores promedios de 1 hora.
6. Gráfico de dispersión de los valores normalizados del contaminante comparados contra los promedios de 1 hora (o 24 horas para el caso de PM_{2.5}) de la temperatura y humedad relativa.

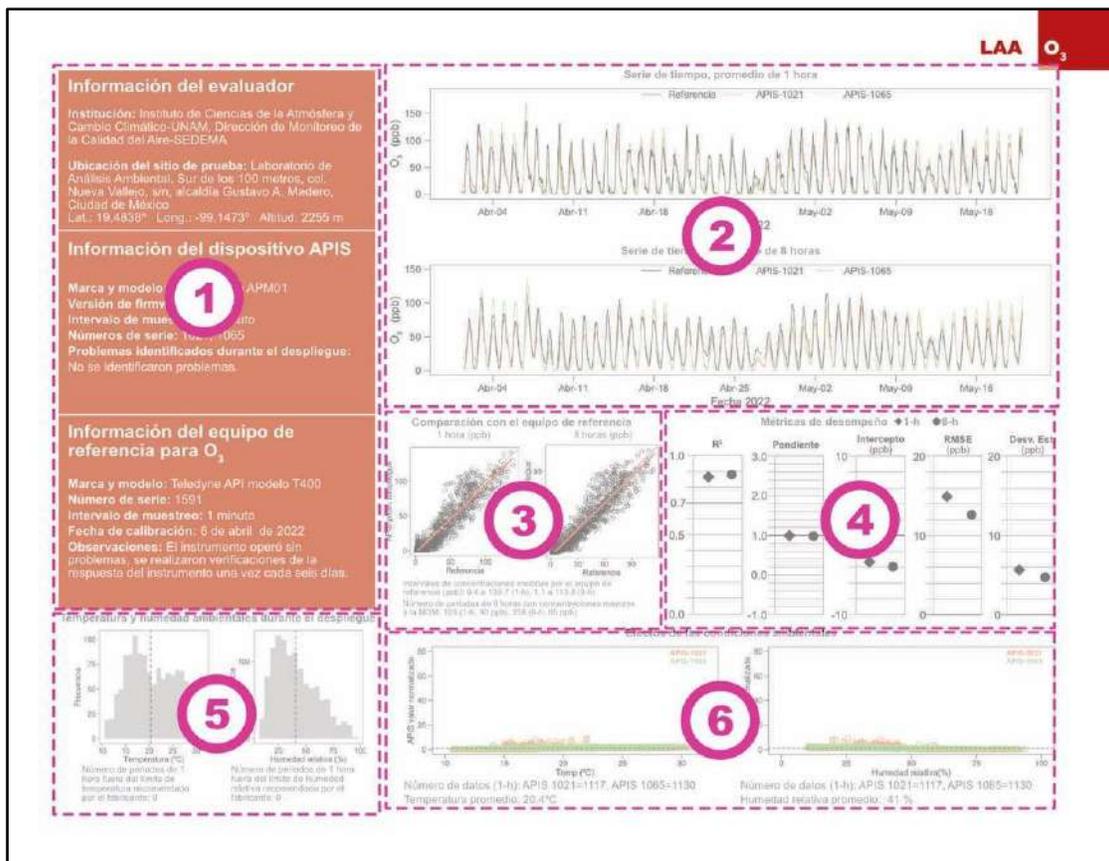


Figura 4. Anverso de la Ficha de Evaluación.

Reverso de la ficha (Figura 5):

7. Tabla con el resumen estadístico de los datos del equipo de referencia y de los dispositivos evaluados.
8. Tabla con los valores de las métricas de evaluación del desempeño de los dispositivos.
9. Gráficos de correlación de los dispositivos individuales y el equipo de referencia, para los datos horarios, los promedios de 24 horas de PM_{2.5} y de 8 horas para monóxido de carbono y ozono.

En la esquina superior derecha de la ficha se indica el acrónimo del sitio y el contaminante evaluado. Se asignó un color diferente para cada contaminante, para su fácil identificación.

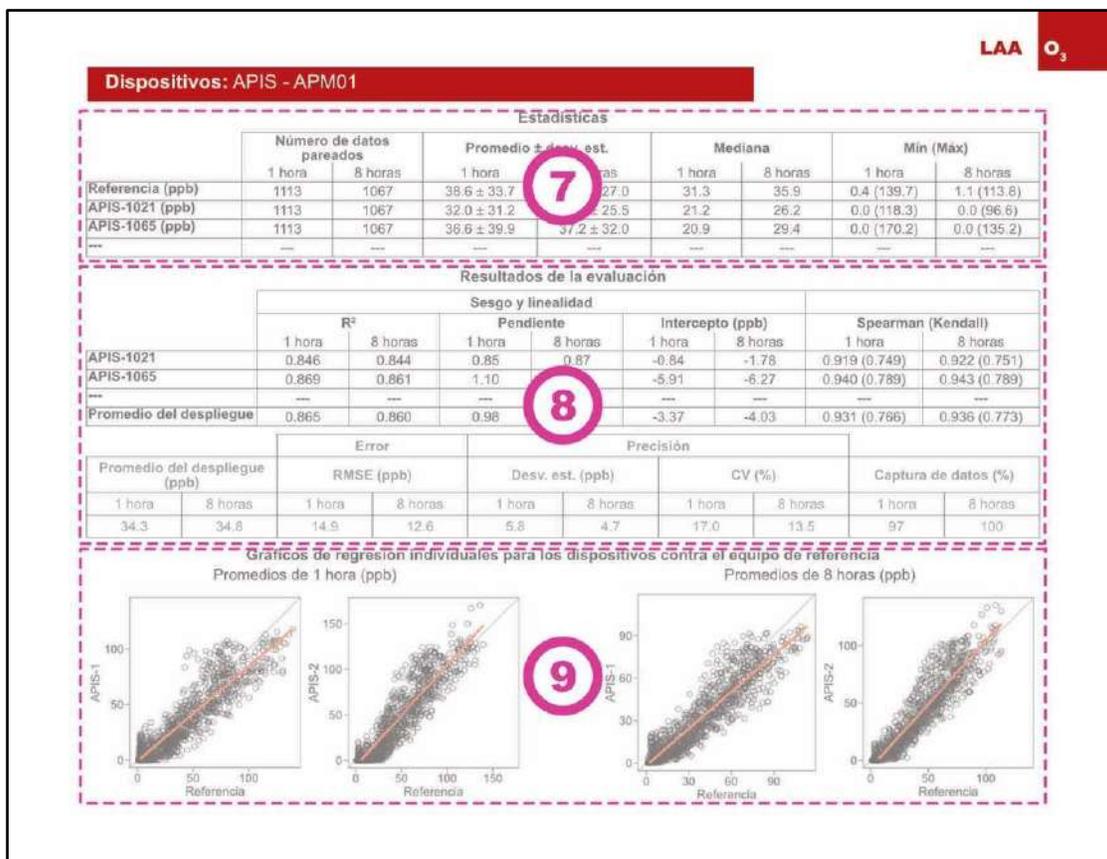


Figura 5. Reverso de la Ficha de Evaluación.

Las Fichas de Evaluación de todos los dispositivos, como resultado de este ejercicio de evaluación, se incluyen en el Anexo II de este documento.

2.7 Evaluación de la experiencia de uso

La experiencia de uso se refiere a la evaluación técnica y valoración global, subjetiva y consciente de la interacción entre el usuario y el dispositivo, derivada del empleo de los diferentes equipos para la obtención de datos de calidad del aire. Esta valoración puede proporcionar una guía para usuarios noveles con alguna experiencia en temas de monitoreo de la calidad del aire.

Algunos aspectos que se consideraron en esta evaluación incluyen:

- a) *Instalación*. Describe la facilidad o dificultad que implica la instalación del equipo en campo, considerando la disponibilidad de energía eléctrica e internet, incluye una estimación del tiempo de instalación.
- b) *Facilidad de uso*. Se refiere a la capacidad que ofrece el dispositivo para proporcionar las condiciones necesarias para que el usuario obtenga datos de calidad del aire, incluye la descripción de las necesidades básicas de mantenimiento durante su uso en campo.
- c) *Acceso a los datos*. Describe los medios que ofrece el participante para el acceso a los datos en tiempo real e históricos, así como para la descarga de los datos, además de la capacidad de intercambiar datos con otros sistemas.
- d) *Herramientas para el resumen, visualización y despliegue de los datos*. Tiene que ver con las herramientas que ofrece el participante para acceder a datos históricos mediante agregaciones personalizables y resúmenes estadísticos, así como para el despliegue y visualización de los datos y sus agregaciones (e. g., promedios).
- e) *Consumo de energía*. Indica un aproximado del consumo de energía del dispositivo.
- f) *Protección del dispositivo ante las condiciones ambientales*. Se refiere a las características y configuración del equipo para brindar protección adecuada a los sensores de la radiación solar, la lluvia y el polvo.
- g) *Costo*. Indica el costo de adquisición del dispositivo, así como cualquier costo adicional sugerido por el proveedor para la operación y acceso de los datos para el primer año de operación. El costo se solicitó a los proveedores, cuando no estuvo disponible se indicó en la tabla y se incluyó un intervalo de costo aproximado.

Esta evaluación se aplicó a los dispositivos comerciales y al prototipo del CMM (el cual ha sido empleado en diversos proyectos de investigación). No se aplicó a los prototipos DIY, ya que se trata de prototipos experimentales con el principal propósito de evaluar las tecnologías para la medición de contaminantes del aire, para los cuales aún no se ha definido una aplicación (exteriores, interiores o móvil) o tipo de usuarios específicos que motive la configuración, características, materiales y diseño del dispositivo.

3 RESULTADOS

3.1 Evaluación del desempeño

En esta sección se presentan los resultados de las evaluaciones del desempeño de los diferentes dispositivos, para cada parámetro ($PM_{2.5}$, PM_{10} , O_3 , NO_2 y CO) y en cada uno de los sitios de prueba. La información se presenta en tablas que resumen el resultado de las métricas calculadas y se incluye una discusión para cada parámetro. Las Fichas de Evaluación de cada dispositivo/sitio se pueden consultar individualmente en el Anexo II.

3.1.1 Partículas menores a 2.5 micrómetros

Se evaluaron cinco marcas/modelos comerciales (ENVEA/Cairnet, Kunak/AIR Pro, Smability/SMAA, Ellona/WT1 y PurpleAir/PA-II-SD), el prototipo del Centro Mario Molina (CMM/Airlab) y los dos prototipos *do-it-yourself* (Yera y MPBU). Se empleó un monitor T640x como instrumento de referencia con las mediciones normalizadas contra un equipo FRM (ver sección 2.1). El 5 de abril de 2022 el dispositivo Ellona WT1 serie 30062 presentó fallas en un bus de comunicación lo que, en opinión del fabricante, afectó las mediciones realizadas por el sensor de partículas, por lo tanto, no fue posible evaluar su desempeño. Los dos prototipos MPBU del ICAYCC presentaron fallas recurrentes en el primer sitio (LAA), pero operaron correctamente una parte del periodo de evaluación en el segundo sitio. En el caso de los dispositivos APIS APM01, la comunicación entre éstos y los sensores externos PurpleAir/PA-II-SD presentó fallas recurrentes que limitaron significativamente la disponibilidad de los datos de partículas para la evaluación.

El detalle de los resultados de la evaluación en cada sitio se resume en la Tabla 3, en el Anexo II- $PM_{2.5}$ se muestran las Fichas de Evaluación para cada dispositivo.

En términos generales, la mayoría de los dispositivos fueron capaces de reproducir la variabilidad temporal del contaminante y presentaron buenas correlaciones con el equipo de referencia ($R^2 > 0.7$), excepto los prototipos CMM Airlab y MPBU. El dispositivo PurpleAir reportó consistentemente concentraciones mayores en ambos sitios, mientras que el prototipo MPBU sobreestimó significativamente las concentraciones en el segundo sitio (ICAYCC). El resto de los dispositivos reportaron concentraciones similares o menores que el equipo de referencia. Es de destacar la precisión reportada por todos los dispositivos, con valores de desviación estándar menores a $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, tanto para los promedios de 1 hora como los de 24 horas. Los menores valores de desviación estándar (o sea de mayor precisión) para los promedios de 24 horas se observaron en los dispositivos ENVEA/Cairnet ($DE = 0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en el sitio LAA, y el PurpleAir/PA-II-SD en el sitio ICAYCC ($DE = 0.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$). En cuanto al error reportado en términos del valor normalizado para el error cuadrático medio (NRMSE) para los promedios de 24 horas, los resultados se ubicaron dentro del intervalo comprendido entre 10 y 47%, en LAA, y entre 18 a 68%, en ICAYCC.

3.1.2 Partículas menores a 10 micrómetros

Se evaluaron cinco marcas comerciales (ENVEA/Cairnet, Kunak/AIR Pro, Smability/SMAA, Ellona/WT1y PurpleAir/PA-II-SD), el prototipo CMM/Airlab y los dos prototipos *do-it-yourself* (YERA y MPBU). Se empleó un monitor T640x como instrumento de referencia. El 5 de abril de 2022 el dispositivo Ellona WT1 serie 30062 presentó fallas en un bus de comunicación lo que, en opinión del fabricante, afectó las mediciones realizadas por el sensor de partículas, por lo tanto, no fue posible evaluar el desempeño del dispositivo. Los dos prototipos MPBU del ICAYCC presentaron fallas recurrentes en el primer sitio sin generar datos útiles para la evaluación, no obstante, operó una parte del periodo de evaluación en el segundo sitio. En el caso del dispositivo APIS/APM01 la comunicación entre los dispositivos y los sensores externos PurpleAir/PA-II-SD presentó fallas recurrentes que limitaron significativamente la disponibilidad de los datos para la evaluación.

El detalle de los resultados de la evaluación en cada sitio se resume en la Tabla 4, en el Anexo II-PM₁₀ se muestran las Fichas de Evaluación para cada dispositivo.

Las correlaciones entre los dispositivos y el equipo de referencia fueron menores que las observadas en PM_{2.5} ($0.010 > R^2 > 0.791$, para el promedio de 24 horas). En todos los casos los dispositivos subestimaron la concentración de PM₁₀, las subestimaciones fueron mayores en el sitio de norte (LAA) en comparación con en el sitio del sur (ICAYCC). La precisión, en términos de la desviación estándar, fue similar a la observada en PM_{2.5}. Los valores del error, en términos del NRMSE para el promedio de 24 horas, estuvieron entre 30 y 70% en el sitio LAA, mientras que para el sitio ICAYCC entre 34 y 71%.

Tabla 3. Resultados de la evaluación de desempeño para la medición de PM_{2.5} para los promedios de 1 y 24 horas, en los dos sitios de evaluación (sitio LAA).

Dispositivo	Promedio (µg/m ³)	Linealidad			Error		Precisión		S	τ	Datos %
		R ²	m	b	RMSE (µg/m ³)	NRMSE (%)	DE (µg/m ³)	CV (%)			
Sitio de evaluación: LAA, promedio de 1 hora (promedio= 21.6 µg/m³)											
CMM/Airlab	26.1	0.272	0.61	12.99	10.8	50.0	2.7	10.5	0.644	0.463	90
Ellona/WT1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
ENVEA/Cairnet	18.4	0.821	0.92	-1.33	5.0	23.2	0.5	2.5	0.906	0.913	100
Kunak/AIR Pro	19.1	0.766	0.88	0.01	5.3	24.4	1.2	6.3	0.886	0.716	97
PurpleAir/PA-II-SD	30.7	0.898	1.55	-0.24	10.1	50.7	0.6	2.1	0.973	0.861	78
Smability/SMAA	18.4	0.795	0.91	-0.94	5.6	26.4	2.5	13.4	0.906	0.735	84
YERA	19.0	0.878	1.13	-3.35	3.1	15.8	0.6	3.4	0.942	0.801	58
Sitio de evaluación: LAA, promedio de 24 horas (promedio= 21.5 µg/m³)											
CMM/Airlab	26.1	0.344	0.56	14.19	7.3	34.2	1.7	6.5	0.622	0.452	94
Ellona/WT1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
ENVEA/Cairnet	18.4	0.833	0.82	0.79	4.0	18.4	0.3	1.9	0.925	0.773	100
Kunak/AIR Pro	19.0	0.775	0.81	1.61	3.8	17.8	0.7	3.7	0.882	0.720	100
PurpleAir/PA-II-SD	30.3	0.931	1.60	-1.20	9.2	47.0	0.5	1.7	0.983	0.905	78
Smability/SMAA	18.3	0.900	0.90	0.14	4.0	19.1	2.2	12.1	0.951	0.820	82
YERA	18.7	0.907	0.98	-0.67	2.0	10.1	0.6	3.4	0.954	0.849	57

Tabla 3. Continuación (sitio ICAYCC)

Dispositivo	Promedio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Linealidad			Error		Precisión		S	τ	Datos %
		R^2	m	b	RMSE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NRMSE (%)	DE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CV (%)			
Sitio de evaluación: ICAYCC, promedio de 1 hora (promedio= 14.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)											
CMM/Airlab	17.9	0.344	0.32	14.03	8.5	70.5	1.4	7.8	0.700	0.522	63
Ellona/WT1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
ENVEA/Cairnet	10.5	0.840	0.74	0.07	5.1	35.9	0.5	4.9	0.925	0.766	100
Kunak/AIR Pro	11.5	0.828	0.90	-1.28	4.5	31.9	0.6	5.5	0.940	0.793	100
MPBU	16.4	0.764	1.52	-0.09	8.7	80.3	1.7	10.3	0.811	0.641	27
PurpleAir/PA-II-SD	18.1	0.851	1.44	-2.39	6.0	42.6	0.3	1.7	0.931	0.780	100
Smability/SMAA	9.8	0.827	0.63	1.05	5.9	42.2	1.5	14.9	0.919	0.755	86
YERA	13.1	0.840	0.99	-2.12	3.6	23.7	0.4	2.7	0.922	0.759	77
Sitio de evaluación: ICAYCC, promedio de 24 horas (promedio= 14.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)											
CMM/Airlab	17.9	0.540	0.34	13.65	6.5	52.3	0.8	4.3	0.800	0.626	66
Ellona/WT1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
ENVEA/Cairnet	10.5	0.856	0.71	0.49	4.3	30.6	0.4	4.2	0.913	0.767	100
Kunak/AIR Pro	11.4	0.814	0.79	0.26	3.6	25.7	0.3	2.4	0.890	0.737	100
MPBU	16.6	0.571	1.52	0.32	7.3	68.2	1.2	7.1	0.817	0.722	24
PurpleAir/PA-II-SD	18.1	0.888	1.42	-1.89	4.3	30.7	0.2	1.2	0.906	0.766	100
Smability/SMAA	9.8	0.937	0.69	0.23	4.8	34.2	1.3	13.2	0.954	0.852	79
YERA	13.8	0.814	0.90	-0.54	2.9	17.9	0.6	4.2	0.864	0.698	53

Tabla 4. Resultados de la evaluación de desempeño para la medición de PM₁₀ para los promedios de 1 y 24 horas, en los dos sitios de evaluación (sitio LAA).

Dispositivo	Promedio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Linealidad			Error		Precisión		S	τ	Datos %
		R^2	m	b	RMSE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NRMSE (%)	DE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CV (%)			
Sitio de evaluación: LAA, promedio de 1 hora (promedio= 55.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)											
CMM/Airlab	19.3	0.100	0.12	12.35	37.3	74.8	1.5	8.0	0.585	0.421	90
ENVEA/Cairnet	22.1	0.706	0.43	-1.93	36.1	64.9	0.7	3.3	0.798	0.608	100
Kunak/AIR Pro	27.4	0.664	0.44	2.80	31.5	56.7	3.0	10.9	0.781	0.587	97
Smability/SMAA	19.5	0.382	0.25	5.93	40.0	72.3	5.0	25.4	0.580	0.419	84
Ellona/WT1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
PurpleAir/PA-II-SD	36.7	0.426	0.59	6.34	17.2	33.2	0.8	2.1	0.662	0.482	78
YERA	19.0	0.506	0.37	-1.54	31.7	57.8	0.6	3.4	0.692	0.503	58
Sitio de evaluación: LAA, promedio de 24 horas (promedio= 55.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)											
CMM/Airlab	19.4	0.010	0.03	17.51	37.8	69.3	0.7	3.7	0.281	0.182	94
ENVEA/Cairnet	22.1	0.577	0.36	1.93	34.7	62.6	0.5	2.5	0.732	0.538	100
Kunak/AIR Pro	27.3	0.589	0.42	4.20	29.6	53.5	2.1	7.8	0.727	0.537	100
Smability/SMAA	19.4	0.503	0.27	4.33	37.6	68.1	2.7	13.8	0.691	0.486	78
Ellona/WT1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
PurpleAir/PA-II-SD	36.2	0.313	0.50	10.56	15.2	29.6	0.6	1.7	0.493	0.386	78
YERA	18.7	0.473	0.30	2.22	31.2	56.9	0.6	3.5	0.649	0.483	57

Tabla 4. Continuación (sitio ICAYCC)

Dispositivo	Promedio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Linealidad			Error		Precisión		S	τ	Datos %
		R^2	m	b	RMSE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NRMSE (%)	DE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CV (%)			
Sitio de evaluación: ICAYCC, promedio de 1 hora (promedio= 32.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)											
CMM/Airlab	15.3	0.206	0.10	12.55	18.6	66.0	0.7	4.7	0.562	0.401	66
Ellona/WT1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
ENVEA/Cairnet	11.7	0.675	0.36	0.08	23.9	73.3	0.8	7.1	0.845	0.665	100
Kunak/AIR Pro	15.0	0.746	0.49	-1.04	20.2	61.9	1.3	8.6	0.904	0.737	100
Smability/SMAA	10.9	0.543	0.26	2,54	24.9	77.7	1.5	13.9	0.761	0.579	86
PurpleAir/PA-II-SD	21.1	0.465	0.65	-0.05	14.1	43.4	0.4	1.8	0.677	0.513	100
MPBU	19.1	0.462	0.68	1.65	12.8	50.0	1.8	9.6	0.654	0.481	27
YERA	13.1	0.424	0.37	0.23	20.8	59.4	0.4	2.7	0.635	0.465	77
Sitio de evaluación: ICAYCC, promedio de 24 horas (promedio= 32.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)											
CMM/Airlab	15.3	0.087	0.05	13.97	16.4	57.6	0.5	3.0	0.502	0.381	63
Ellona/WT1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
ENVEA/Cairnet	11.6	0.779	0.36	-0.19	22.1	68.3	0.7	5.9	0.885	0.733	100
Kunak/AIR Pro	14.9	0.791	0.45	0.23	18.8	58.1	0.8	5.6	0.875	0.875	100
Smability/SMAA	10.8	0.765	0.31	1.00	22.2	70.8	1.3	12.3	0.862	0.721	79
PurpleAir/PA-II-SD	21.1	0.602	0.69	-1.09	10.9	33.7	0.3	1.3	0.727	0.562	100
MPBU	19.2	0.180	0.39	9.19	9.9	39.0	1.0	5.3	0.333	0.389	24
YERA	13.8	0.475	0.37	0.37	19.4	53.8	0.6	4.3	0.630	0.471	63

3.1.3 Ozono

Siete dispositivos contaron con sensores para la medición de ozono, cinco comerciales (APIS/APM01, Ellona/WT1, ENVEA/Cairnet, Kunak/AIR Pro y Smability/SMAA) así como los prototipos CMM/Airlab y YERA. El 5 de abril de 2022 el dispositivo Ellona/WT1 con número de serie 30062 presentó problemas en el sensor de dióxido de nitrógeno y en un bus de comunicación. Debido a que las mediciones de dióxido de nitrógeno son necesarias para la estimación de la concentración de ozono, no fue posible realizar la evaluación del desempeño para este dispositivo. Los sensores de ozono del prototipo YERA no operaron correctamente y las mediciones fueron descartadas de la evaluación.

El detalle de los resultados de la evaluación en cada sitio se resume en la Tabla 5, en el Anexo II-O₃ se muestran las Fichas de Evaluación para cada dispositivo.

Los dispositivos APIS/APM01, ENVEA/Cairnet y Kunak/AIR Pro fueron capaces de reproducir la variabilidad temporal del contaminante y presentaron correlaciones altas con las mediciones de los equipos de referencia para los promedios horarios ($0.822 > R^2 > 0.966$) y de 8 horas ($0.789 > R^2 > 0.978$). No obstante, se observaron diferencias en el desempeño de los dispositivos APIS y ENVEA/Cairnet en los dos sitios de prueba, mientras el APIS/APM01 presentó mejores resultados en el sitio LAA, el ENVEA/Cairnet los presentó en el sitio ICAYCC. El dispositivo Kunak/AIR Pro reportó los mejores valores en la mayoría de las métricas con correlaciones altas en ambos sitios (R^2 : LAA=0.964, ICAYCC=0.966, para el promedio de 1 hora), valores de la pendiente cercanos a la unidad (m: LAA=0.99, ICAYCC=0.98, para el promedio de 1 hora) y los menores valores para el error; además presentó un desempeño consistente en ambos sitios. En la mayoría de los casos, la precisión de los dispositivos fue menor a 10 ppb (como desviación estándar). En términos del error, con excepción del CMM/Airlab, los valores del RMSE para los promedios de 1 hora, estuvo entre 10.7 y 34.0 ppb en LAA, y entre 8.7 y 26.1 ppb en ICAYCC. Es destacable el desempeño que tuvieron los dispositivos APIS/APM01 y Kunak/AIR Pro en LAA, y Kunak/AIR Pro en ICAYCC, para la medición de ozono.

El CMM/Airlab sobreestimó considerablemente las concentraciones de ozono y no fue capaz de reproducir la variabilidad del contaminante, en ambos sitios. Mientras que el dispositivo Smability/SMAA presentó un desempeño dispar en los diferentes sitios de prueba, con los mejores resultados en el sitio de ICAYCC.

En la mayoría de los dispositivos se observó alguna influencia de las condiciones ambientales de temperatura y humedad en la respuesta de los sensores.

Los resultados sugieren que podría existir alguna influencia de la composición de la mezcla de aire, la temperatura y humedad, en el desempeño de la mayoría de los sensores.

Tabla 5. Resultados de la evaluación de desempeño para la medición de ozono para los promedios de 1 y móvil de 8 horas, en los dos sitios de evaluación (sitio LAA).

Dispositivo	Promedio (ppb)	Linealidad			Error	Precisión		S	τ	Datos %
		R^2	m	b	RMSE (ppb)	DE (ppb)	CV (%)			
Sitio de evaluación: LAA, promedio de 1 hora (promedio= 39.8 ppb)										
CMM/Airlab	557.4	0.000	0.00	557.2	519.2	11.2	2.0	0.011	0.025	88
APIS/APM01	34.3	0.865	0.98	-3.37	14.9	5.8	17.0	0.931	0.766	97
Ellona/WT1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
ENVEA/Cairnet	36.0	0.822	0.50	16.45	19.5	4.2	11.5	0.903	0.737	99
Kunak/AIR Pro	39.3	0.964	0.99	0.52	10.7	8.4	21.5	0.978	0.874	99
Smability/SMAA	42.1	0.071	0.13	37.10	34.0	5.0	11.8	0.209	0.157	83
Sitio de evaluación: LAA, promedio móvil de 8 horas (promedio= 40.4 ppb)										
CMM/Airlab	557.6	0.003	0.03	556.55	518.1	8.48	1.52	0.039	0.034	93
APIS/APM01	34.8	0.860	0.98	-4.03	12.6	4.7	13.5	0.936	0.773	100
Ellona/WT1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
ENVEA/Cairnet	36.4	0.789	0.48	17.10	16.4	3.8	10.4	0.896	0.744	99
Kunak/AIR Pro	39.9	0.972	0.98	0.62	7.6	6.1	15.3	0.988	0.904	99
Smability/SMAA	42.2	0.125	0.16	35.79	25.7	4.0	9.4	0.299	0.203	84

Tabla 5. Continuación (sitio ICAYCC).

Dispositivo	Promedio (ppb)	Linealidad			Error	Precisión		S	τ	Datos %
		R^2	m	b	RMSE (ppb)	DE (ppb)	CV (%)			
Sitio de evaluación: ICAYCC, promedio de 1 hora (promedio= 40.0 ppb)										
CMM/Airlab	571.8	0.880	0.20	564.2	534.3	12.6	2.2	0.270	0.184	62
APIS/APM01	17.0	0.833	0.71	-11.50	26.1	2.8	16.6	0.950	0.807	100
Ellona/WT1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
ENVEA/Cairnet	38.9	0.928	0.71	10.55	10.3	2.8	7.2	0.950	0.804	100
Kunak/AIR Pro	40.6	0.966	0.92	3.71	8.7	6.8	16.8	0.978	0.875	100
Smability/SMAA	45.1	0.452	0.47	25.63	21.6	3.2	7.0	0.652	0.464	85
Sitio de evaluación: ICAYCC, promedio móvil de 8 horas (promedio= 40.0 ppb)										
CMM/Airlab	571.8	0.170	0.21	563.5	533.7	6.0	1.0	0.350	0.235	66
APIS/APM01	17.3	0.847	0.74	-12.70	24.9	2.5	14.4	0.957	0.820	100
Ellona/WT1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
ENVEA/Cairnet	39.3	0.939	0.71	10.55	8.2	2.7	7.0	0.967	0.839	100
Kunak/AIR Pro	41.0	0.978	0.91	4.06	6.5	5.4	13.2	0.987	0.902	100
Smability/SMAA	45.0	0.604	0.53	22.99	15.0	2.7	6.0	0.760	0.560	83

3.1.4 Dióxido de nitrógeno

Cinco de los dispositivos incluyeron sensores de dióxido de nitrógeno (CMM/Airlab, APIS/APM01, Ellona/WT1, ENVEA/Cairnet y Kunak/AIR Pro). Debido a que algunos sensores electroquímicos para ozono exhiben una respuesta al dióxido de nitrógeno, se requiere de una medición precisa de este último para compensar la interferencia y obtener una medición adecuada de ozono. El dispositivo Ellona/WT1 con número de serie 30062 presentó una falla irreversible en el sensor de dióxido de nitrógeno a partir del 5 de abril de 2022, por lo que fue necesario invalidar los datos generados por el equipo.

Tabla 6. Resultados de la evaluación del desempeño para la medición de dióxido de nitrógeno para los promedios de 1 y móvil de 8 horas, en los dos sitios de evaluación.

Dispositivo	Promedio (ppb)	Linealidad			Error	Precisión		S	τ	Datos %
		R ²	m	b	RMSE (ppb)	DE (ppb)	CV (%)			
Sitio de evaluación: LAA, promedio de 1 hora (promedio= 27.8 ppb)										
CMM/Airlab	33.9	0.003	0.10	31.00	41.8	29.2	86.1	0.090	0.055	69
APIS/APM01	18.3	0.268	0.35	8.58	17.9	7.8	42.7	0.526	0.369	98
Ellona/WT1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
ENVEA/Cairnet	11.1	0.708	0.60	-5.53	19.1	4.3	38.2	0.779	0.610	100
Kunak/AIR Pro	20.9	0.346	0.57	5.02	15.4	3.7	17.6	0.602	0.432	100
Sitio de evaluación: ICAYCC, promedio de 1 hora (promedio= 16.6 ppb)										
CMM/Airlab	30.0	0.000	0.04	29.31	27.2	15.7	52.4	-0.001	0.000	48
APIS/APM01	10.3	0.156	0.31	5.20	10.6	4.4	42.4	0.324	0.231	100
Ellona/WT1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
ENVEA/Cairnet	1.6	0.616	0.38	-4.57	15.8	1.2	71.7	0.769	0.596	100
Kunak/AIR Pro	12.6	0.080	0.44	5.33	12.5	1.2	9.7	0.308	0.210	100

El detalle de los resultados de la evaluación en cada sitio se resume en la Tabla 6, en el Anexo II-NO₂ se muestran las Fichas de Evaluación de cada dispositivo.

En términos generales, todos los dispositivos subestimaron las concentraciones de dióxido de nitrógeno. El prototipo CMM/Airlab no logró reproducir la variabilidad horaria del contaminante y presentó diferencias importantes con las mediciones de los equipos de referencia en ambos sitios de prueba. El ENVEA/Cairnet reportó los mayores valores del coeficiente de determinación ($LAA=0.708$, $ICAYCC=0.616$). Exceptuando el CMM/Airlab, los valores del error en los dispositivos evaluados se encontraron en el intervalo de 15.4 a 19.1 ppb en LAA y de 10.6 a 15.8 ppb en ICAYCC.

Es oportuno mencionar que el fabricante del dispositivo Kunak/AIR Pro implementó recientemente cambios en el tratamiento de los datos, en un esfuerzo para compensar los efectos de la temperatura y humedad en la respuesta del sensor de dióxido de nitrógeno mejorando significativamente su desempeño, con impactos positivos en la medición de ozono. Debido a que esto ocurrió posterior a la realización de este estudio, los cambios no fueron incluidos en este reporte, pero tendrán un impacto favorable en evaluaciones posteriores.

3.1.5 Monóxido de carbono

Tres de los dispositivos comerciales contaban con sensores para el monitoreo de monóxido de carbono (APIS/APM01, Kunak/AIR Pro y Smability/SMAA), además del prototipo CMM/Airlab.

El detalle de los resultados de la evaluación en cada sitio se resume en la Tabla 7, en el Anexo II-CO se muestran las Fichas de Evaluación de cada dispositivo.

Con excepción del dispositivo Smability/SMAA, las mediciones con el resto de los dispositivos mostraron buenas correlaciones con las observaciones de los equipos de referencia para los promedios de 1 y 8 horas, en ambos sitios. En general, los valores de los coeficientes de determinación fueron mayores en el sitio ubicado al norte de la ciudad (LAA). Los dispositivos CMM/Airlab y el Kunak/AIR Pro reportaron concentraciones mayores al equipo de referencia, mientras que el APIS/APM01 y Smability/SMAA subestimaron las concentraciones con respecto a los equipos de referencia. El Kunak AIR Pro presentó la mayor precisión para ambos sitios.

La comparación de los valores normalizados de monóxido de carbono sugirió una posible influencia de la temperatura y la humedad en el desempeño de los sensores de los equipos CMM/Airlab y Smability/SMAA.

Los resultados sugieren que podría existir alguna influencia de la composición de la mezcla de aire, la temperatura y humedad, en el desempeño de la mayoría de los sensores.

Tabla 7. Resultados de la evaluación del desempeño para la medición de dióxido de nitrógeno para los promedios de 1 y móvil de 8 horas, en los dos sitios de evaluación.

Dispositivo	Promedio (ppb)	Linealidad			Error	Precisión		S	τ	Datos %
		R ²	m	b	RMSE (ppb)	DE (ppb)	CV (%)			
Sitio de evaluación: LAA, promedio de 1 hora (promedio= 496.7 ppb)										
CMM/Airlab	686.5	0.867	0.86	259.40	243.0	37.2	5.4	0.877	0.902	89
APIS/APM01	156.4	0.949	0.55	-120.90	393.3	22.2	14.2	0.930	0.800	98
Kunak/AIR Pro	675.7	0.912	0.76	297.40	226.2	20.9	3.1	0.885	0.719	100
Smability/SMAA	480.0	0.129	0.21	380.70	401.7	143.6	29.9	0.348	0.256	84
Sitio de evaluación: LAA, promedio móvil de 8 horas (promedio= 497.4 ppb)										
CMM/Airlab	684.2	0.861	0.87	251.80	217.1	34.3	5.0	0.709	0.736	94
APIS/APM01	155.8	0.923	0.51	-102.70	377.2	14.4	9.2	0.951	0.820	98
Kunak/AIR Pro	674.1	0.883	0.69	328.80	212.5	18.7	2.8	0.916	0.765	100
Smability/SMAA	484.7	0.154	0.26	362.50	299.8	125.3	25.8	0.389	0.272	84
Sitio de evaluación: ICAYCC, promedio de 1 hora (promedio= 314.6 ppb)										
CMM/Airlab	484.7	0.790	0.79	253.21	205.5	30.3	6.3	0.843	0.652	44
APIS/APM01	23.2	0.709	0.31	-74.84	315.2	10.9	47.2	0.772	0.629	100
Kunak/AIR Pro	468.1	0.833	0.81	213.07	169.4	25.7	5.5	0.862	0.679	100
Smability/SMAA	266.0	0.373	0.38	148.65	152.0	74.7	28.1	0.589	0.443	85
Sitio de evaluación: ICAYCC, promedio de 8 horas (promedio= 316.5 ppb)										
CMM/Airlab	486.1	0.715	0.69	281.22	197.9	27.9	5.7	0.799	0.610	48
APIS/APM01	23.8	0.689	0.30	-70.23	304.5	8.0	33.6	0.798	0.614	100
Kunak/AIR Pro	469.1	0.750	0.68	254.86	165.2	25.5	5.4	0.809	0.624	100
Smability/SMAA	268.0	0.362	0.44	129.50	119.8	68.9	25.7	0.565	0.413	83

3.2 Experiencia de uso

Siguiendo los criterios descritos en la sección 2.7, se realizó una evaluación en cuanto a la experiencia del uso de cada uno de los modelos participantes.

La experiencia de uso se refiere a la evaluación técnica y valoración global, subjetiva y consciente de la interacción entre el usuario y el dispositivo, derivada del uso y operación de los diferentes equipos para la obtención de datos de calidad del aire. Esta valoración puede proporcionar una guía para usuarios noveles con una experiencia mínima en temas de monitoreo de la calidad del aire (e. g., operadores de redes de monitoreo).

Los aspectos que se tomaron en consideración para esta evaluación incluyen:

- a) *Instalación*. Describe la facilidad o dificultad que implica la instalación del equipo en campo considerando la disponibilidad de energía eléctrica e internet, incluye el tiempo necesario para la instalación.
- b) *Facilidad de uso*. Se refiere a la capacidad que ofrece el dispositivo para proporcionar las condiciones adecuadas para que el usuario obtenga datos de calidad del aire, incluye la descripción de las necesidades básicas de mantenimiento durante su uso en campo.
- c) *Acceso a los datos*. Describe los medios disponibles para el acceso a los datos en tiempo real e históricos, así como para la descarga de los datos, además de la capacidad de intercambiar datos con otros sistemas.
- d) *Herramientas para el resumen, visualización y despliegue de los datos*. Hace referencia a las herramientas disponibles para acceder a datos históricos mediante agregaciones personalizables y resúmenes estadísticos, así como para el despliegue y visualización de los datos y sus agregaciones (e. g., promedios).
- e) *Consumo de energía*. Muestra el consumo de energía del dispositivo.
- f) *Protección del dispositivo ante las condiciones ambientales*. Se refiere a la forma y materiales del dispositivo para proteger a los sensores de la radiación solar, la lluvia y el polvo.
- g) *Costo*. Indica el costo de adquisición del dispositivo, así como cualquier costo adicional sugerido por el proveedor para la operación y acceso de los datos para el primer año de operación. El costo se solicitó a los proveedores, cuando no estuvo disponible se indica en la tabla y se incluye un intervalo del costo aproximado.

La evaluación se aplicó a los dispositivos comerciales y al prototipo del CMM que ha sido empleado en diversos proyectos de investigación. No se aplicó a los prototipos DIY, ya que se trata de prototipos experimentales desarrollados con el principal propósito de evaluar las tecnologías para la medición de contaminantes del aire y para los cuales aún no se ha definido una aplicación (exteriores, interiores o móvil) o tipo de usuarios específicos que oriente el diseño

específico y las necesidades de interacción con el usuario. En la evaluación de la experiencia de uso se utilizó una escala del 1 al 5, asignado el valor de 1 para la mayor facilidad del uso o una mejor experiencia del usuario, mientras que el valor de 5 corresponde a una mayor dificultad de uso o una experiencia menor del usuario. Los resultados de la evaluación se muestran en las Tablas 8 a 14. El costo del dispositivo se presenta en pesos mexicanos (MX\$)⁵ e incluye el IVA, se indica como \$ (\$1,000 a \$50,000), \$\$ (\$51,000 a \$150,000) y \$\$\$ (>\$151,000).

⁵ La estimación en pesos mexicanos se realizó utilizando los tipos de cambio: US\$1 = MX\$20 y €1 = MX\$20.

Tabla 8. Evaluación de la experiencia de uso del prototipo **Airlab del Centro Mario Molina.**

Característica	Evaluación	Observaciones
Instalación	2	<p>Es una caja plástica que incluye perforaciones en las secciones superior e inferior para empotrar directamente sobre una superficie vertical plana o sujetar a un poste, tubería o perfil metálico. No incluye accesorios, ni recomendaciones para el montaje. Durante la instalación se recomienda emplear una abrazadera sin fin para sujetarlo, si tiene considerado montar el dispositivo en un poste, tubería o perfil metálico</p> <p>Requiere de una fuente de alimentación de corriente alterna de 120V, el equipo incluye un regulador de voltaje de corriente directa de 9 V.</p> <p>El dispositivo utiliza una red LoRa para la transmisión de datos, requiere de la instalación previa de un Access Point para LoRa (e. g., Multitech modelo MTCAP-915-041A) para el envío de los datos por internet a la nube del proveedor.</p> <p>El tiempo de instalación es menor a 30 min.</p>
Facilidad de uso	1	<p>Una vez conectado y encendido, el dispositivo requiere de intervención mínima de parte del usuario.</p> <p>Como parte de las actividades de mantenimiento se requiere una revisión diaria del envío de datos la cual puede verificar directamente en la nube.</p> <p>La inspección semanal de la operación de los ventiladores y de la ausencia de insectos, telarañas u obstrucciones en la entrada y salida de muestra.</p>
Acceso a los datos	3	<p>Los datos se descargan directamente del sitio web, que es de acceso abierto, en formato de texto.</p> <p>También pueden descargarse manualmente de la tarjeta de memoria microSD de respaldo del equipo.</p> <p>Las mediciones de los sensores de gases se presentan en unidades de voltaje.</p>
Herramientas para el resumen, despliegue y visualización de datos	4	<p>No cuenta con herramientas para la agregación y análisis estadístico de los datos.</p> <p>Despliega los datos en gráficos de series de tiempo, no cuenta con opciones para manipular ni personalizar los gráficos.</p>
Consumo de energía	No disponible	No disponible
Protección del dispositivo ante las condiciones ambientales	3	<p>Se trata de una caja IP6 en donde se realizaron adaptaciones para el ingreso y salida de la muestra. El cableado de los componentes está suelto lo que complica realizar diagnósticos para reparaciones y el acceso a la tarjeta SD de memoria.</p> <p>La caja ofrece protección de los sensores contra polvo, lluvia y la radiación solar directa.</p>
Costo	No aplica	Se trata de un prototipo desarrollado por el MIT, esta versión no se encuentra disponible comercialmente.

Tabla 9. Evaluación de la experiencia de uso del dispositivo **APM01 de la marca APIS.**

Característica	Evaluación	Observaciones
Instalación	2	<p>Es un dispositivo construido específicamente para su uso en exteriores, por las dimensiones y peso (40.6×22.9×22.9 cm, 4.54 kg) se requieren dos personas para la instalación. Cuenta con sensores externos para la medición de la dirección y velocidad del viento. Incluye los accesorios necesarios que permite su montaje sobre un trípode o sujetarse a una superficie plana vertical, a postes o columnas.</p> <p>Para la medición de partículas suspendidas requiere de la instalación de un dispositivo PurpleAir externo.</p> <p>Requiere de una fuente de alimentación de corriente alterna de 120V, el equipo incluye su propia fuente para el acondicionamiento de la corriente directa requerida por los componentes electrónicos y sensores.</p> <p>Tiempo de instalación: 2 horas, incluyendo la instalación y configuración del sensor PurpleAir externo y la alineación de la veleta para la dirección de viento.</p>
Facilidad de uso	2	<p>El dispositivo opera de manera autónoma. Una vez instalado y encendido, aguarda unos minutos para su acondicionamiento antes de iniciar las mediciones. Después de este periodo inician las mediciones y el envío de datos cada minuto.</p> <p>Utiliza un módem celular para la comunicación y transmisión de los datos con la nube del proveedor.</p> <p>El dispositivo emplea un sistema de flujo activo para el ingreso de la muestra hacia los sensores. La entrada de la muestra está protegida por una malla metálica donde generalmente se acumula polvo. Para evitar problemas con el flujo de la muestra o cambios en la composición de la muestra se recomienda limpiar la malla con una brocha de cerdas suaves cada dos semanas, apagando el previamente el equipo.</p>
Acceso a los datos	3	<p>Los datos se encuentran disponibles en la nube del fabricante y se actualizan minuto a minuto.</p> <p>Acceso a los datos requiere de una suscripción DaaS (<i>Data as a Service</i>, datos como servicio) trimestral o anual para acceder a los datos. La suscripción anual incluye los servicios de administración de datos, mantenimiento, calibración, actualizaciones de software y hardware.</p>
Herramientas para el resumen, despliegue y visualización de datos	3	<p>Su sitio web ofrece una suite de herramientas para el despliegue de datos en forma de series de tiempo con diferentes intervalos de integración (1, 5, 60 minutos) y periodos de tiempo; elaboración de rosas de viento o contaminación; y descarga de datos.</p> <p>Utiliza Grafana, que es una aplicación web de visualización interactiva y análisis de código abierto multiplataforma. Para los propósitos de descarga de datos, la interfase es intuitiva. La aplicación tiene la capacidad de permitir el uso de capacidades adicionales para el análisis y visualización de los datos, sin embargo, requiere de conocimiento especializado de parte del usuario.</p>
Consumo de energía	No aplica.	<p>7-35W @ 10-32 VDC</p> <p>Incluye su sistema de regulación de corriente que alimenta al dispositivo y al sensor PurpleAir, el cual se conecta a una fuente de 120 VAC @ 8 A.</p>
Protección del dispositivo ante las condiciones ambientales	1	<p>Condiciones de operación: Temperatura: -30 a 60 °C, humedad relativa: 5 a 100 %</p> <p>Los sensores y componentes electrónicos se encuentran protegidos contra polvo, lluvia y la radiación solar directa. Se encuentran protegidos dentro de una estructura IP63 y solo requiere atención mínima de limpieza</p>
Costo	\$\$\$	<p>MX\$416,851 (incluye licenciamiento para el primer año de operación).</p> <p>La solución ofertada cuenta con sensores para la medición de PM10, PM2.5, PM1, O₃, NO₂, CO, SO₂, temperatura, humedad, presión barométrica y viento.</p>

Tabla 10. Evaluación de la experiencia de uso del dispositivo **WT1 de la marca Ellona.**

Característica	Evaluación	Observaciones
Instalación	1	Es un dispositivo pequeño (260 × 157 × 160 mm) y ligero (~3 kg), con los accesorios que acompañan el equipo se instala fácilmente en una superficie vertical, en postes o columnas, y una carcasa metálica que protege al equipo contra la radiación solar directa, la lluvia y el polvo. Requiere de una fuente de alimentación de corriente alterna de 120VAC. Dentro de los accesorios se incluye un adaptador de corriente de 12 VDC (corriente directa). Requiere servicio de internet inalámbrico y es necesario configurar la red en el dispositivo, alternativamente el equipo puede establecer la comunicación vía el puerto de Ethernet, GPRS o LTE-M. Tiempo de instalación: menor a 1 hora, incluida la configuración de la comunicación.
Facilidad de uso	1	Una vez conectado el equipo y configurada la red, el dispositivo no requiere de acciones adicionales por parte del usuario. Dispone de LEDs indicadores del estatus del dispositivo que permite identificar problemas en la operación o comunicación. Cuenta con un manual de operación (en inglés) que describe la instalación, operación y acceso a los datos, en un lenguaje sencillo y comprensible. Dependiendo de las condiciones de contaminación requiere el reemplazo del filtro de la entrada para los sensores de gases, en el caso de la Ciudad de México se recomienda el reemplazo cada tres meses.
Acceso a los datos	3	Los datos se encuentran disponibles en la nube del fabricante, y se actualizan minuto a minuto. Requiere de una suscripción anual. El acceso a los datos está limitado al (los) dispositivo(s) adquiridos.
Herramientas para el resumen, despliegue y visualización de datos	2	El sitio web ofrece una suite de herramientas básicas para el despliegue y la visualización de los datos con diferentes intervalos de integración. La descarga de datos es sencilla e intuitiva. Permite el acceso a los metadatos de los sensores.
Consumo de energía	No aplica	>6W @ 12 VDC Incluye regulador de voltaje para conectarse a una fuente de 120 VAC. Puede operar con paneles solares.
Protección del dispositivo ante las condiciones ambientales	2	Condiciones de operación: Temperatura: -30 a 60 °C, Humedad relativa: 10 a 90 % La caja que aloja los sensores se monta dentro de un cobertizo metálico que le ofrece la protección necesaria contra la lluvia, polvo y radiación solar directa, sin limitar la ventilación y el contacto de los sensores con el aire ambiente. Es recomendable poner atención a la temperatura registrada pues puede ser influenciada por el calor del cobertizo metálico.
Costo	\$\$	MX\$112,501, el licenciamiento SaaS para un año es de MX\$14,500. La solución ofertada cuenta con sensores para la medición de PM10, PM2.5, PM1, CO ₂ o (CH ₄), VOC, O ₃ , NO ₂ , olores, ruido temperatura, humedad, presión barométrica.

Tabla 11. Evaluación de la experiencia de uso del dispositivo **CAIRNET de ENVEA.**

Característica	Evaluación	Observaciones
Instalación	1	El dispositivo es compacto (300 x 215 x 257 mm) y ligero (4 kg), se proporciona un trípode junto con los accesorios necesarios para montaje. Cuenta con una tarjeta μ SIM para almacenamiento de datos. Se conecta a un tomacorriente de 120 VAC, Como opción alterna incluye una fuente de corriente directa 12 VDC @ 2.1 amperes. El equipo puede alimentarse con paneles solares. Requiere servicio de internet inalámbrico y es necesario configurar la red en el dispositivo. Cuenta con opciones para la transmisión de datos vía celular compatible con redes GSM (3G/4G). Tiempo de instalación: menor a 1 hora, incluida la configuración de la comunicación.
Facilidad de uso	1	Una vez conectado el equipo y verificada la transmisión de datos, el dispositivo no requiere de acciones adicionales por parte del usuario. Cuenta con un manual de operación (en inglés) que describe la instalación, operación y acceso a los datos, en un lenguaje sencillo y comprensible A través de los LEDs en el panel frontal del módulo IQ-Link se pueden identificar problemas en la operación y en la transmisión de datos. Requiere de una revisión periódica (una vez al mes) para retirar insectos, telarañas y polvo. El mantenimiento anual requiere del reemplazo de los sensores (no realizado en este proyecto).
Acceso a los datos	3	Los datos se encuentran disponibles en la nube del fabricante y se actualizan minuto a minuto. El acceso a la nube no es abierto y requiere de una suscripción anual. El acceso a los datos en la nube está limitado al (los) dispositivo(s) adquiridos. Los datos pueden descargarse manualmente de la memoria interna de los sensores o automáticamente vía FTP o la API.
Herramientas para el resumen, despliegue y visualización de datos	2	El sitio web ofrece una suite (Caircloud) de herramientas básicas para el despliegue y la visualización de los datos con diferentes intervalos de integración. Permite el acceso a algunos metadatos y a información técnica de los sensores. Cuenta con una API para el acceso a los datos para diferentes aplicaciones y desarrollos. La descarga manual de datos es intuitiva.
Consumo de energía	No aplica	Puede variar dependiendo del número de sensores. Incluye regulador de voltaje para conectarse a una fuente de 120 VAC Opcionalmente se puede usar una fuente de 12 VDC/ 2.1A o dos paneles solares de 13.5W.
Protección del dispositivo ante las condiciones ambientales	1	Condiciones de operación: Temperatura: -20 a 50 °C, Humedad relativa: 10 a 90 % La caja que aloja los sensores es a prueba de agua grado IP42 y ofrece la protección necesaria contra la lluvia, polvo y radiación solar directa.
Costo	\$\$\$	MX\$333,133.00 (incluye panel solar, trípode, transmisión de datos, 1 año de acceso a datos en CAIRCLOUD). La solución ofertada cuenta con sensores para la medición de PM10, PM2.5, PM1, O ₃ , NO ₂ , temperatura, humedad, presión barométrica.

Tabla 12. Evaluación de la experiencia de uso del dispositivo **AIR Pro de la marca Kunak.**

Característica	Evaluación	Observaciones
Instalación	2	Se trata de un dispositivo compacto (235 x 270 x 250 mm), ligero (2.4 a 3.4 kg, dependiendo de la configuración) y de fácil instalación. El montaje del panel solar y los sensores de meteorología podría requerir de la intervención de dos operadores y tiempo adicional. Incluye los accesorios para instalarse en una superficie vertical o en postes. La versión empleada en la evaluación incluyó panel solar y sensores mecánicos de dirección y velocidad de viento. La transmisión de datos se realizó vía telefonía celular con conexión a WiFi. Tiempo de instalación: 1-2 horas, incluyendo la instalación del panel solar y los sensores meteorológicos, así como la alineación de la veleta.
Facilidad de uso	1	Una vez conectado el equipo y verificada la transmisión de datos, el dispositivo no requiere de acciones adicionales por parte del usuario. Cuenta con un manual de operación (en inglés) muy completo, que describe a detalle el equipo, su instalación, operación y acceso a los datos, todo en un lenguaje sencillo y comprensible. La pantalla LCD ubicada en la parte inferior del dispositivo proporciona información instantánea de las mediciones, además del estatus del instrumento. Requiere de limpieza periódica (una vez al mes) para retirar insectos, telarañas y polvo. El mantenimiento anual requiere del reemplazo de los sensores (no realizado en este proyecto).
Acceso a los datos	3	Los datos se encuentran disponibles en la nube del fabricante y se actualizan continuamente, la resolución temporal de las mediciones se puede ajustar a las necesidades del usuario (promedios a partir de 1 minuto). La comunicación con el dispositivo puede ser vía Ethernet o multibanda (3G/4G/5G). Los datos pueden descargarse manual o automáticamente vía FTP o la API. El acceso a la nube no es abierto y requiere de una suscripción anual. El acceso a los datos en la nube está limitado al (los) dispositivo(s) adquiridos.
Herramientas para el resumen, despliegue y visualización de datos	1	El sitio web ofrece una suite de herramientas bien desarrolladas para el despliegue y la visualización de los datos con diferentes intervalos de integración (Kunak Cloud Web). Permite la elaboración de gráficos de serie de tiempo, rosas de viento y de contaminantes, mapas de calor, índice de calidad del aire, correlación entre dispositivos, informes personalizados, etiquetado de datos, configuración de dispositivos, entre otros. Cuenta con herramientas para la validación de datos y la trazabilidad de los sensores. Ofrece capacidades para el análisis avanzado de los datos utilizando la herramienta OpenAir. Permite el acceso a los datos crudos, ajustados y a los metadatos. Permite el diagnóstico, seguimiento y calibración de los sensores de manera remota. La descarga manual de datos es sencilla e intuitiva y cuenta con una API para el consumo de datos a través de aplicaciones y desarrollos.
Consumo de energía	No aplica	0.08 a 1.2 W dependiendo de la configuración del equipo, requiere de una alimentación entre 7-12 VDC con una potencia mínima de 12W. En caso del uso de panel solar se requieren 6V a 12W.
Protección del dispositivo ante las condiciones ambientales	1	Condiciones recomendadas de operación: Temperatura: -30 a 50 °C, Humedad relativa: 0 a 99 % El diseño del dispositivo es clase IP65 y ofrece protección contra lluvia, polvo y la radiación solar.
Costo	\$\$ a \$\$\$	El intervalo de precio se encuentra entre MX\$127,000 y MX\$278,400, dependiendo del modelo y la configuración del dispositivo. Requiere de un licenciamiento anual para la comunicación y acceso a los datos.

Tabla 13. Evaluación de la experiencia de uso del dispositivo **PA-II-SD de la marca PurpleAir.**

Característica	Evaluación	Observaciones
Instalación	1	Es un dispositivo pequeño (85 x 85 x 125 mm) y ligero (0.36 kg). La instalación es sencilla, se puede atornillar o sujetar a cualquier superficie vertical (pared, columna, poste, tubo, etc.). El sensor cuenta con opción de tarjeta SD de memoria para almacenamiento de datos. No incluye no adaptador de corriente La transmisión de datos se realiza vía inalámbrica utilizando una señal WiFi. Tiempo de instalación: < 30 min, incluyendo la configuración de la red.
Facilidad de uso	1	Una vez conectado el equipo y configurada la red para la transmisión de datos no requiere de acciones adicionales por parte del usuario. Las instrucciones para la instalación y puesta en operación se encuentran disponibles en el sitio del fabricante. Requiere de limpieza periódica (una vez al mes) para retirar insectos, telarañas y polvo.
Acceso a los datos	1	Los datos generados por los contadores ópticos y el sensor meteorológico se encuentran disponibles en la nube del fabricante (https://map.purpleair.com/), se actualizan continuamente. El acceso a los datos es abierto y se pueden descargar manualmente o mediante la API. La versión PA-II-SD cuenta con una tarjeta μ SD para el almacenamiento de los datos cada dos minutos. Los datos se pueden descargar directamente de la tarjeta en formato CSV.
Herramientas para el resumen, despliegue y visualización de datos	2	El sitio web despliega en un mapa los datos más recientes de todos los dispositivos configurados en modo público, para acceder a los dispositivos instalados en modo privado se requiere ingresar con una cuenta de usuario Para cada sitio es posible elaborar una serie de tiempo de los valores en tiempo real o para diferentes intervalos de agregación que pueden ir desde 10 min a 1 año, no solo en términos de concentración sino transformados con algunos algoritmos públicos y para diferentes índices de calidad del aire.
Consumo de energía	No aplica	~1 W @ 5VDC. Requiere de un adaptador de corriente con salida de 5 VDC @ 1.2-2.4 A, con conector micro USB.
Protección del dispositivo ante las condiciones ambientales	1	El diseño del dispositivo ofrece protección de los sensores contra lluvia, polvo y radiación solar.
Costo	\$	El dispositivo tiene un costo de MX\$6,900.00 (el precio puede variar dependiendo del proveedor en México, el adaptador de corriente para exteriores se compra por separado). No requiere de licenciamiento anual. El dispositivo mide PM10, PM2.5 y PM1, temperatura, humedad y presión barométrica.

Tabla 14. Evaluación de la experiencia de uso del dispositivo SMAA de la marca Smability.

Característica	Evaluación	Observaciones
Instalación	1	El dispositivo es compacto (aprox. 240 x 200 x 140 mm) y ligero (0.6 kg). Su diseño exterior cuenta con una especie de asa en la parte superior que permite usarlo como un dispositivo portátil, pero que también se puede utilizar para sujetarlo a un soporte horizontal. No cuenta con accesorios para la instalación. Requiere de una fuente de alimentación de corriente alterna de 120V para la conexión de un adaptador de corriente que suministra 9 VDC al dispositivo. No necesita la configuración para la transmisión de datos ya que emplea la red celular. Está diseñado para su uso en aplicaciones móviles y fijas. Cuenta con un dispositivo GPS que se utiliza principalmente para las aplicaciones móviles. Tiempo de instalación: <30 minutos.
Facilidad de uso	1	Una vez conectado solo es necesario elegir el tipo de aplicación (fija o móvil) mediante un switch y encender el equipo. No requiere ninguna acción adicional de parte del usuario. La resolución temporal de datos para instalaciones fijas es de 5 minutos y para aplicaciones móviles de 5 segundos. Al momento del estudio no se proporcionó manual o procedimiento de instalación y uso. Requiere de limpieza periódica (una vez al mes) para retirar insectos, telarañas y polvo de las entradas de partículas y gases. Por parte del proveedor no se especifica algún requerimiento de mantenimiento.
Acceso a los datos	2	Los datos se encuentran disponibles en la Plataforma de Datos en la Nube (PDN) del fabricante y se actualizan continuamente. El acceso a los datos en la nube está limitado al (los) dispositivo(s) adquiridos. Los datos se descargan manualmente o a través de la API.
Herramientas para el resumen, despliegue y visualización de datos	2	El sitio web ofrece herramientas para la agregación de los datos y su visualización en concentración o índice. También puede generar reportes y alertas que son enviados por correo electrónico.
Consumo de energía	No aplica	No se especifica en la hoja técnica del producto.
Costo	\$	MX\$ 49,880 (incluye el costo de licenciamiento para el primer año que es de MX\$14,000).

4 RECAPITULACIÓN

La amplia disponibilidad y accesibilidad a los dispositivos de bajo costo han acercado a diversas comunidades en el mundo y al ciudadano común la posibilidad de conocer y explorar el estado de la calidad del aire local sin la sofisticación y costo que implica el monitoreo de tipo regulatorio. La proliferación de estos equipos de bajo costo está creando expectativas entre autoridades ambientales, organizaciones preocupadas por la calidad del aire, tomadores de decisiones e investigadores. Las limitaciones económicas que tienen las instituciones y las ventajas que presentan estas nuevas tecnologías, abren la posibilidad de complementar las redes de monitoreo regulatorio existentes dentro de sus objetivos de profundizar el conocimiento del origen e impactos de la contaminación ambiental. De igual manera, se abren posibilidades de investigar la contaminación personal e intramuros, generar datos en lugares fuera de la cobertura de las redes de monitoreo y realizar monitoreos de alta densidad, aplicaciones que son de gran interés para las autoridades regulatorias y la comunidad científica. Sin embargo, el conjunto de ventajas que ofrecen estos dispositivos podría inducir a que se pasen por alto algunas de sus desventajas, principalmente las que tienen que ver con la calidad y confiabilidad de los datos y por consecuencia la carencia de solidez científica ante el escrutinio legal. Desde el punto de vista de la gestión y la investigación, cuando no se hace una selección adecuada del equipo en función de las necesidades de la aplicación, no se toman en cuenta sus incertidumbres o cuando los equipos se utilizan sin los protocolos necesarios de aseguramiento y control de calidad, el uso de los dispositivos de bajo costo podría tener impactos indeseables en la toma de decisiones, en el ejercicio de los recursos, y en la calidad de la investigación.

Los desarrollos basados en microsensores aún están lejos de reemplazar las mediciones obtenidas con equipos de grado regulatorio o de investigación, sin embargo, se encuentran en un proceso continuo de mejora. Existen diferentes grados de madurez entre las diferentes marcas, algunas de ellas han priorizado la calidad de los sensores y los datos con resultados prometedores. Las evaluaciones objetivas de estos dispositivos, además de aportar información sobre su desempeño, proporcionan argumentos técnicos para que los usuarios potenciales realicen una selección inteligente en función de las necesidades de cada aplicación. Los resultados también proporcionan una retroalimentación útil para que los desarrolladores continúen avanzando en su mejora.

El ejercicio que se presenta en este documento es el primero en su tipo en México y esperamos sirva de guía para proyectos de evaluación posteriores donde se incluyan más dispositivos y una mayor variedad de ambientes.

Anexo I

Descripción de los dispositivos evaluados

Prototipo Airlab del Centro Mario Molina

El Centro Mario Molina (CMM) con apoyo del Instituto Tecnológico de Massachusetts, desarrolló un dispositivo basado en de microsensores para la medición continua de dióxido de azufre (SO₂), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO₂), ozono (O₃), y las fracciones PM₁ (partículas menores a 1 µm), PM_{2.5} (partículas menores a 2.5 µm) y PM₁₀(partículas menores a 10 µm), empleando microsensores Alphasense (<https://www.alphasense.com/>) (Figura A1-1). Las fichas técnicas de los sensores Alphasense se encuentran en <https://www.alphasense.com/downloads/>. Los microsensores electroquímicos empleados en el monitoreo de gases son analógicos de la serie B, requieren de una electrónica de bajo ruido para obtener el máximo rendimiento del sensor por lo que hacen uso de los circuitos de potencióstatos ISB como la interfaz analógica para el convertidor analógico/digital (A/D). La operación del dispositivo se encuentra centralizada en una tarjeta diseñada para el control de la operación de los sensores, la adquisición de los datos y la comunicación. La transmisión de datos es inalámbrica mediante una red LoRa (*long range*), los datos transmitidos por el dispositivo son recibidos por un *gateway* LoRa-WAN conectado a internet. El dispositivo cuenta con una tarjeta de almacenamiento micro SD que puede actuar como un respaldo físico de los datos en caso de fallas de transmisión. Los datos son recibidos y almacenados en una nube habilitada por el CMM para este propósito. Los datos de gases se reciben y almacenan en milivoltios, mientras los de partículas en unidades de concentración (µg/m³). El dispositivo no se encuentra disponible comercialmente, sin embargo, se emplea regularmente en proyectos de investigación y ha sido evaluado en el pasado contra equipos de referencia en la Ciudad de México lo que ha permitido a los desarrolladores implementar mejoras en su desempeño.

Los dispositivos evaluados en este proyecto tienen microsensores idénticos, sin embargo, el hardware de control de ambos es distinto. El dispositivo se conecta directamente a la corriente eléctrica, empleando un regulador de voltaje. Para la evaluación no se suministraron manuales de usuario, instructivos para el acceso a la plataforma, ni accesorios para su montaje e instalación.

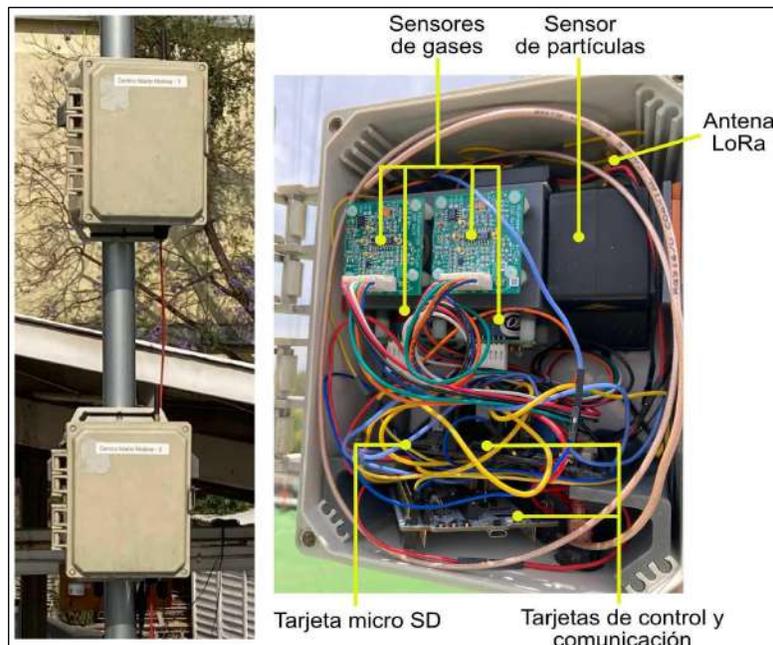


Figura A1-1. Dispositivo del Centro Mario Molina, a la izquierda se muestran los dos dispositivos montados en un poste, a la derecha se muestran sus principales componentes.

ENVEA Cairnet

El dispositivo Cairnet de ENVEA es un sistema modular contenido dentro de un gabinete compacto en donde se pueden instalar hasta seis sensores de la serie Cairsens (Figuras A1-2 y A1-3). El sistema permite la alimentación a través de una conexión directa al suministro eléctrico, por una fuente externa de corriente directa o con un panel solar y batería. En conjunto, el sistema es una estación de monitoreo autónoma capaz de proporcionar información en tiempo real a través de la red celular. Es de instalación sencilla y su sistema de fijación puede adaptarse a diferentes estructuras.



Figura A1-2. El sistema CAIRNET (imagen: ENVEA).

La versión empleada en la evaluación incluye un microsensior Cairsens PM y los microsensiores Cairsens O₃+NO₂ y Cairsens NO₂ (Figura A1-3), para el monitoreo de O₃+NO₂ y de NO₂, respectivamente. El sensor Cairsens PM es un contador óptico que permite la medición continua y en tiempo real de las concentraciones de partículas menores a 1 μm (PM₁), menores a 2.5 μm (PM_{2.5}) y menores a 10 μm (PM₁₀) en microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), presentes en el aire ambiente. El microsensior utiliza un microventilador para mantener un flujo continuo de 2.5 L/min, las partículas que ingresan a la cámara de medición pasan a través de un rayo láser continuo, dispersando la luz en todas direcciones, esta dispersión permite estimar el número de las partículas que es transformado por un algoritmo propietario para estimar la concentración en masa (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) para cada fracción de tamaño. El Cairsens PM cuenta con un sistema de calentamiento para mantener la humedad relativa dentro de la cámara de medición, por debajo del valor de 60% más allá del cual se alteran las propiedades ópticas del aerosol, para ello simultáneamente monitoreo la temperatura y humedad relativa de la muestra.

Tabla A1-1. Características técnicas del Cairsens PM de acuerdo con las especificaciones del fabricante.

Parámetro	Especificaciones
Fracciones de PM	PM ₁ , PM _{2.5} y PM ₁₀
Intervalo de medición*	0 – 1000 µg/m ³
Diámetro de las partículas detectadas	0.3 – 10 µm
Límite de detección**	< 5 µg/m ³
Resolución en la pantalla	0.01 µg/m ³
Linealidad**	R ² > 0.75
Incertidumbre entre los sensores	< 5 µg/m ³
Exactitud (pendiente)**	0.7 a 1.3
Acondicionamiento de la muestra	Flujo controlado, calentamiento de la muestra para humedades mayores al 60%
Efecto de la temperatura	< 0.01 µg m ⁻³ /°C
Tecnología	Dispersión de la luz láser
Condiciones de operación	Temperatura: -20 a 70 °C Humedad: 0 a 95 % Presión: 500 a 1,500 mbar

* Diámetro equivalente para arena de Arizona.

** Basado en la evaluación de ENVEA a partir de la comparación con mediciones de referencia.

Los microsensores Cairsens O₃+NO₂ y Cairsens NO₂ son electroquímicos y utilizan tecnología amperométrica que consta de tres electrodos: el electrodo de trabajo (ánodo), el contraelectrodo (cátodo) y el electrodo de referencia. El gas por analizar se difunde hacia el electrodo sensible a través de una membrana permeable. La señal eléctrica generada entre los dos electrodos es proporcional a la concentración. Para determinar la concentración de O₃ el microsensor Cairsens O₃+NO₂ debe emplearse en combinación con un microsensor Cairsens NO₂, la concentración total de O₃ se determina a partir de la diferencia en la respuesta de ambos microsensores. El Cairsens NO₂ es similar al Cairsens O₃+NO₂ pero utiliza una membrana permeable selectiva para remover específicamente el O₃. Ambos microsensores cuentan con un micro ventilador para mantener un flujo continuo de la muestra.

Tabla A1-2. Características técnicas de los microsensores CAIRSENS NO y CAIRSENS O₃+NO₂ de acuerdo con el fabricante.

Parámetro	Especificaciones	
	Cairsens NO2	Cairsens O3+NO2
Intervalo de medición (ppm)	0 – 0.25	0 – 0.25
Límite de detección (ppm)*	0.02	0.02
Resolución	0.001	0.001
Linealidad	<±10%	<±10%
Incertidumbre en la medición	±25 %	±25 %
Tiempo de respuesta*	< 90 s	< 90 s
Límite de cuantificación (ppm)*	0.04	0.04
Sensibilidad cruzada	Cl ₂ ~80%	Cl ₂ ~80%
Límite de exposición a O ₃ **	7.5 ppm/día	--
Condiciones de operación	Temperatura: -20 a 40 °C Humedad relativa: 10 a 90 % Presión: 1013 ± 200 mbar	Temperatura: -20 a 40 °C Humedad relativa: 10 a 90 % Presión: 1013 ± 200 mbar

* Basado en la evaluación metroológica en laboratorio de ENVEA a 20 ± 2 °C, 50 ± 5 % RH y 1013 ± 5% mbar.

** Por encima de este límite decrece el desempeño del filtro de O₃.

Todos los sensores de ENVEA son calibrados por el fabricante contra equipos de referencia y enviados con un certificado de calibración con vigencia de un año. Para la evaluación el proveedor suministró los manuales de usuario, ficha técnica y los certificados de calibración de los microsensores.



Figura A1-3. Distribución de los componentes internos en uno de los dispositivos CAIRNET en evaluación.

Tisch APIS APM01

El dispositivo APIS APM01 es una estación de monitoreo compacta para realizar mediciones de calidad del aire en tiempo real (Figura A1-4). La versión evaluada en este proyecto integra microsensores para medir CO, NO, NO₂, NO_x, O₃, PM₁, PM_{2.5} y PM₁₀, además de humedad relativa, temperatura del aire, temperatura del punto de rocío, presión barométrica, dirección y velocidad de viento. Los datos se transmiten en tiempo real a la plataforma en la nube de APIS mediante un módem interno y una conexión celular. Los usuarios pueden ver y descargar datos históricos en la plataforma en la nube con una suscripción activa (<https://charts.apis-aq.com/>).

La estación de monitoreo APIS utiliza sensores electroquímicos Alphasense para medir las concentraciones de gas y un dispositivo externo PurpleAir modelo PA-II para la medición de partículas suspendidas. En la medición de gases, el dispositivo utiliza un flujo activo para conducir la muestra a la cámara en donde se ubican los microsensores. La medición de las variables asociadas al viento se realiza con un anemómetro y veleta mecánicos, mientras que la temperatura y humedad se miden con un sensor externo colocado en la base del módulo principal (ver Figura A1-5). Los cables de alimentación del módulo principal, del PurpleAir y de los sensores meteorológicos se conectan al módulo APM02 que contiene la fuente de poder y el sistema de comunicación. El dispositivo para la medición de PM se conecta directamente al APIS para la adquisición interna de los datos de PM₁, PM_{2.5} y PM₁₀. La estación incluye los accesorios de montaje necesarios para la instalación en un poste, pared o trípode.



Figura A1-4. IZQ: Componentes de la estación de monitoreo APIS. DER: Vista de la sección inferior del dispositivo (imagen: manual del usuario).

Ellona WT1

El Ellona WT1 es un dispositivo para exteriores empleado en el monitoreo de olores, contaminantes del aire y ruido. El instrumento utiliza 4 sensores MOS (*metal oxide sensor*) para el monitoreo de olores, de acuerdo con las necesidades de la aplicación pueden elegirse hasta seis microsensores para calidad del aire de una gama de más de veinte microsensores disponibles, así como agregar sensores para ruido y diferentes variables meteorológicas. La frecuencia de medición es cada 10 segundos. Los datos se transmiten en tiempo real a la nube del fabricante vía Ethernet, LTE-M o WiFi. Los datos históricos y en tiempo real pueden consultarse y descargarse directamente de la plataforma del fabricante (<https://ellonasoft.io/login>).

Los dispositivos proporcionados en la evaluación contaban con microsensores electroquímicos para la medición de O_3+NO_2 y NO_2 ; así como un contador óptico para la medición de las fracciones de partículas PM_{10} , $PM_{2.5}$ y $PM_{1.0}$. Adicionalmente, incluyeron la medición de temperatura, humedad relativa y presión barométrica, uno de ellos incluyó un sensor para la medición de ruido.

El WT1 se coloca dentro de una carcasa metálica para protegerlo de la radiación solar, lluvia y viento. Requiere de 12 VCD para su operación los cuales pueden suministrarse mediante un regulador de voltaje, un panel solar o batería. Los accesorios de montaje permiten su fácil instalación en diferentes tipos de infraestructuras como postes, pared, tripié, etc. En la Figura A1-5 se muestra una imagen del equipo junto con sus accesorios. El dispositivo contaba con el manual de usuario para el equipo y la plataforma de datos, una hoja técnica y los certificados de calidad del fabricante.

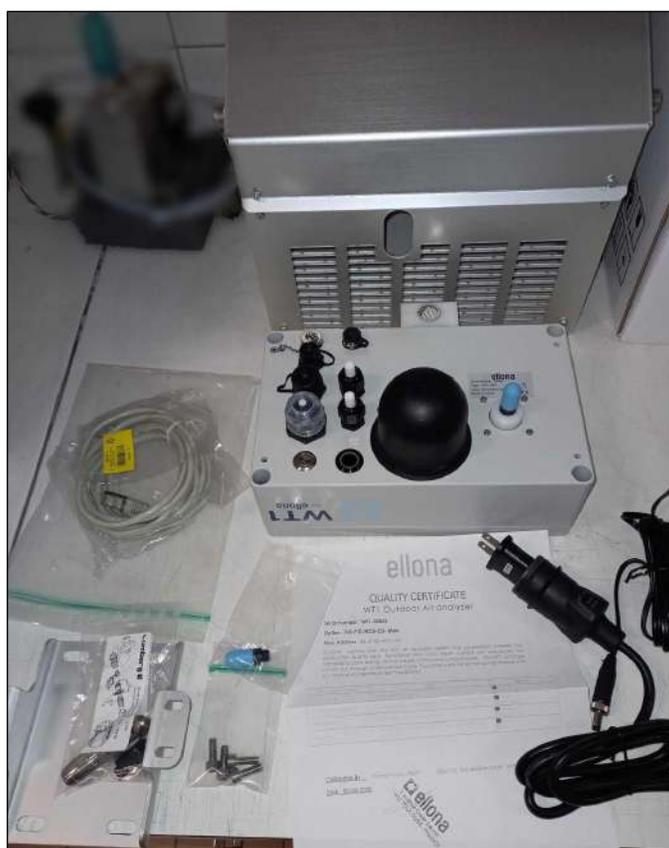


Figura A1-5. Componentes de la estación Ellona WT1.

Kunak AIR Pro

El Kunak AIR Pro es un dispositivo diseñado para medir la concentración de varios gases y partículas en el aire contaminado (Figura A1-6). Puede medir hasta 5 gases diferentes (por dispositivo) con resoluciones de ppb o $\mu\text{g}/\text{m}^3$, diferentes fracciones de partículas: TSP, PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$ y PM_1 , así como la temperatura, humedad relativa y presión barométrica. Permite la instalación de sensores adicionales para meteorología (viento, lluvia, etc.) o presión de sonido (ruido). Además, es capaz de geo-localizar automáticamente cada muestra con un receptor GPS integrado opcional. Los datos son transmitidos a la nube del fabricante, Kunak Cloud (<https://kunakcloud.com>), vía inalámbrica a través de la tecnología 2G/3G/4G o vía el puerto Ethernet del equipo.

Cuenta con un sistema de cartuchos que utilizan microsensores Alphasense, los cuales pueden ser reemplazados o combinados con otros (sin necesidad de desmontar el equipo). Esto permite una sustitución de cartuchos de forma *plug & play*, reduciendo el tiempo de sustitución de los sensores y el tiempo en que el dispositivo no recopila datos. Los cartuchos tienen un tamaño uniforme y se pueden colocar en cualquiera de los cinco receptáculos disponibles en la base del equipo. Los cartuchos se calibran individualmente por el fabricante. Cada cartucho cuenta con un circuito impreso que almacena toda su información: tipo, edad y calibración de fábrica, esta información es leída por la estación base y se autoconfigura. La información de cada sensor se almacena también en la nube. Lo anterior permite establecer una trazabilidad a nivel de cada microsensor.

La estación base cuenta con dos leds indicadores para identificar el estado del equipo. Una pantalla LCD permite observar al momento la condición operativa del equipo, los sensores instalados en la estación y las lecturas instantáneas para cada uno de ellos. El equipo requiere de una fuente externa de energía de 7-12 VCD (@ >12 W) o un panel solar de 6V @ 12W.

La plataforma Kunak Cloud contiene todos los datos (originales, procesados y metadatos), alarmas, umbrales, configuración del equipo y los sensores. Tiene capacidad para realizar la configuración remota y cuenta con capacidades de calibración. Una API REST permite integrar los datos en aplicaciones de terceros. La versión evaluada cuenta con microsensores para la medición de O_3 , NO, NO_2 , CO, PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$, PM_1 , temperatura, humedad relativa, presión barométrica, dirección y velocidad del viento.



Figura A1-6 Componentes de la estación Kunak AIR Pro (imagen tomada del Manual del Usuario)

Smability SMAA

El dispositivo SMAA es una solución portátil desarrollada por Smability, una empresa mexicana. Realiza la medición continua de PM_{2.5}, PM₁₀, CO, O₃, temperatura, humedad relativa y geolocalización (GPS). Es un equipo versátil que puede emplearse tanto en aplicaciones fijas en interiores y exteriores, como en aplicaciones móviles y de exposición personal (Figura A1-7). Utiliza microsensores electroquímicos Winsen para la medición de gases y un contador óptico Honeywell para la cuantificación de las partículas. En modo fijo proporciona datos cada 5 minutos, mientras que en modo móvil cada 5 segundos. En modo fijo, el dispositivo puede conectarse a la corriente eléctrica, en modo móvil puede energizarse a través de la batería interna que tiene una duración aproximada de 10 horas. Los datos. La transmisión de datos a la plataforma de datos en la nube del fabricante se realiza a través de la red celular. La plataforma realiza la recolección, almacenamiento, análisis, evaluación, descarga de datos y el envío de alertas y notificaciones.

No cuenta con accesorios para montaje, sin embargo, su diseño permite improvisar una instalación fija. Cuando se coloca de manera adecuada en exteriores, no presenta problemas por la presencia de lluvia intensa o radiación solar excesiva.

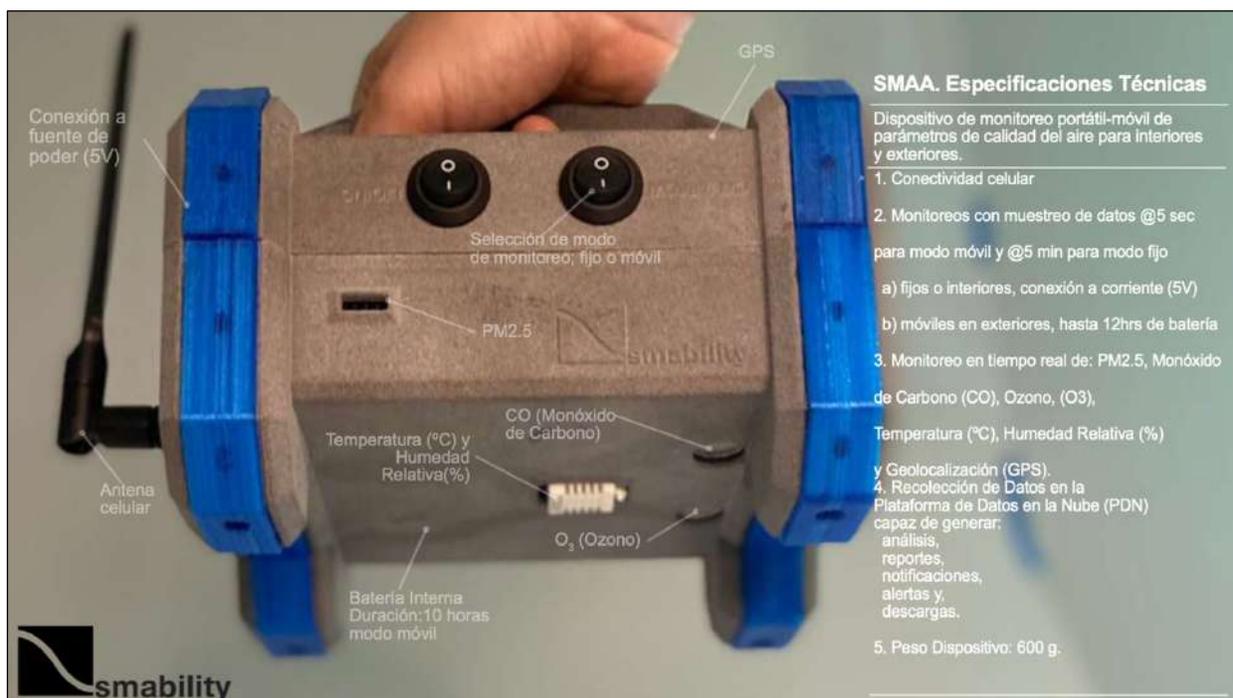


Figura A1-7. Detalles del sensor SMAA de Smability (imagen tomada del folleto *Smability, SMAA: monitor portátil de bajo costo para medir la calidad del aire*).

PurpleAir PA-II-SD

El PurpleAir PA-II-SD⁶ es un dispositivo comercial para la medición continua de la concentración de partículas suspendidas (Figura A1-8). Cuenta con un esquema redundante para la medición de partículas empleando dos contadores ópticos Plantower PMS5003, de acuerdo con el fabricante este arreglo es útil para verificar el desempeño del equipo ya que un incremento en la diferencia entre las lecturas de ambos sensores se considera como un indicador de posible falla en el dispositivo. Mide también la temperatura, humedad y presión barométrica con un sensor Bosch BME280. Cuenta con un *datalogger* interno para el almacenamiento de datos en una tarjeta micro SD, donde la estampa de tiempo se mantiene con un reloj RTC DS3231. La operación del dispositivo es soportada por una tarjeta basada en un ESP8266, para la comunicación vía WiFi el equipo aprovecha las capacidades del ESP8266 para la transmisión de los datos en tiempo real a la nube del proveedor. La ficha técnica del dispositivo se encuentra en <https://www2.purpleair.com/products/purpleair-pa-ii>. Los datos se encuentran disponibles para la visualización y descarga en la nube del proveedor a través de la plataforma <https://map.purpleair.com/>, pero también se pueden descargar directamente de la tarjeta micro SD junto con los metadatos del dispositivo. La configuración del dispositivo (registro, ubicación, tipo de acceso) se realiza a través de la plataforma, el fabricante realiza automáticamente las actualizaciones del firmware en los dispositivos conectados a la nube. El equipo es compacto y ligero, el fabricante incluye una guía rápida para la instalación y la configuración de la red.

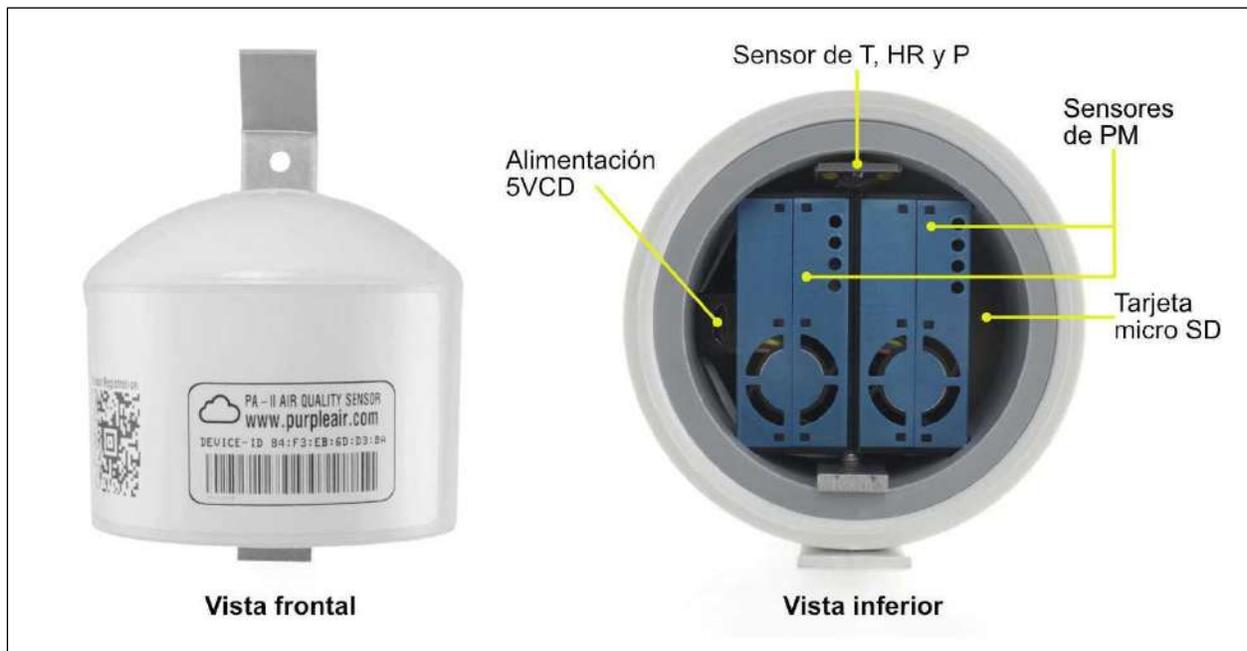


Figura A1-8. Detalles del dispositivo PurpleAir PA-II-SD.

⁶ Recientemente el nombre del dispositivo cambió a PurpleAir Classic Air Quality Monitor.

Prototipo DIY MPBU

El ICAYCC desarrolló el dispositivo MPBU para la medición de partículas suspendidas y parámetros meteorológicos, integrando un contador óptico Plantower PMSA003 y un sensor Bosch BME280 (que posteriormente fue reemplazado por un BME680) a una tarjeta de desarrollo ESP8266. El dispositivo cuenta con una batería de respaldo que permite su operación autónoma hasta por ~5 horas, en caso de falla eléctrica, un *datalogger* interno realiza la captura de datos en una tarjeta micro SD, la estampa de tiempo se mantiene con un reloj de tiempo real. Los datos son transmitidos vía WiFi aprovechando la capacidad de conectividad que ofrece la ESP8266. Todos los componentes se encuentran dentro de una carcasa de PVC como se muestra en la Figura A1-9. El diseño de la carcasa asegura un flujo irrestricto de aire a través del sensor de PM. La configuración de la red WiFi se realiza mediante un botón externo, accesible en la parte inferior del dispositivo. El acceso a los componentes electrónicos se realiza a través de una tapa en la parte superior de la carcasa.

El dispositivo proporciona datos en tiempo real de las concentraciones de PM₁, PM_{2.5} y PM₁₀, así como de temperatura, humedad relativa y de compuestos orgánicos volátiles (COV). Los promedios de 1 minuto se encuentran disponibles para consulta y descarga en un sitio web habilitado para este proyecto.

Durante la campaña el dispositivo experimentó varios cambios, principalmente en el diseño de la carcasa y el tipo y disposición del sensor Bosch. Originalmente la carcasa tenía un recubrimiento de pintura negra con el sensor Bosch BME280 en el interior de la carcasa, esto provocaba lecturas de temperatura elevadas >50 °C. En una actualización posterior se modificó el color de la carcasa a blanco (29 de abril), se agregó una cubierta contra lluvia (6 de mayo) y el sensor BME680 se colocó en una posición expuesta al aire ambiente bajo la cubierta contra lluvia.

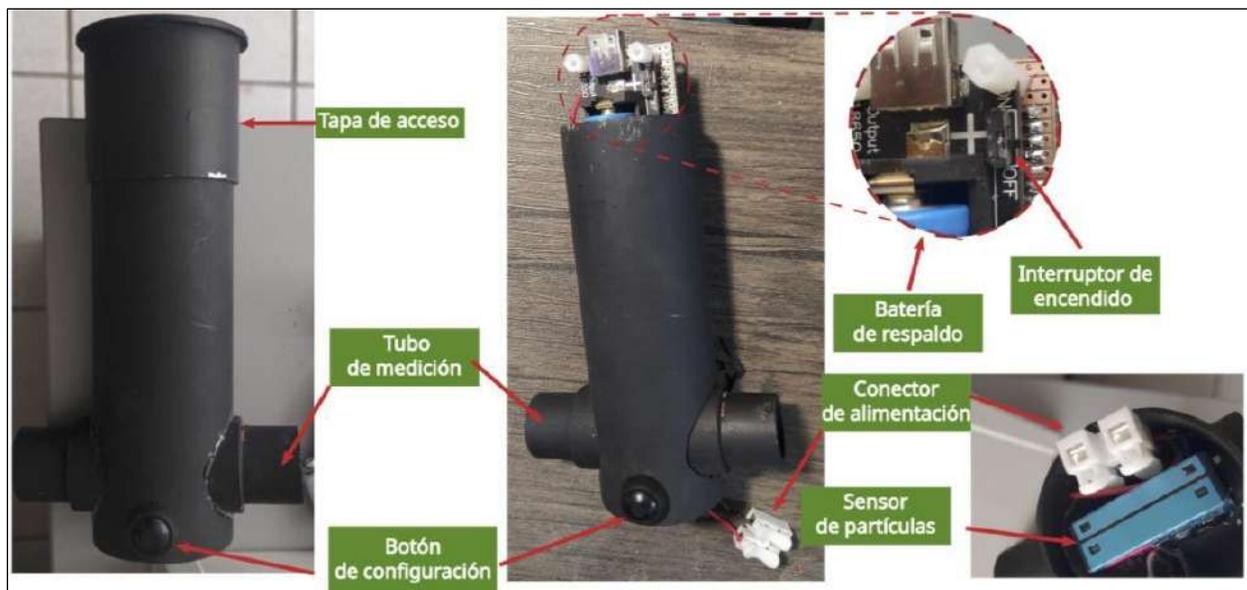


Figura A1-9. Detalle del prototipo original del ICAYCC (imagen tomada del Manual del Usuario).

Prototipo DIY YERA

El prototipo YERA es una integración DIY que emplea una tarjeta de desarrollo Arduino Nano conectada a un contador óptico Sensirion SPS30, un sensor para CO₂ Sensirion SCD40, un sensor para O₃ DFRobot SEN0321 y un *datalogger* interno para la adquisición de los datos (Figura A1-10). Debido a que el dispositivo originalmente fue diseñado para pruebas en laboratorio carecía de comunicación inalámbrica, sin embargo, es una característica que se incorporará en desarrollos posteriores. Los datos se almacenan cada minuto en una tarjeta micro SD de 32 GB, el *datalogger* utiliza un reloj DS1307 RTC y una batería de botón para mantener la estampa de tiempo. Cuenta con dos leds de estado, uno de operación (led azul) y otro de falla (led rojo) para la identificación visual de fallas en los microsensores o en el módulo de adquisición durante la operación. Opera con un voltaje de 5VDC y tiene un consumo de 2W.

Los componentes se encuentran dentro de un ensamble de PVC que los protege contra la radiación solar, el viento intenso y la lluvia. El ensamble cuenta con dos compartimentos separados, el superior contiene las tarjetas electrónicas y el inferior los sensores. El compartimento inferior está abierto y expuesto directamente al aire ambiente. El dispositivo proporciona datos minuto-a-minuto de las concentraciones de PM₁, PM_{2.5}, PM₁₀, CO₂, O₃, temperatura y humedad relativa. Los datos de temperatura y humedad se obtienen del microsensensor SHT4x montado en el microsensensor SCD40. El dispositivo proporciona los datos de PM₁₀ y PM_{2.5} originales (*raw data*) pero también cuenta con capacidad de ajustar las mediciones usando un modelo multivariado que compensa las variaciones de temperatura y humedad relativa en tiempo real. El microsensensor electroquímico de O₃ se colocó de manera experimental y sufre la interferencia del NO₂, por lo tanto, las mediciones de O₃ son meramente indicativas y de alguna utilidad durante el día cuando los niveles de NO₂ son bajos. En versiones posteriores del desarrollo se implementarán mejoras para el monitoreo de O₃.

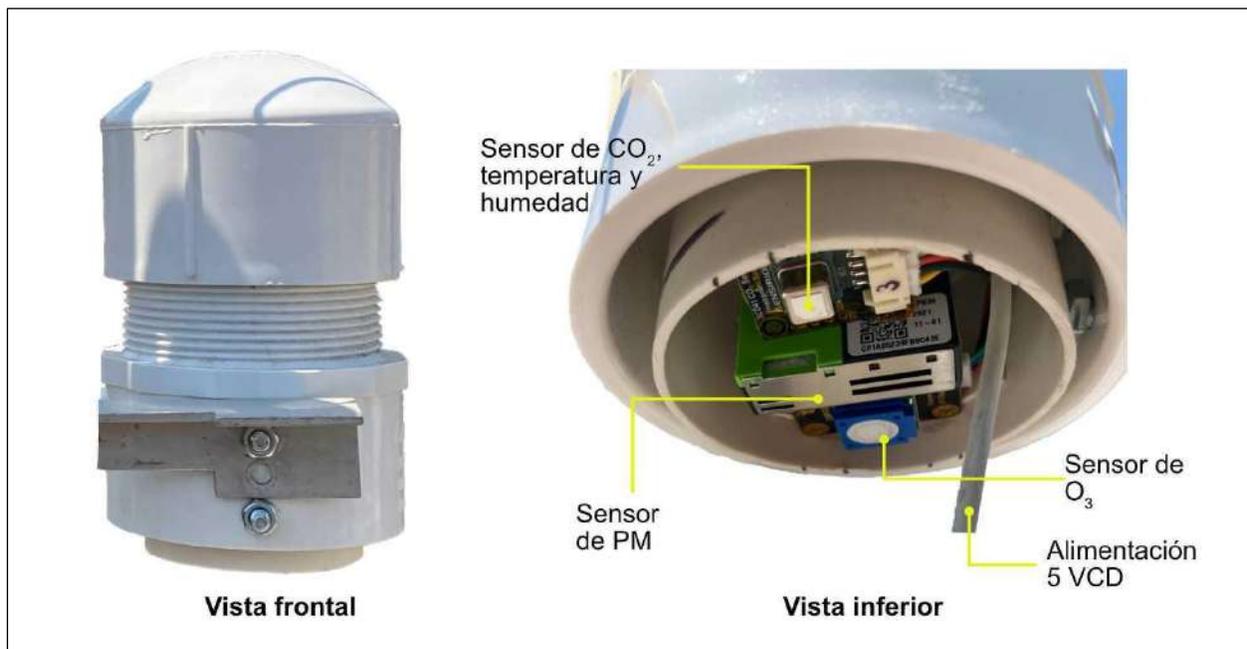


Figura A1-10. Detalles del prototipo YERA.

Anexo II

Fichas de Evaluación

Parametro: monóxido de carbono (CO)
Sitio: LAA

Información del evaluador

Institución: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático-UNAM, Dirección de Monitoreo de la Calidad del Aire-SEDEMA

Ubicación del sitio de prueba: Laboratorio de Análisis Ambiental, Sur de los 100 metros, col. Nueva Vallejo, s/n, alcaldía Gustavo A. Madero, Ciudad de México
 Lat.: 19.4838° Long.: -99.1473° Altitud: 2255 m

Información del dispositivo APIS

Marca y modelo: APIS modelo APM01

Versión de firmware: 6.4.3

Intervalo de muestreo: 1 minuto

Números de serie: 1021, 1065

Problemas identificados durante el despliegue:
 No se identificaron problemas.

Información del equipo de referencia para CO

Marca y modelo: Teledyne API modelo T300

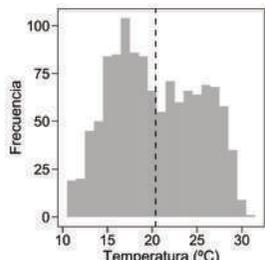
Número de serie: 1564

Intervalo de muestreo: 1 minuto

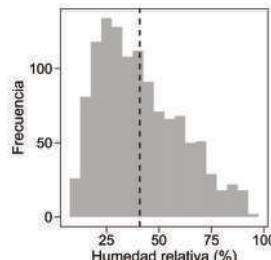
Fecha de calibración: 6 de abril de 2022

Observaciones: el instrumento operó sin problemas, se realizaron verificaciones de la respuesta del instrumento una vez cada seis días.

Temperatura y humedad ambientales durante el despliegue

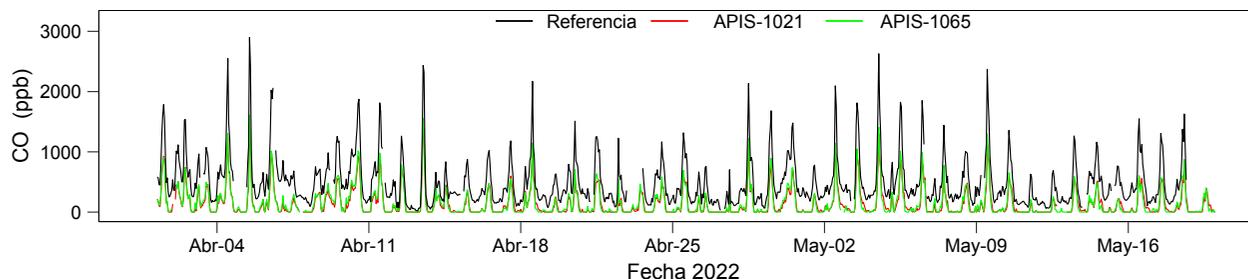


Número de períodos de 1 hora fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0

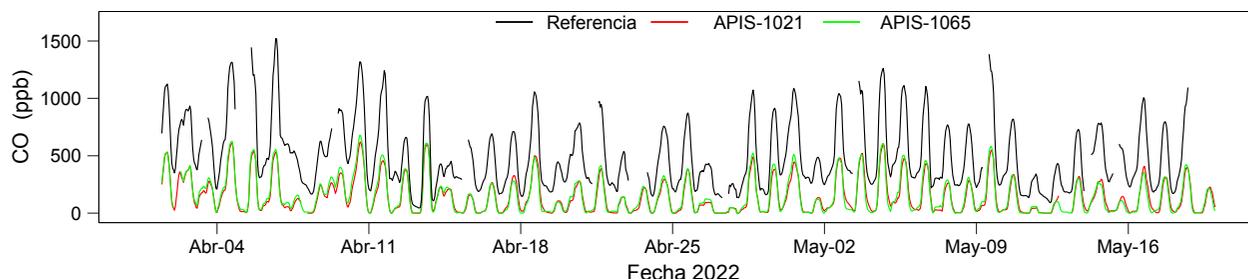


Número de períodos de 1 hora fuera del límite de humedad relativa recomendado por el fabricante: 0

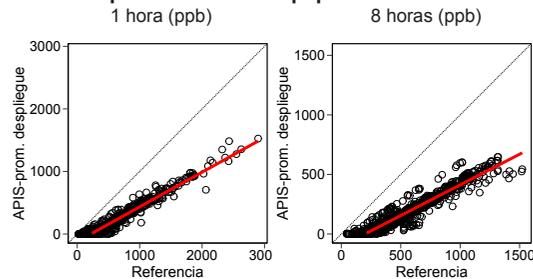
Serie de tiempo, promedio de 1 hora



Serie de tiempo, promedio de 8 horas

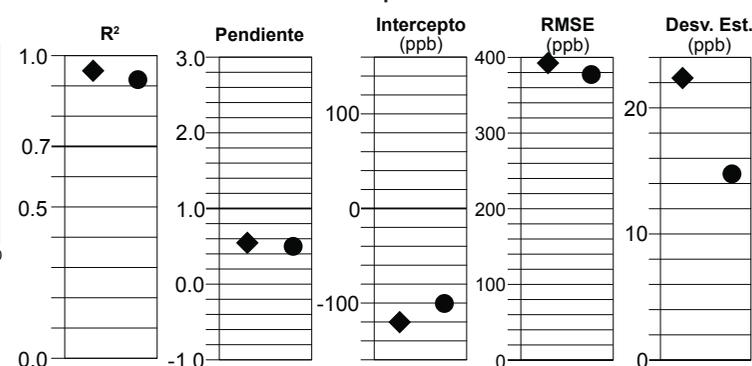


Comparación con el equipo de referencia

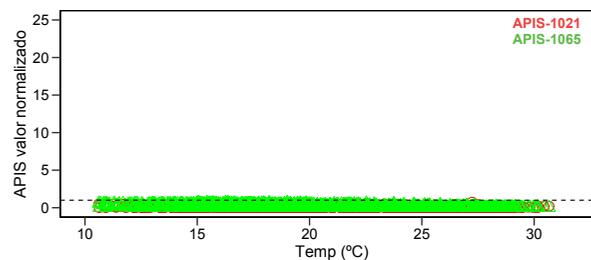


Intervalos de concentraciones medidas por el equipo de referencia (ppb): 17.9 a 2897.7 (1-h), 45.1 a 1521.7 (8-h)
 Número de períodos de 1 hora (8 horas) con concentraciones mayores a la NOM: 0 (0)

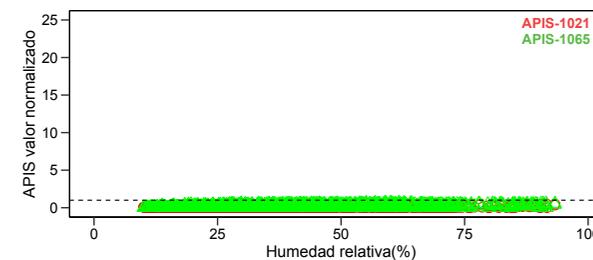
Métricas de desempeño



Efectos de las condiciones ambientales



Número de datos (1-h): APIS 1021=1059, APIS 1065=1066
 Temperatura promedio: 20.4 °C



Número de datos (1-h): APIS 1021=1059, APIS 1065=1066
 Humedad relativa promedio: 41 %

Dispositivos: APIS - APM01

Estadísticas

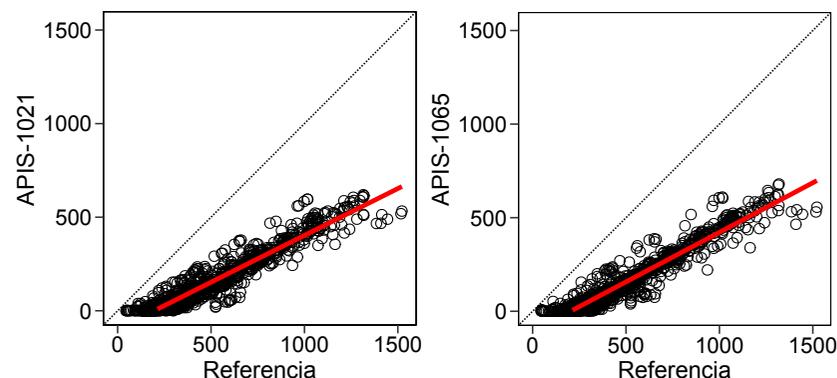
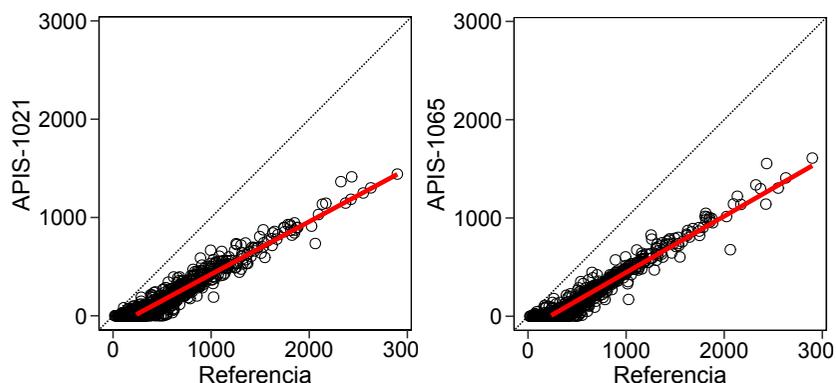
	Número de datos pareados		Promedio ± desv. est.		Mediana		Mín (Máx)	
	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas
Referencia (ppb)	1055	1018	500.2 ± 409.1	501.9 ± 294.5	372.2	415.4	17.9 (2897.7)	45.1 (1521.7)
APIS-1021 (ppb)	1055	1018	153.7 ± 226.7	153.5 ± 154.5	48.9	96.8	0.0 (1441.6)	0.0 (619.8)
APIS-1065 (ppb)	1055	1018	159.1 ± 240.9	158.1 ± 162.4	44.2	97.4	0.0 (1609.8)	0.0 (679.9)
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Resultados de la evaluación

	Sesgo y linealidad							
	R ²		Pendiente		Intercepto (ppb)		Spearman (Kendall)	
	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas
APIS-1021	0.936	0.910	0.54	0.50	-114.6	-97.7	0.910 (0.766)	0.941 (0.799)
APIS-1065	0.946	0.922	0.57	0.53	-127.3	-107.7	0.924 (0.794)	0.948 (0.814)
---	---	---	---	---	---	---	---	---
Promedio del despliegue	0.949	0.923	0.55	0.51	-120.9	-102.7	0.930 (0.800)	0.951 (0.821)

Promedio del despliegue (ppb)	Error				Precisión				Captura de datos (%)
	RMSE (ppb)		Desv. est. (ppb)		CV (%)				
	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	
156.4	155.8	393.3	377.2	22.2	14.4	14.2	9.2	98	98

Gráficos de regresión individuales para los dispositivos contra el equipo de referencia
 Promedios de 1 hora Promedios de 8 horas



Información del evaluador

Institución: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático-UNAM, Dirección de Monitoreo de la Calidad del Aire-SEDEMA

Ubicación del sitio de prueba: Laboratorio de Análisis Ambiental, Sur de los 100 metros, col. Nueva Vallejo, s/n, alcaldía Gustavo A. Madero, Ciudad de México
 Lat.: 19.4838° Long.: -99.1473° Altitud: 2255 m

Información del dispositivo CMM

Marca y modelo: CMM modelo AIRLAB

Versión de firmware: ---

Intervalo de muestreo: ~3 minutos

Números de serie: AIRLAB-1, AIRLAB-2

Problemas identificados durante el despliegue:
 No se identificaron problemas.

Información del equipo de referencia para CO

Marca y modelo: Teledyne API modelo T300

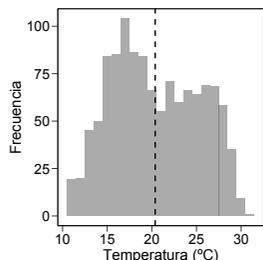
Número de serie: 1564

Intervalo de muestreo: 1 minuto

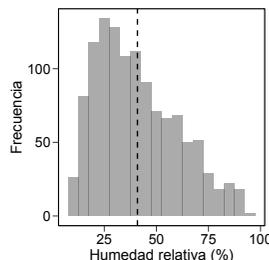
Fecha de calibración: 6 de abril de 2022

Observaciones: el instrumento operó sin problemas, se realizaron verificaciones de la respuesta del instrumento una vez cada seis días.

Temperatura y humedad ambientales durante el despliegue

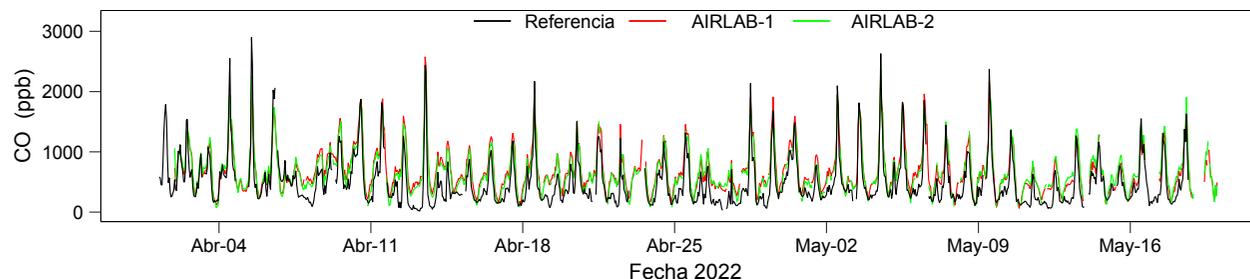


Número de periodos de 1 hora fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0

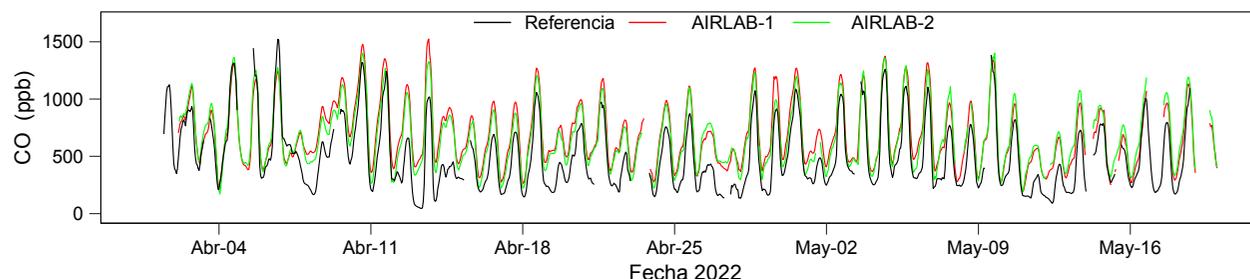


Número de periodos de 1 hora fuera del límite de humedad relativa recomendado por el fabricante: 0

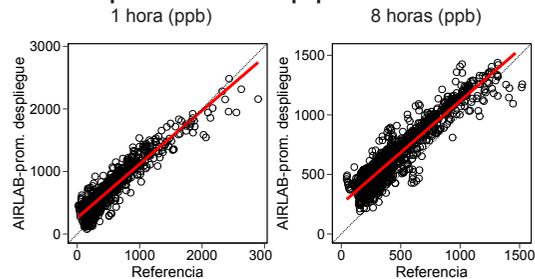
Serie de tiempo, promedio de 1 hora



Serie de tiempo, promedio de 8 horas

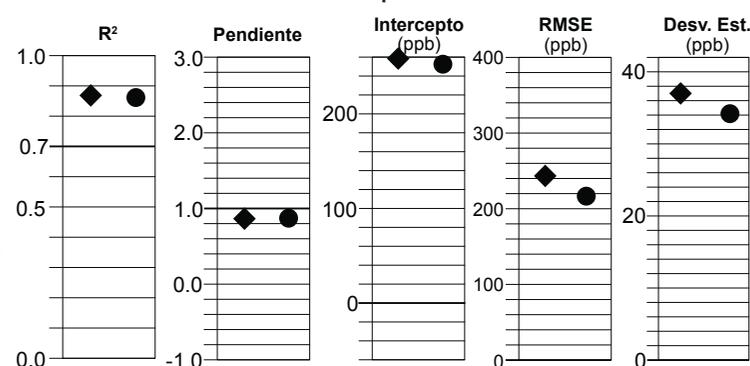


Comparación con el equipo de referencia

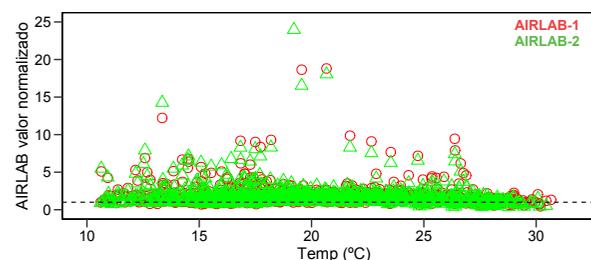


Intervalos de concentraciones medidas por el equipo de referencia (ppb): 17.9 a 2897.7 (1-h), 45.1 a 1521.7 (8-h)
 Número de periodos de 1 hora (8 horas) con concentraciones mayores a la NOM: 0 (0)

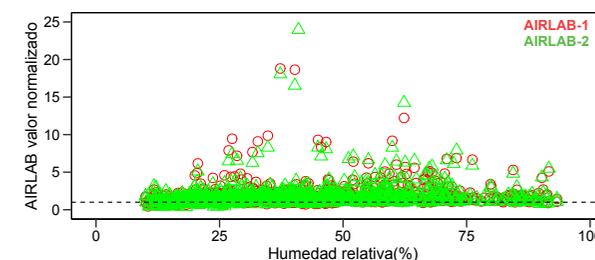
Métricas de desempeño



Efectos de las condiciones ambientales



Número de datos (1-h): AIRLAB-1=1017, AIRLAB-2=971
 Temperatura promedio: 20.4 °C



Número de datos (1-h): AIRLAB-1=1017, AIRLAB-2=971
 Humedad relativa promedio: 41 %

Dispositivos: CMM - AIRLAB

Estadísticas

	Número de datos pareados		Promedio \pm desv. est.		Mediana		Mín (Máx)	
	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas
Referencia (ppb)	951	986	498.3 \pm 408.7	499.9 \pm 293.8	372.5	414.1	17.9 (2897.8)	45.1 (1521.7)
AIRLAB-1 (ppb)	951	986	696.6 \pm 376.4	696.0 \pm 276.7	606.8	629.2	88.6 (2574.7)	188.2 (1524.4)
AIRLAB-2 (ppb)	951	986	676.4 \pm 379.4	672.4 \pm 274.9	593.0	618.5	67.1 (2389.0)	170.8 (1402.1)
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Resultados de la evaluación

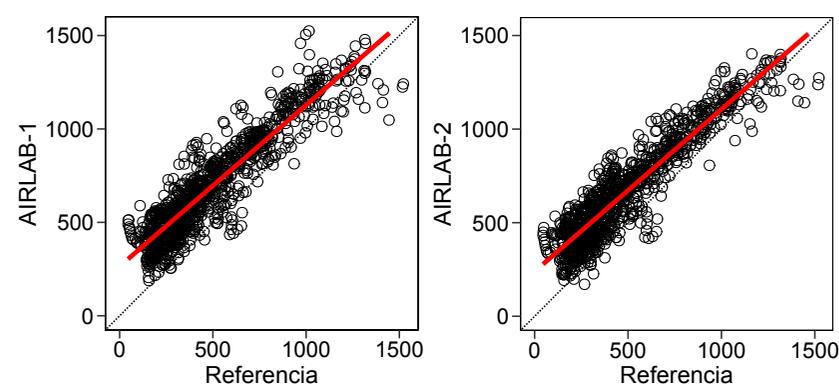
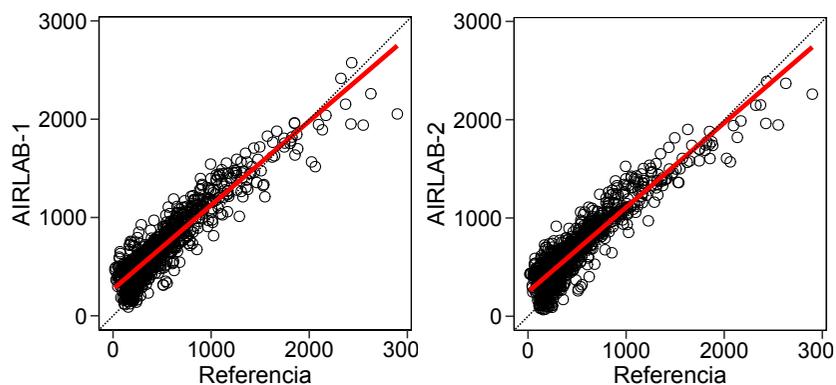
	Sesgo y linealidad							
	R ²		Pendiente		Intercepto (ppb)		Spearman (Kendall)	
	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas
AIRLAB-1	0.861	0.834	0.85	0.86	270.7	264.5	0.875 (0.704)	0.894 (0.722)
AIRLAB-2	0.857	0.858	0.86	0.87	248.1	239.1	0.870 (0.699)	0.897 (0.729)
---	---	---	---	---	---	---	---	---
Promedio del despliegue	0.867	0.861	0.86	0.87	259.4	251.8	0.877 (0.709)	0.902 (0.736)

Promedio del despliegue (ppb)	Error				Precisión				Captura de datos (%)
	RMSE (ppb)		Desv. est. (ppb)		CV (%)				
	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	
686.5	684.2	243	217.1	37.2	34.3	5.4	5.0	89	94

Gráficos de regresión individuales para los dispositivos contra el equipo de referencia

Promedios de 1 hora

Promedios de 8 horas



Información del evaluador

Institución: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático-UNAM, Dirección de Monitoreo de la Calidad del Aire-SEDEMA

Ubicación del sitio de prueba: Laboratorio de Análisis Ambiental, Sur de los 100 metros, col. Nueva Vallejo, s/n, alcaldía Gustavo A. Madero, Ciudad de México
 Lat.: 19.4838° Long.: -99.1473° Altitud: 2255 m

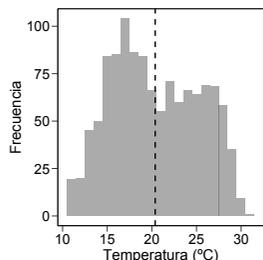
Información del dispositivo KUNAK

Marca y modelo: Kunak modelo AIR Pro
Versión de firmware: 1.255.120 (algoritmo para gases 3.5)
Intervalo de muestreo: 5 minutos
Números de serie: 0321350086 y 0321240044
Problemas identificados durante el despliegue:
 No se identificaron problemas durante la operación.

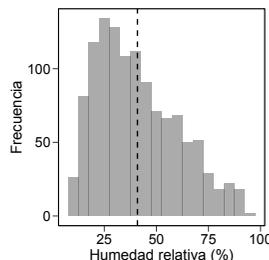
Información del equipo de referencia para CO

Marca y modelo: Teledyne API modelo T300
Número de serie: 1564
Intervalo de muestreo: 1 minuto
Fecha de calibración: 6 de abril de 2022
Observaciones: el instrumento operó sin problemas, se realizaron verificaciones de la respuesta del instrumento una vez cada seis días.

Temperatura y humedad ambientales durante el despliegue

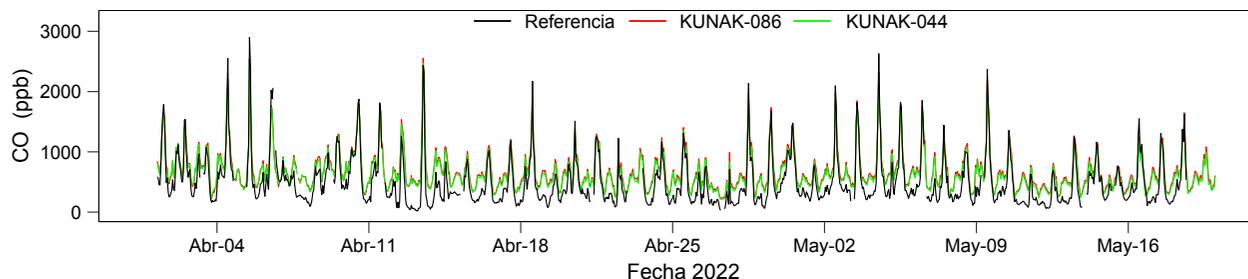


Número de periodos de 1 hora fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0

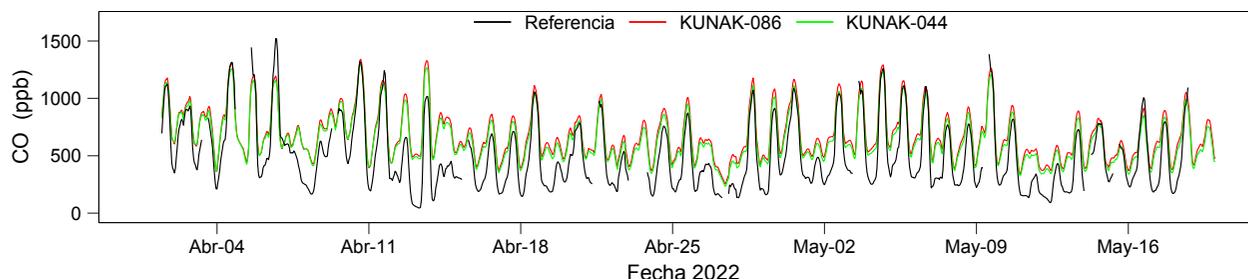


Número de periodos de 1 hora fuera del límite de humedad relativa recomendado por el fabricante: 0

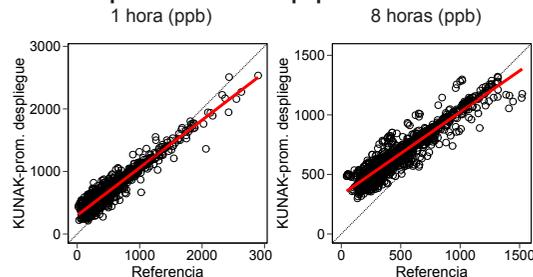
Serie de tiempo, promedio de 1 hora



Serie de tiempo, promedio de 8 horas

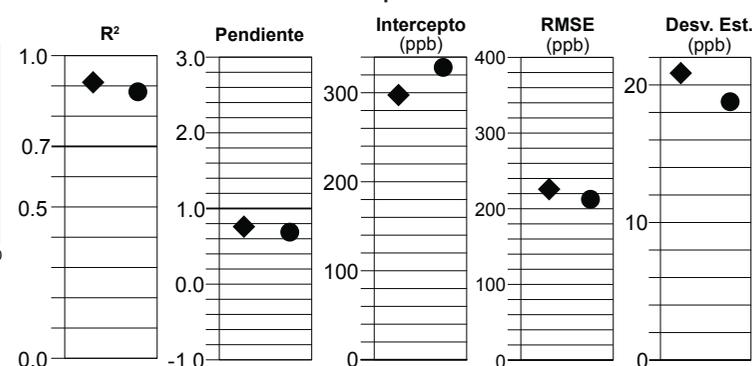


Comparación con el equipo de referencia

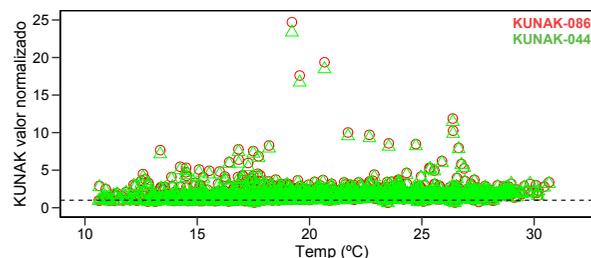


Intervalos de concentraciones medidas por el equipo de referencia (ppb): 17.9 a 2897.7 (1-h), 45.1 a 1521.7 (8-h)
 Número de periodos de 1 hora (8 horas) con concentraciones mayores a la NOM: 0 (0)

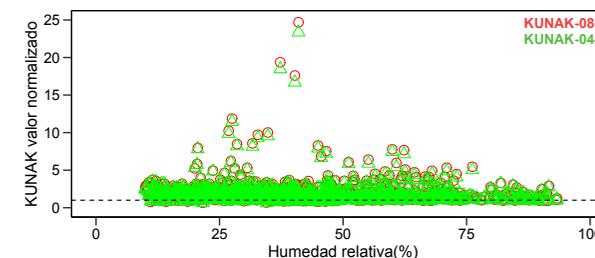
Métricas de desempeño



Efectos de las condiciones ambientales



Número de datos (1-h): KUNAK-086=1073, KUNAK-044=1073
 Temperatura promedio: 20.3 °C



Número de datos (1-h): KUNAK-086=1073, KUNAK-044=1073
 Humedad relativa promedio: 41 %

Dispositivos: KUNAK - AIR Pro

Estadísticas

	Número de datos pareados		Promedio \pm desv. est.		Mediana		Mín (Máx)	
	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas
Referencia (ppb)	1072	1044	496.7 \pm 407.1	497.4 \pm 293.5	367.9	409.0	17.9 (2897.7)	45.1 (1521.7)
KUNAK-086 (ppb)	1072	1044	692.8 \pm 330.9	691.2 \pm 220.6	611.7	633.7	214.9 (2552.5)	309.1 (1340.5)
KUNAK-044 (ppb)	1072	1044	658.6 \pm 318.8	657.0 \pm 213.4	579.5	602.1	210.0 (2525.4)	288.8 (1301.2)
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Resultados de la evaluación

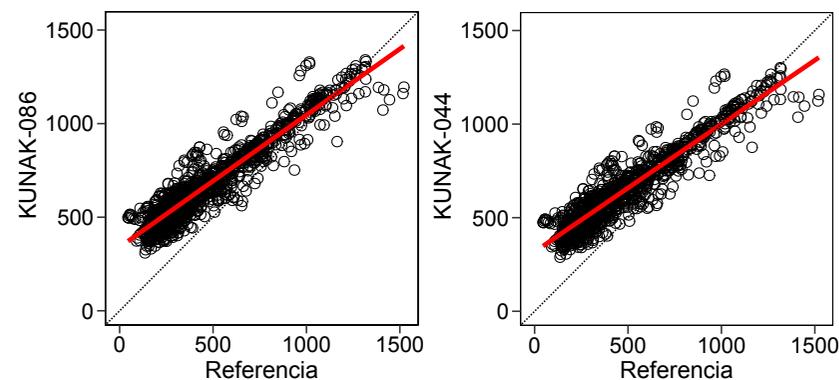
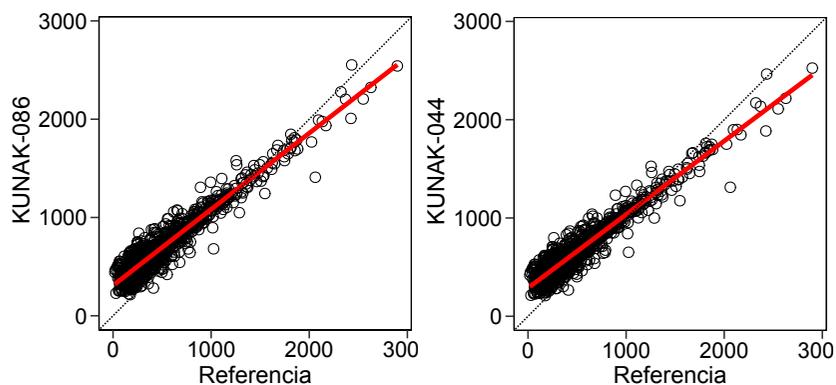
	Sesgo y linealidad							
	R ²		Pendiente		Intercepto (ppb)		Spearman (Kendall)	
	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas
Kunak-086	0.910	0.882	0.78	0.71	307.8	340.0	0.884 (0.718)	0.917 (0.756)
Kunak-044	0.913	0.881	0.75	0.68	287.1	317.6	0.885 (0.718)	0.915 (0.753)
---	---	---	---	---	---	---	---	---
Promedio del despliegue	0.912	0.883	0.76	0.69	297.4	328.8	0.885 (0.719)	0.916 (0.755)

Promedio del despliegue (ppb)	Error				Precisión				Captura de datos (%)
	RMSE (ppb)		Desv. est. (ppb)		CV (%)				
	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	
675.7	674.1	226.2	212.5	20.9	18.7	3.1	2.8	100	100

Gráficos de regresión individuales para los dispositivos contra el equipo de referencia

Promedios de 1 hora

Promedios de 8 horas



Información del evaluador

Institución: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático-UNAM, Dirección de Monitoreo de la Calidad del Aire-SEDEMA

Ubicación del sitio de prueba: Laboratorio de Análisis Ambiental, Sur de los 100 metros, col. Nueva Vallejo, s/n, alcaldía Gustavo A. Madero, Ciudad de México
 Lat.: 19.4838° Long.: -99.1473° Altitud: 2255 m

Información del dispositivo SMABILITY

Marca y modelo: SMABILITY modelo SMAA

Versión de firmware: 0.1

Intervalo de muestreo: 5 minutos

Números de serie: SMAA-1, SMAA-2

Problemas identificados durante el despliegue:
 No se identificaron problemas durante la operación.

Información del equipo de referencia para CO

Marca y modelo: Teledyne API modelo T300

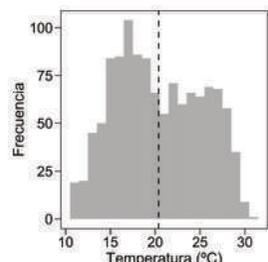
Número de serie: 1564

Intervalo de muestreo: 1 minuto

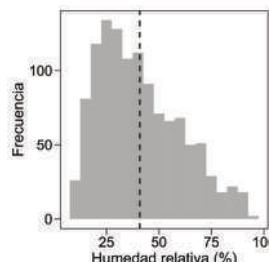
Fecha de calibración: 6 de abril de 2022

Observaciones: el instrumento operó sin problemas, se realizaron verificaciones de la respuesta del instrumento una vez cada seis días.

Temperatura y humedad ambientales durante el despliegue

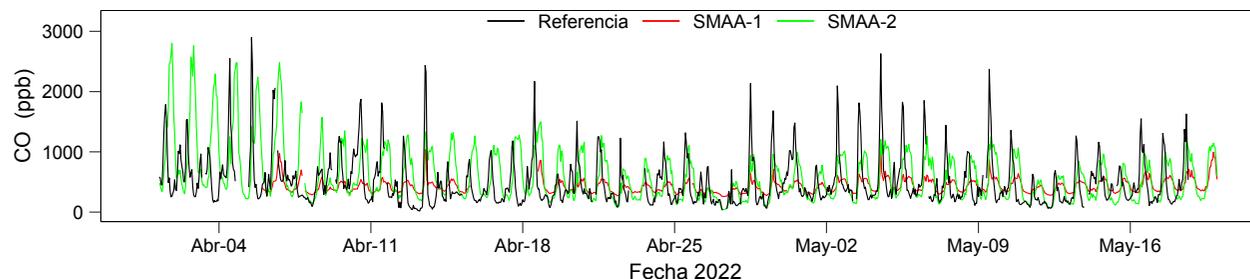


Número de periodos de 1 hora fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0

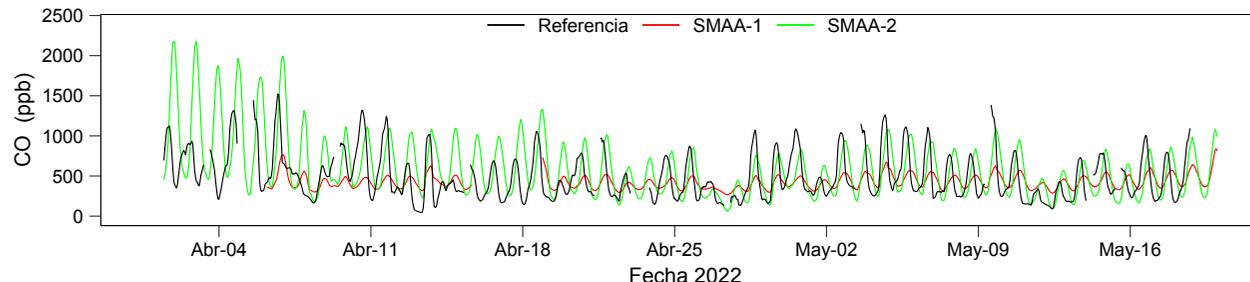


Número de periodos de 1 hora fuera del límite de humedad relativa recomendado por el fabricante: 0

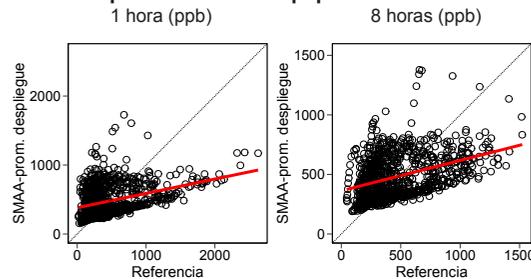
Serie de tiempo, promedio de 1 hora



Serie de tiempo, promedio de 8 horas

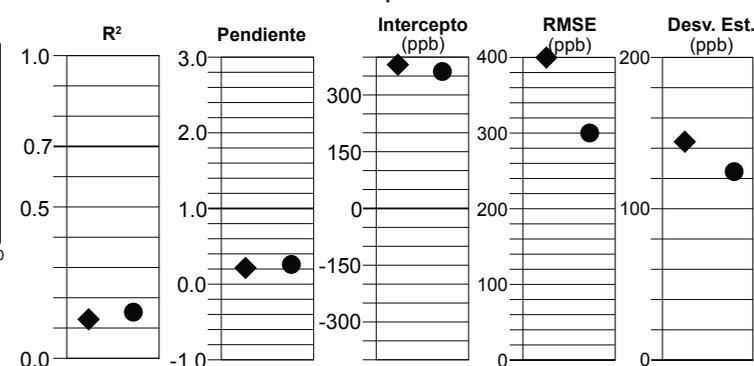


Comparación con el equipo de referencia

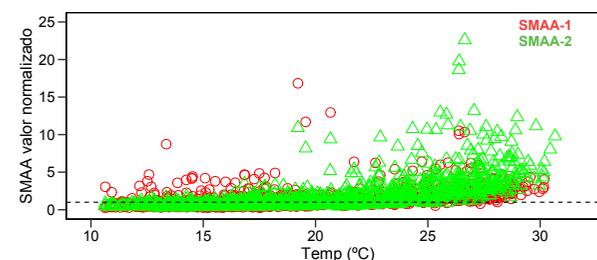


Intervalos de concentraciones medidas por el equipo de referencia (ppb): 17.9 a 2627.9 (1-h), 45.1 a 1521.7 (8-h)
 APIS-1021 APIS-1021
 APIS-1065 APIS-1065

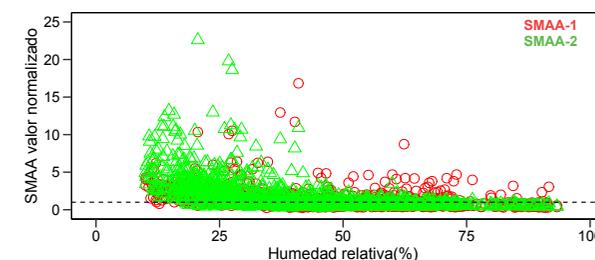
Métricas de desempeño



Efectos de las condiciones ambientales



Número de datos (1-h): SMAA-1=898, SMAA-2=1072
 Temperatura promedio: 20.4 °C



Número de datos (1-h): SMAA-1=898, SMAA-2=1072
 Humedad relativa promedio: 41 %

Dispositivos: SMABILITY - SMAA

Estadísticas

	Número de datos pareados		Promedio \pm desv. est.		Mediana		Mín (Máx)	
	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas
Referencia (ppb)	898	876	477.4 \pm 391.2	479.2 \pm 285.5	349.1	389.1	17.9 (2627.9)	45.1 (1521.7)
SMAA-1 (ppb)	898	876	424.5 \pm 107.0	425.7 \pm 83.1	395.7	412.5	261.0 (1137.2)	281.4 (764.7)
SMAA-2 (ppb)	898	876	535.6 \pm 356.0	543.7 \pm 293.6	427.7	482.1	49.9 (2479.9)	92.1 (1992.4)
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Resultados de la evaluación

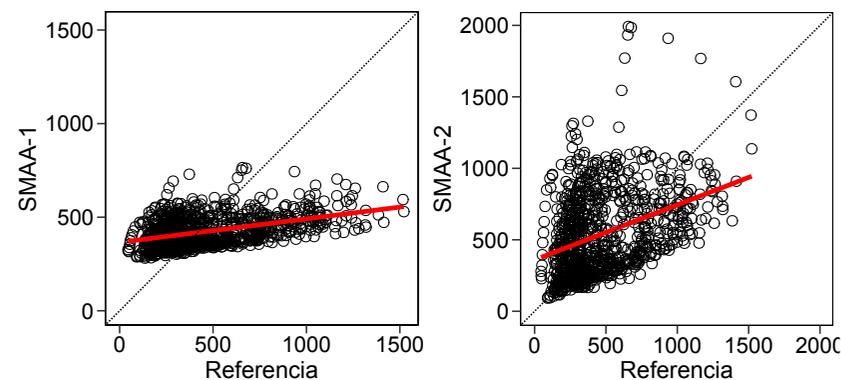
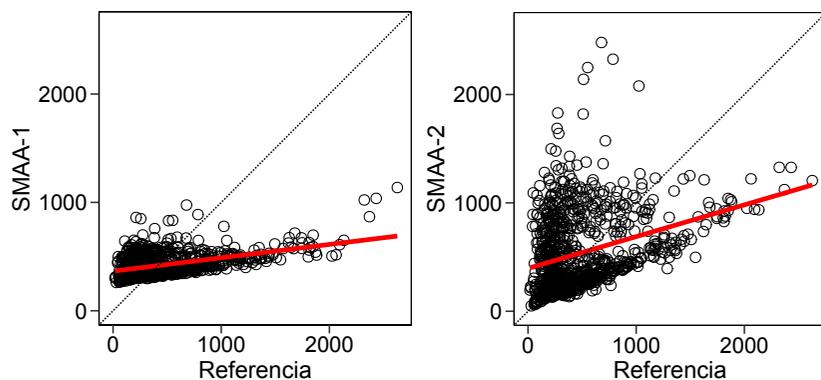
	Sesgo y linealidad							
	R ²		Pendiente		Intercepto (ppb)		Spearman (Kendall)	
	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas
SMAA-1	0.203	0.186	0.123	0.126	365.7	365.6	0.359 (0.265)	0.403 (0.283)
SMAA-2	0.104	0.140	0.293	0.385	395.7	359.4	0.338 (0.245)	0.379 (0.263)
---	---	---	---	---	---	---	---	---
Promedio del despliegue	0.129	0.154	0.208	0.255	380.7	362.5	0.348 (0.256)	0.389 (0.272)

Promedio del despliegue (ppb)		Error		Precisión				Captura de datos (%)	
		RMSE (ppb)		SD (ppb)		CV (%)			
1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas
480.0	484.7	401.7	299.8	143.6	125.3	29.9	25.8	84	84

Gráficos de regresión individuales para los dispositivos contra el equipo de referencia

Promedios de 1 hora

Promedios de 8 horas



Parametro: dióxido de nitrógeno (NO₂)

Sitio: LAA

Información del evaluador

Institución: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático-UNAM, Dirección de Monitoreo de la Calidad del Aire-SEDEMA

Ubicación del sitio de prueba: Laboratorio de Análisis Ambiental, Sur de los 100 metros, col. Nueva Vallejo, s/n, alcaldía Gustavo A. Madero, Ciudad de México
 Lat.: 19.4838° Long.: -99.1473° Altitud: 2255 m

Información del dispositivo CMM

Marca y modelo: CMM modelo Airlab

Versión de firmware: ---

Intervalo de muestreo: ~3 minutos

Números de serie: Airlab-1, Airlab-2

Problemas identificados durante el despliegue:

Problemas de comunicación al inicio de la campaña, se atendió a la brevedad. Los promedios no son consistentes.

Información del equipo de referencia para NO₂

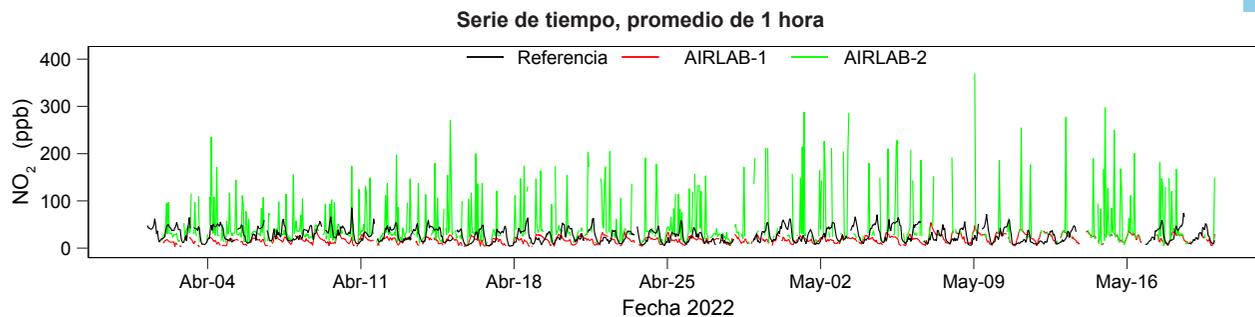
Marca y modelo: Teledyne API modelo 200E

Número de serie: 1610

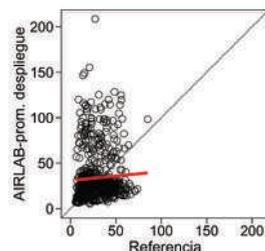
Intervalo de muestreo: 1 minuto

Fecha de calibración: 6 de abril de 2022

Observaciones: El instrumento operó sin problemas, se realizaron verificaciones de la respuesta del instrumento una vez cada seis días.



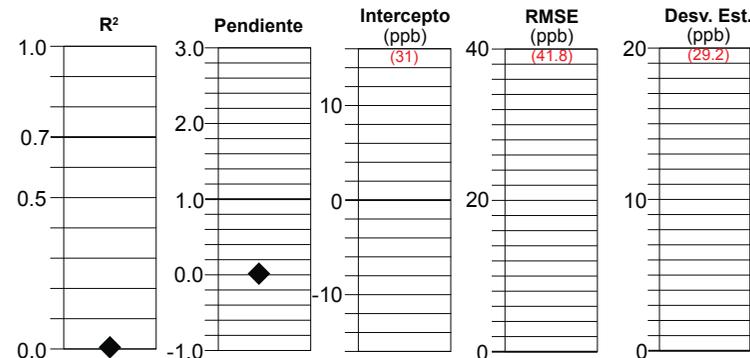
Comparación con el equipo de referencia
1 hora



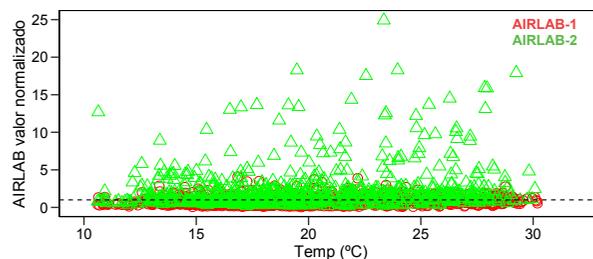
Intervalos de concentraciones medidas por el equipo de referencia (ppb): 4.1 a 85.1

Número de periodos de 1 hora con concentraciones mayores a la NOM (>106 ppb): 0

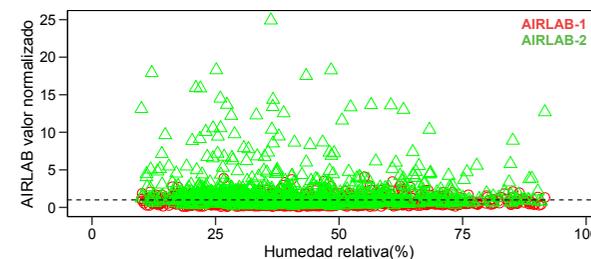
Métricas de desempeño



Efectos de las condiciones ambientales

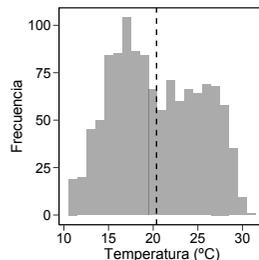


Número de datos (prom. 1-h): AIRLAB-1=942, AIRLAB-2=777
 Temperatura promedio: 20.3 °C

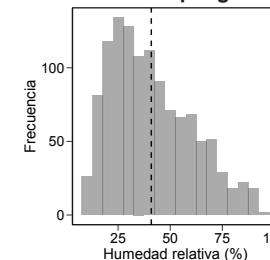


Número de datos (prom. 1-h): AIRLAB-1=942, AIRLAB-2=777
 Humedad relativa promedio: 41 %

Temperatura y humedad ambientales durante el despliegue



Número de periodos de 1 hora fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0



Número de periodos de 1 hora fuera del límite de humedad relativa recomendado por el fabricante: 0

Dispositivos: CMM - AIRLAB**Estadísticas**

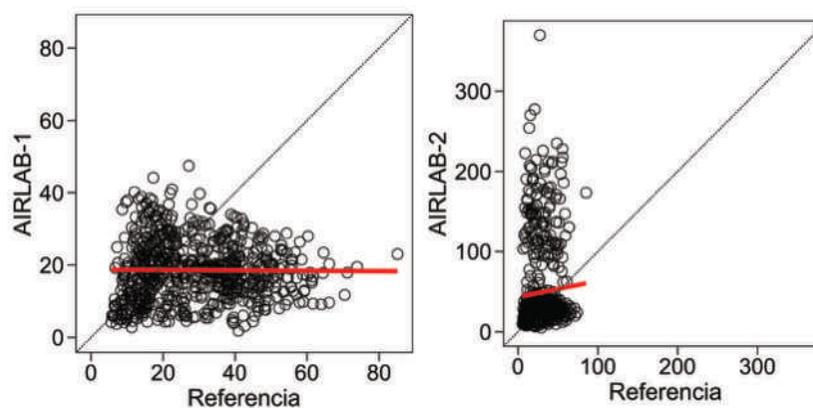
	Número de datos pareados 1 hora	Promedio ± desv. est. 1 hora	Mediana 1 hora	Mín (Máx) 1 hora
Referencia (ppb)	731	28.7 ± 14.5	26.1	5.6 (85.1)
AIRLAB-1 (ppb)	731	18.6 ± 8.1	18.2	1.8 (47.5)
AIRLAB-2 (ppb)	731	49.1 ± 50.7	30.4	5.3 (369.7)
---	---	---	---	---

Resultados de la evaluación

	Sesgo y linealidad			Spearman (Kendall)
	R ²	Pendiente	Intercepto (ppb)	
AIRLAB-1	0.000	-0.01	18.7	0.040 (0.019)
AIRLAB-2	0.003	0.20	43.3	0.105 (0.066)
---	---	---	---	---
Promedio del despliegue	0.003	0.10	31.0	0.090 (0.055)

Promedio del despliegue (ppb)	Error	Precisión		Captura de datos (%)
	RMSE (ppb)	Desv. est. (ppb)	CV (%)	
33.9	41.8	29.2	86.1	69

Gráficos de regresión individuales para los dispositivos contra el equipo de referencia
Promedios de 1 hora (ppb)



Información del evaluador

Institución: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático-UNAM, Dirección de Monitoreo de la Calidad del Aire-SEDEMA

Ubicación del sitio de prueba: Laboratorio de Análisis Ambiental, Sur de los 100 metros, col. Nueva Vallejo, s/n, alcaldía Gustavo A. Madero, Ciudad de México
 Lat.: 19.4838° Long.: -99.1473° Altitud: 2255 m

Información del dispositivo APIS

Marca y modelo: APIS modelo APM01

Versión de firmware: 6.4.3

Intervalo de muestreo: 1 minuto

Números de serie: 1021, 1065

Problemas identificados durante el despliegue:
 No se identificaron problemas.

Información del equipo de referencia para NO₂

Marca y modelo: Teledyne API modelo 200E

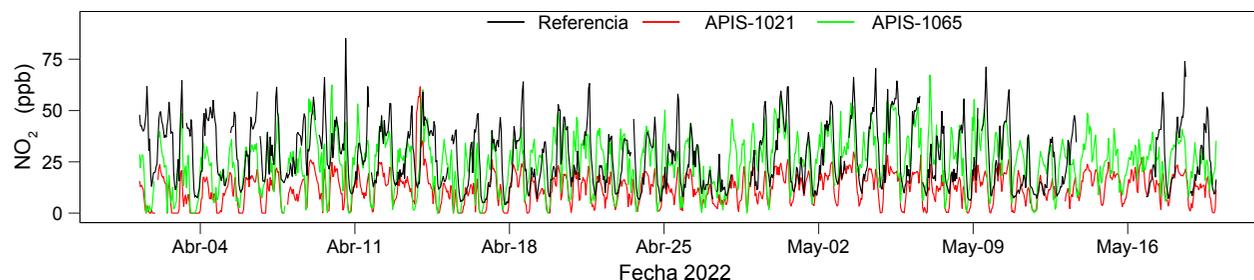
Número de serie: 1610

Intervalo de muestreo: 1 minuto

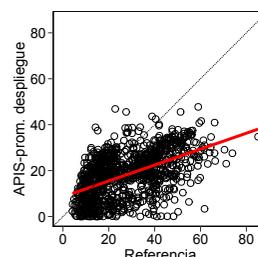
Fecha de calibración: 6 de abril de 2022

Observaciones: El instrumento operó sin problemas, se realizaron verificaciones de la respuesta del instrumento una vez cada seis días.

Serie de tiempo, promedio de 1 hora

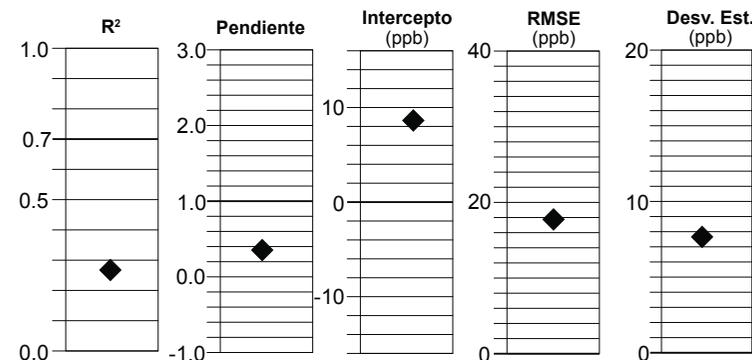


Comparación con el equipo de referencia
1 hora

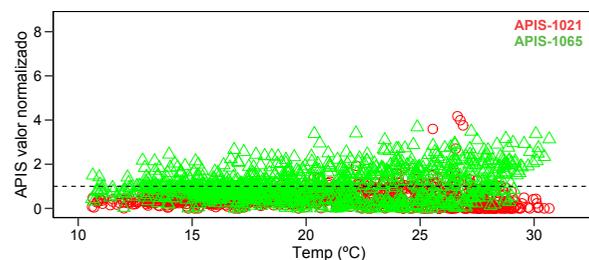


Intervalos de concentraciones medidas por el equipo de referencia (ppb): 4.1 a 85.1
 Número de periodos de 1 hora con concentraciones mayores a la NOM (>106 ppb): 0

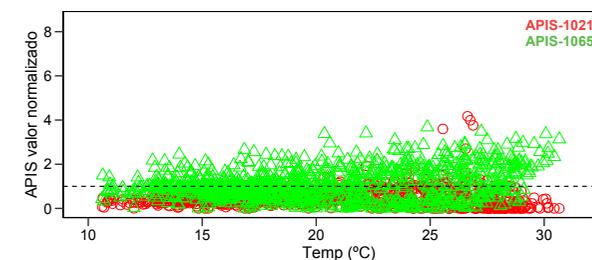
Métricas de desempeño



Efectos de las condiciones ambientales

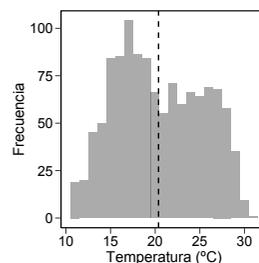


Número de datos (prom. 1-h): APIS-1021=1040, APIS-1065=1047
 Temperatura promedio: 20.3 °C

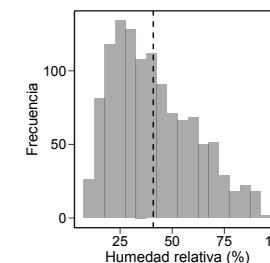


Número de datos (prom. 1-h): APIS-1021=1040, APIS-1065=1047
 Humedad relativa promedio: 41 %

Temperatura y humedad ambientales durante el despliegue



Número de periodos de 1 hora fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0



Número de periodos de 1 hora fuera del límite de humedad relativa recomendado por el fabricante: 0

Dispositivos: APIS - APM01**Estadísticas**

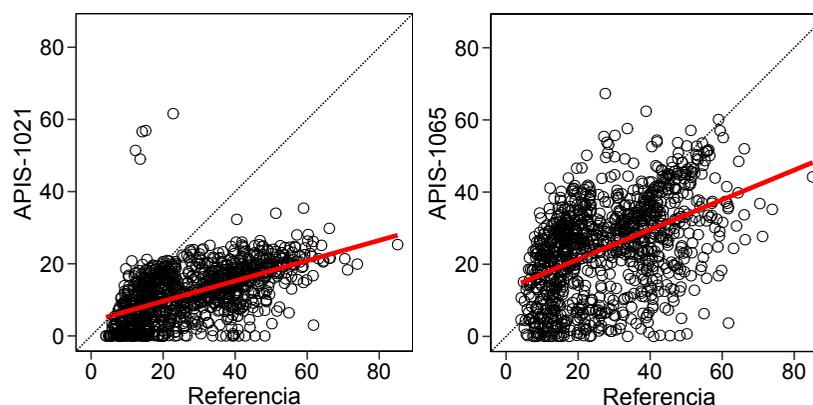
	Número de datos pareados 1 hora	Promedio ± desv. est. 1 hora	Mediana 1 hora	Mín (Máx) 1 hora
Referencia (ppb)	1036	28.0 ± 14.8	25.4	4.1 (85.1)
APIS-1021 (ppb)	1036	11.9 ± 7.8	12.1	0.0 (61.6)
APIS-1065 (ppb)	1036	24.7 ± 13.0	25.9	0.0 (67.3)
---	---	---	---	---

Resultados de la evaluación

	Sesgo y linealidad			Spearman (Kendall)
	R ²	Pendiente	Intercepto (ppb)	
APIS-1021	0.288	0.28	4.02	0.595 (0.427)
APIS-1065	0.211	0.41	13.13	0.472 (0.329)
---	---	---	---	---
Promedio del despliegue	0.268	0.35	8.58	0.526 (0.369)

Promedio del despliegue (ppb)	Error	Precisión		Captura de datos (%)
	RMSE (ppb)	Desv. est. (ppb)	CV (%)	
18.3	17.9	7.8	42.7	98

Gráficos de regresión individuales para los dispositivos contra el equipo de referencia
Promedios de 1 hora (ppb)



Información del evaluador

Institución: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático-UNAM, Dirección de Monitoreo de la Calidad del Aire-SEDEMA

Ubicación del sitio de prueba: Laboratorio de Análisis Ambiental, Sur de los 100 metros, col. Nueva Vallejo, s/n, alcaldía Gustavo A. Madero, Ciudad de México
 Lat.: 19.4838° Long.: -99.1473° Altitud: 2255 m

Información del dispositivo ENVEA

Marca y modelo: ENVEA modelo CAIRNET

Versión de firmware: 1.2.3

Intervalo de muestreo: 1 minuto

Números de serie: CXM22020313, CXM22020314

Problemas identificados durante el despliegue:

No se identificaron problemas durante la operación.

Información del equipo de referencia para NO₂

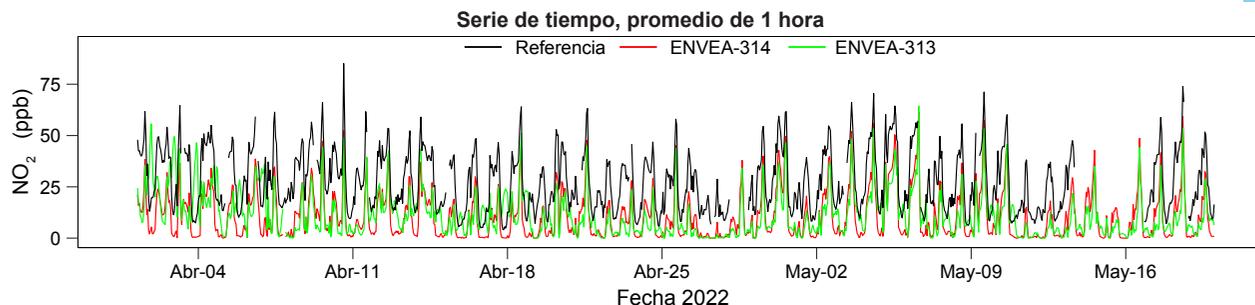
Marca y modelo: Teledyne API modelo 200E

Número de serie: 1610

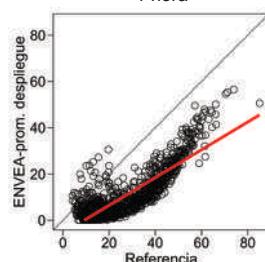
Intervalo de muestreo: 1 minuto

Fecha de calibración: 6 de abril de 2022

Observaciones: El instrumento operó sin problemas, se realizaron verificaciones de la respuesta del instrumento una vez cada seis días.

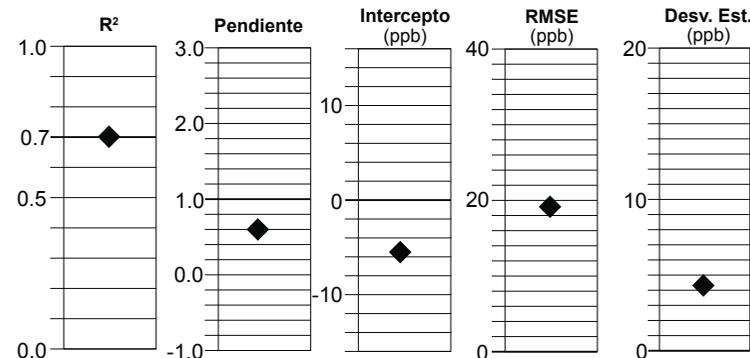


Comparación con el equipo de referencia
1 hora

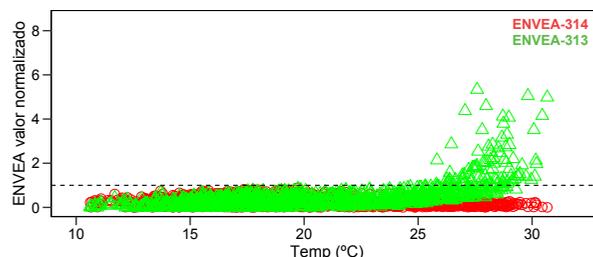


Intervalos de concentraciones medidas por el equipo de referencia (ppb): 4.1 a 85.1
 Número de periodos de 1 hora con concentraciones mayores a la NOM (>106 ppb): 0

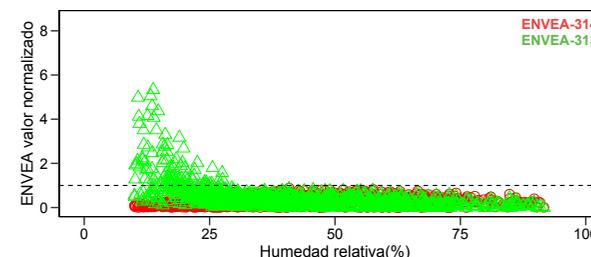
Métricas de desempeño



Efectos de las condiciones ambientales

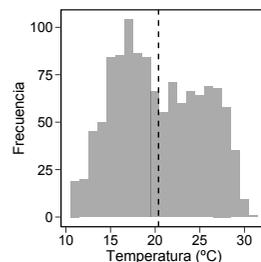


Número de datos (prom. 1-h): ENVEA-314=1053, ENVEA-313=1053
 Temperatura promedio: 20.3 °C

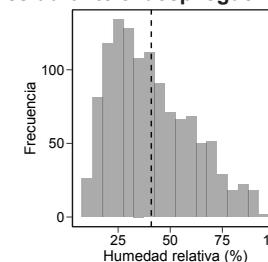


Número de datos (prom. 1-h): ENVEA-314=1053, ENVEA-313=1053
 Humedad relativa promedio: 41 %

Temperatura y humedad ambientales durante el despliegue



Número de periodos de 1 hora fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0



Número de periodos de 1 hora fuera del límite de humedad relativa recomendado por el fabricante: 0

Dispositivos: ENVEA - CAIRNET

Estadísticas

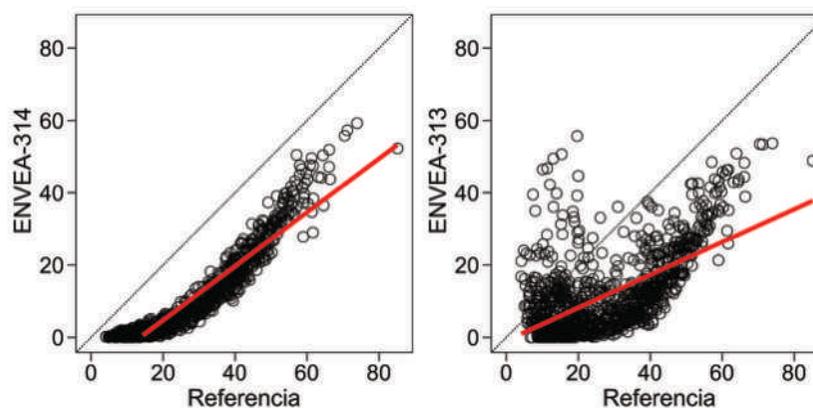
	Número de datos pareados 1 hora	Promedio ± desv. est. 1 hora	Mediana 1 hora	Mín (Máx) 1 hora
Referencia (ppb)	1053	27.8 ± 14.8	24.7	4.1 (85.1)
ENVEA-314 (ppb)	1053	10.6 ± 11.7	5.2	0.0 (59.3)
ENVEA-313 (ppb)	1053	11.7 ± 11.1	8.4	0.0 (55.7)
---	---	---	---	---

Resultados de la evaluación

	Sesgo y linealidad			Spearman (Kendall)
	R ²	Pendiente	Intercepto (ppb)	
ENVEA-314	0.897	0.75	-10.15	0.958 (0.832)
ENVEA-313	0.369	0.45	-0.90	0.547 (0.413)
---	---	---	---	---
Promedio del despliegue	0.708	0.60	-5.53	0.779 (0.610)

Promedio del despliegue (ppb)	Error	Precisión		Captura de datos (%)
	RMSE (ppb)	Desv. est. (ppb)	CV (%)	
11.1	19.1	4.3	38.2	100

Gráficos de regresión individuales para los dispositivos contra el equipo de referencia Promedios de 1 hora (ppb)



Información del evaluador

Institución: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático-UNAM, Dirección de Monitoreo de la Calidad del Aire-SEDEMA

Ubicación del sitio de prueba: Laboratorio de Análisis Ambiental, Sur de los 100 metros, col. Nueva Vallejo, s/n, alcaldía Gustavo A. Madero, Ciudad de México
 Lat.: 19.4838° Long.: -99.1473° Altitud: 2255 m

Información del dispositivo ELLONA

Marca y modelo: Ellona modelo WT1

Versión de firmware: 1.19

Intervalo de muestreo: 1 minutos

Números de serie: 30062, 30063

Problemas identificados durante el despliegue:

Falla en el dispositivo 30062. **No se realizó la evaluación de desempeño para el parámetro.**

Información del equipo de referencia para NO₂

Marca y modelo: Teledyne API modelo 200E

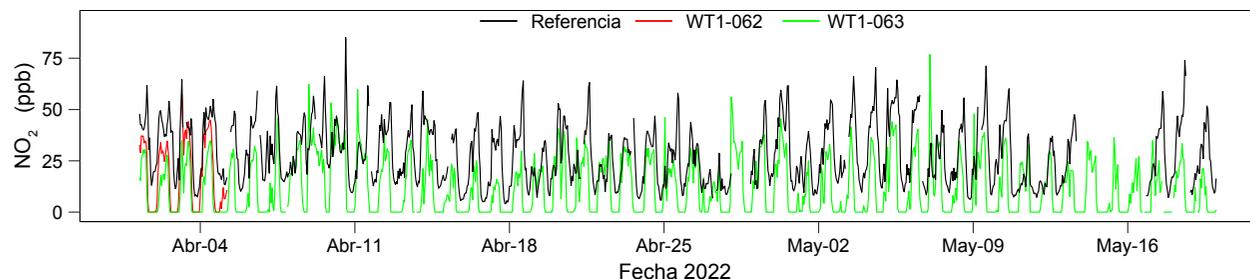
Número de serie: 1610

Intervalo de muestreo: 1 minuto

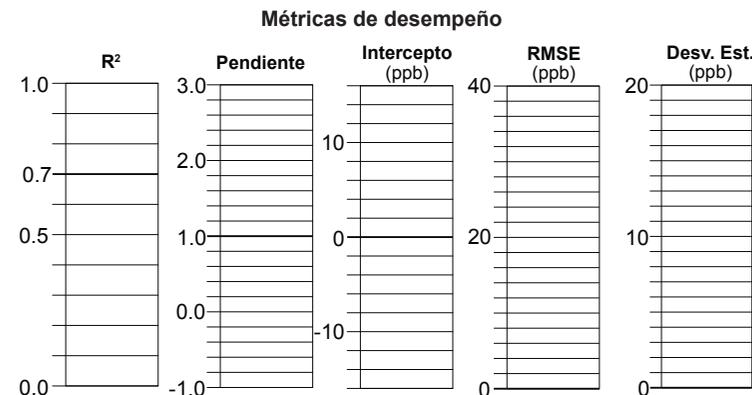
Fecha de calibración: 6 de abril de 2022

Observaciones: El instrumento operó sin problemas, se realizaron verificaciones de la respuesta del instrumento una vez cada seis días.

Serie de tiempo, promedio de 1 hora

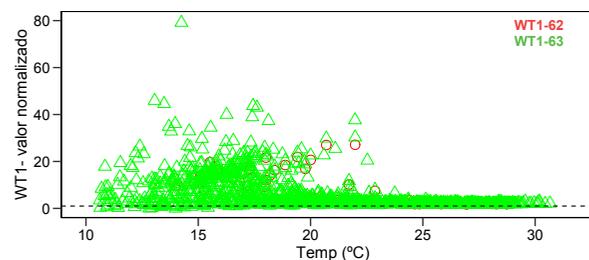


Comparación con el equipo de referencia
1 hora

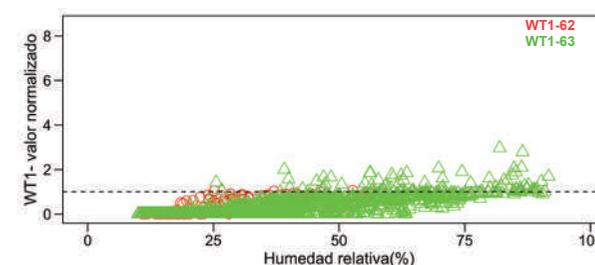


Intervalos de concentraciones medidas por el equipo de referencia (ppb): 4.1 a 85.1
 Número de periodos de 1 hora con concentraciones mayores a la NOM (>106 ppb): 0

Efectos de las condiciones ambientales

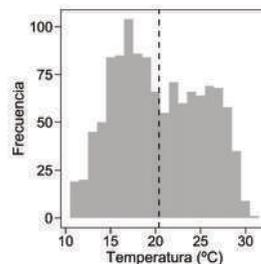


Número de datos (prom. 1-h): WT1-062=92, WT1-063=1051
 Temperatura promedio: 20.3 °C

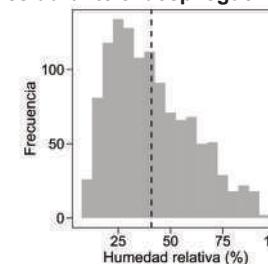


Número de datos (prom. 1-h): WT1-062=92, WT1-063=1051
 Humedad relativa promedio: 41 %

Temperatura y humedad ambientales durante el despliegue



Número de periodos de 1 hora fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0



Número de periodos de 1 hora fuera del límite de humedad relativa recomendado por el fabricante: 0

Dispositivos: ELLONA - WT1

Estadísticas

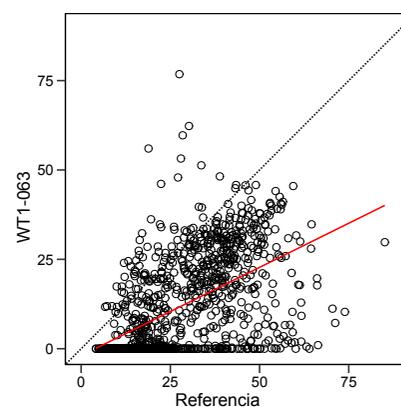
	Número de datos pareados 1 hora	Promedio ± desv. est. 1 hora	Mediana 1 hora	Mín (Máx) 1 hora
Referencia (ppb)	---	---	---	---
WT1-062 (ppb)	---	---	---	---
WT1-063 (ppb)	---	---	---	---
---	---	---	---	---

Resultados de la evaluación

	R ²	Sesgo y linealidad		Spearman (Kendall)
		Pendiente	Intercepto (ppb)	
WT1-062	---	---	---	---
WT1-063	---	---	---	---
---	---	---	---	---
Promedio del despliegue	---	---	---	---

Promedio del despliegue (ppb)	Error	Precisión		Captura de datos (%)
	RMSE (ppb)	Desv. est. (ppb)	CV (%)	
---	---	---	---	9

Gráficos de regresión individuales para los dispositivos contra el equipo de referencia
Promedios de 1 hora (ppb)



Información del evaluador

Institución: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático-UNAM, Dirección de Monitoreo de la Calidad del Aire-SEDEMA

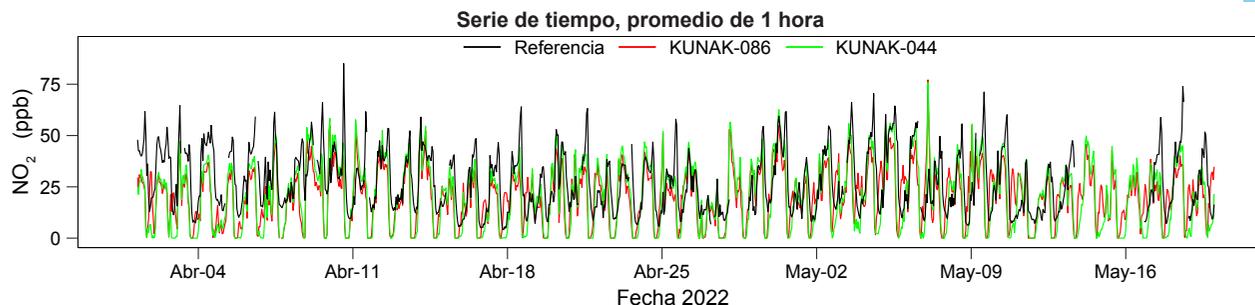
Ubicación del sitio de prueba: Laboratorio de Análisis Ambiental, Sur de los 100 metros, col. Nueva Vallejo, s/n, alcaldía Gustavo A. Madero, Ciudad de México
 Lat.: 19.4838° Long.: -99.1473° Altitud: 2255 m

Información del dispositivo KUNAK

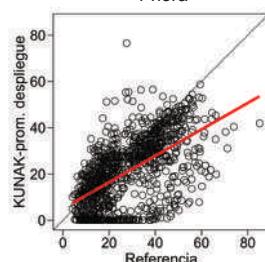
Marca y modelo: Kunak modelo AIR Pro
Versión de firmware: 1.255.120 (algoritmo para gases 3.5)
Intervalo de muestreo: 5 minutos
Números de serie: 0321350086 y 0321240044
Problemas identificados durante el despliegue:
 No se identificaron problemas durante la operación.

Información del equipo de referencia para NO₂

Marca y modelo: Teledyne API modelo 200E
Número de serie: 1610
Intervalo de muestreo: 1 minuto
Fecha de calibración: 6 de abril de 2022
Observaciones: El instrumento operó sin problemas, se realizaron verificaciones de la respuesta del instrumento una vez cada seis días.

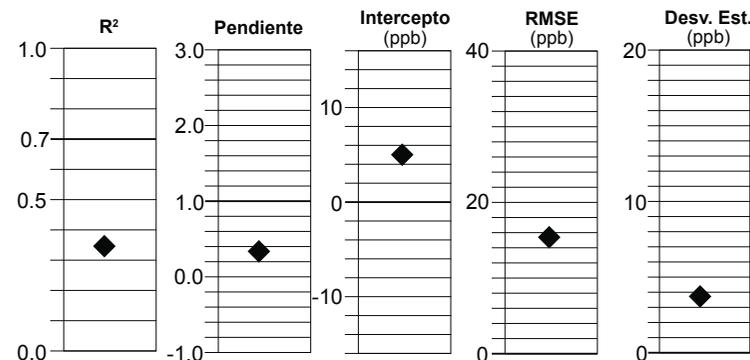


Comparación con el equipo de referencia
1 hora

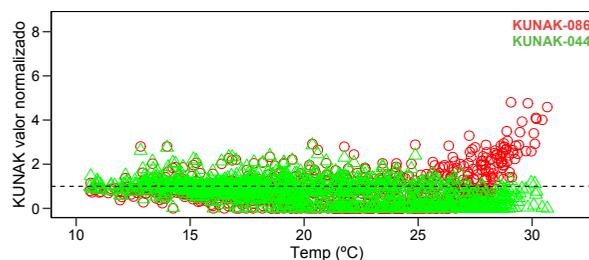


Intervalos de concentraciones medidas por el equipo de referencia (ppb): 4.1 a 85.1
 Número de periodos de 1 hora con concentraciones mayores a la NOM (106 ppb): 0

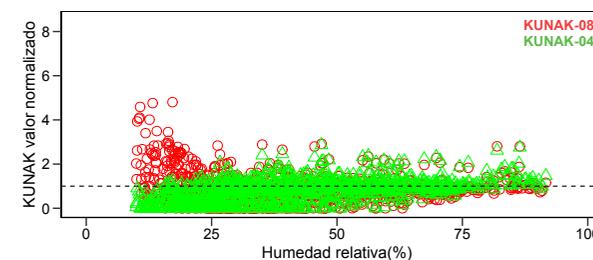
Métricas de desempeño



Efectos de las condiciones ambientales

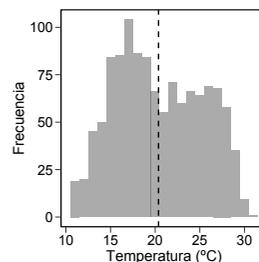


Número de datos (prom. 1-h): KUNAK-086=1055, KUNAK-044=1055
 Temperatura promedio: 20.3 °C

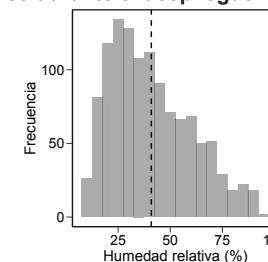


Número de datos (prom. 1-h): KUNAK-086=1055, KUNAK-044=1055
 Humedad relativa promedio: 41 %

Temperatura y humedad ambientales durante el despliegue



Número de periodos de 1 hora fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0



Número de periodos de 1 hora fuera del límite de humedad relativa recomendado por el fabricante: 0

Dispositivos: KUNAK - AIR Pro

Estadísticas

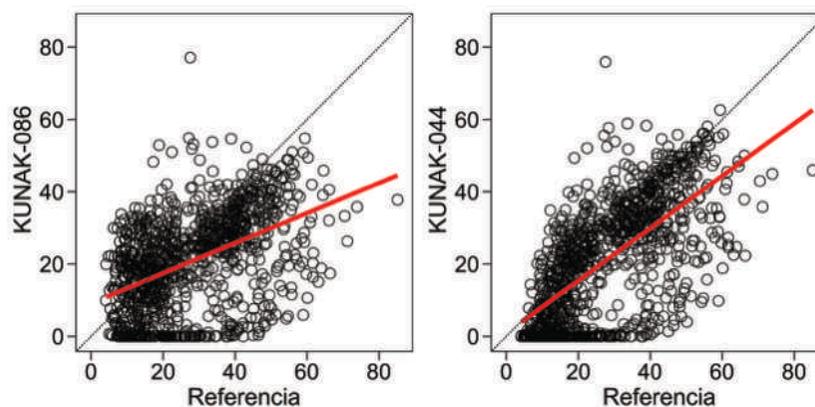
	Número de datos pareados 1 hora	Promedio ± desv. est. 1 hora	Mediana 1 hora	Mín (Máx) 1 hora
Referencia (ppb)	1054	27.8 ± 14.8	24.8	4.1 (85.1)
KUNAK-086 (ppb)	1054	20.7 ± 13.3	21.5	0.0 (77.1)
KUNAK-044 (ppb)	1054	21.1 ± 16.4	21.5	0.0 (75.9)
---	---	---	---	---

Resultados de la evaluación

	Sesgo y linealidad			Spearman (Kendall)
	R ²	Pendiente	Intercepto (ppb)	
KUNAK-086	0.216	0.42	9.11	0.480 (0.338)
KUNAK-044	0.436	0.72	0.92	0.677 (0.496)
---	---	---	---	---
Promedio del despliegue	0.346	0.57	5.02	0.602 (0.432)

	Error	Precisión		Captura de datos (%)
Promedio del despliegue (ppb)	RMSE (ppb)	Desv. est. (ppb)	CV (%)	
20.1	15.4	3.7	17.6	100

Gráficos de regresión individuales para los dispositivos contra el equipo de referencia
Promedios de 1 hora (ppb)



Parametro: ozono (O₃)

Sitio: LAA

Información del evaluador

Institución: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático-UNAM, Dirección de Monitoreo de la Calidad del Aire-SEDEMA

Ubicación del sitio de prueba: Laboratorio de Análisis Ambiental, Sur de los 100 metros, col. Nueva Vallejo, s/n, alcaldía Gustavo A. Madero, Ciudad de México
 Lat.: 19.4838° Long.: -99.1473° Altitud: 2255 m

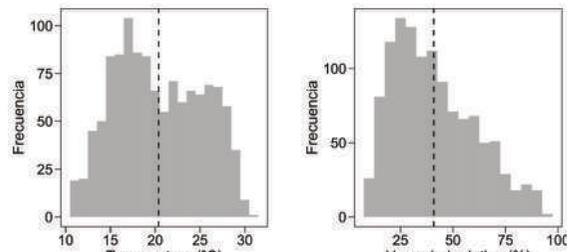
Información del dispositivo CMM

Marca y modelo: CMM modelo Airlab
Versión de firmware: ---
Intervalo de muestreo: ~3 minuto
Números de serie: Airlab-1, Airlab-2
Problemas identificados durante el despliegue:
 La respuesta de los sensores se encontraba fuera de un intervalo razonable para comparar contra el equipo de referencia. **No se evaluó el desempeño.**

Información del equipo de referencia para O₃

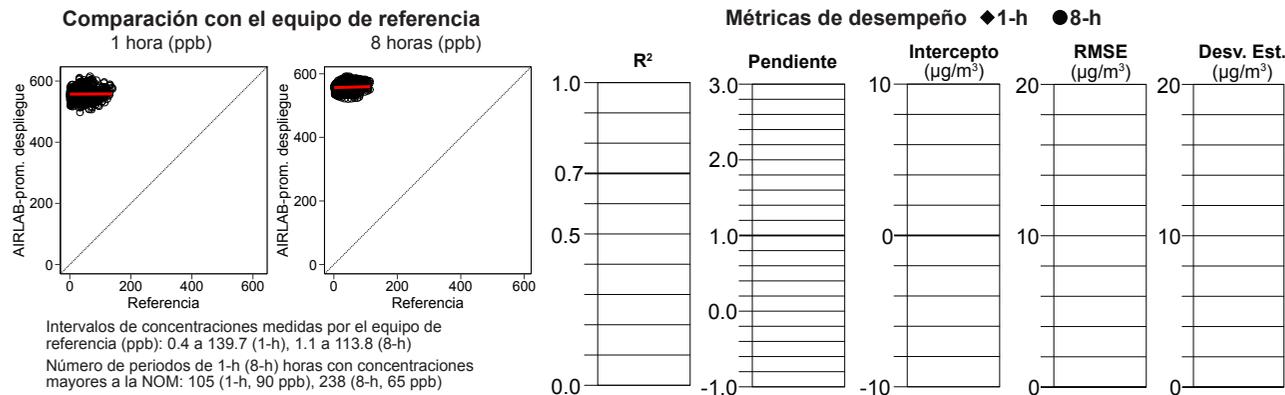
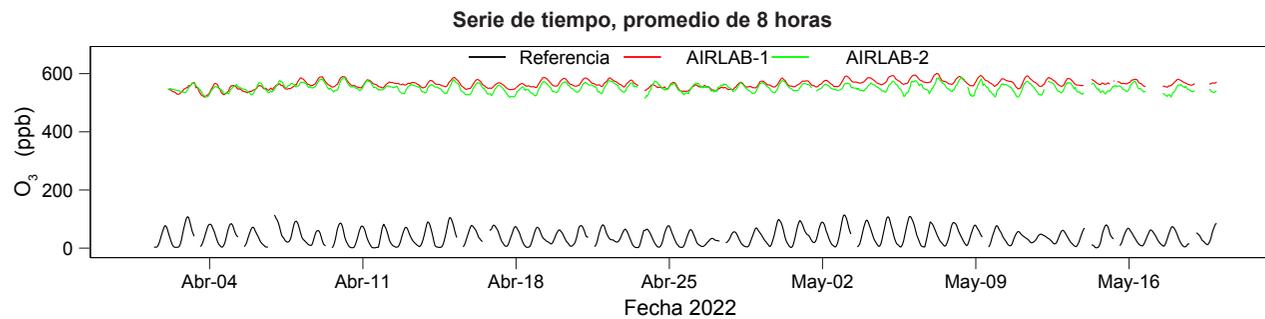
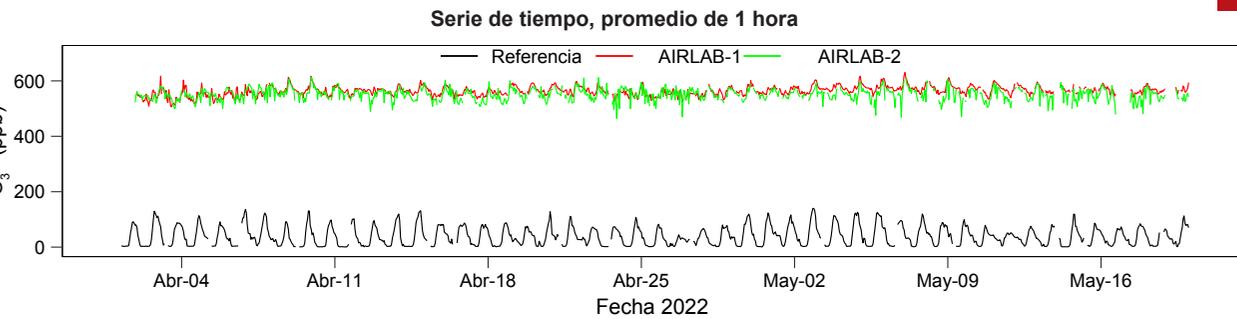
Marca y modelo: Teledyne API modelo T400
Número de serie: 1591
Intervalo de muestreo: 1 minuto
Fecha de calibración: 6 de abril de 2022
Observaciones: El instrumento operó sin problemas, se realizaron verificaciones de la respuesta del instrumento una vez cada seis días.

Temperatura y humedad ambientales durante el despliegue



Número de periodos de 24 horas fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0

Número de periodos de 1 hora fuera del límite de humedad relativa recomendado por el fabricante: 0



Efectos de las condiciones ambientales

Temperatura promedio: 20.4 °C

Humedad relativa promedio: 41 %

Dispositivos: CMM - Airlab

Estadísticas

	Número de datos pareados		Promedio ± desv. est.		Mediana		Mín (Máx)	
	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas
Referencia (ppb)	1015	1033	39.8 ± 34.5	40.4 ± 27.3	32.8	36.9	0.4 (139.7)	1.1 (113.8)
AIRLAB-1 (ppb)	1015	1033	564.0 ± 17.5	564.3 ± 13.8	564.0	563.8	506.5 (618.8)	519.2 (600.2)
AIRLAB-2 (ppb)	1015	1033	550.9 ± 22.5	550.9 ± 14.2	552.2	550.8	464.2 (614.7)	514.2 (587.7)
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Resultados de la evaluación

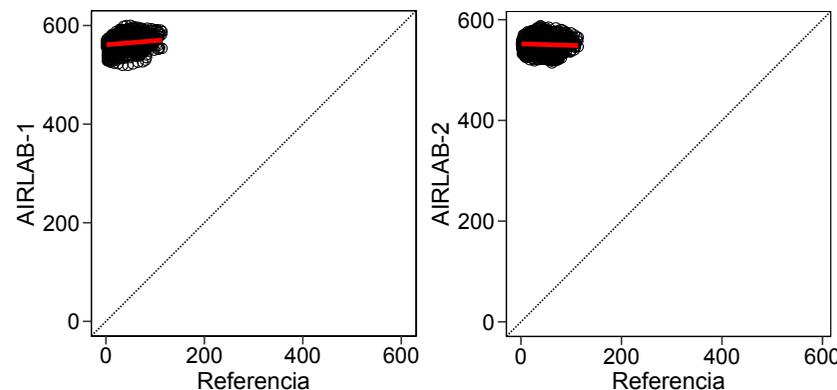
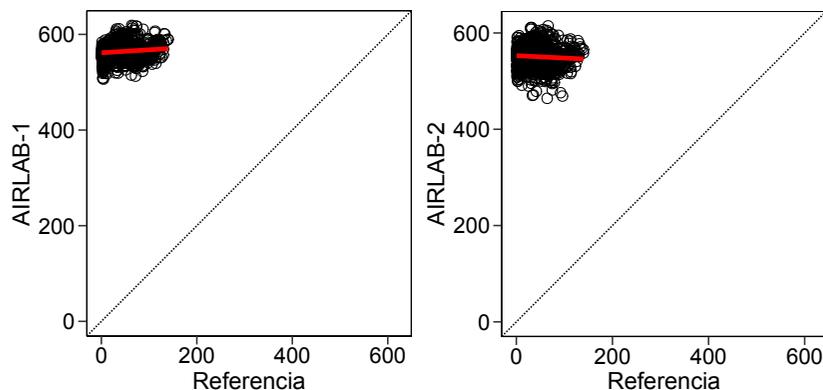
	Sesgo y linealidad							
	R ²		Pendiente		Intercepto (ppb)		Spearman (Kendall)	
	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas
AIRLAB-1	0.015	0.027	0.06	0.08	561.52	560.95	0.107 (0.082)	0.141 (0.098)
AIRLAB-2	0.006	0.004	-0.05	-0.03	552.88	552.16	-0.067 (-0.027)	-0.057 (-0.027)
---	---	---	---	---	---	---	---	---
Promedio del despliegue	0.000	0.003	0.00	0.03	557.20	556.55	0.011 (0.025)	0.039 (0.034)

Promedio del despliegue (ppb)	Error		Precisión						
	RMSE (ppb)		Desv. est. (ppb)		CV (%)		Captura de datos (%)		
	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	
557.4	557.6	519.2	518.1	11.2	8.48	2.00	1.52	88	93

Gráficos de regresión individuales para los dispositivos contra el equipo de referencia

Promedios de 1 hora (ppb)

Promedios de 8 horas (ppb)



Información del evaluador

Institución: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático-UNAM, Dirección de Monitoreo de la Calidad del Aire-SEDEMA

Ubicación del sitio de prueba: Laboratorio de Análisis Ambiental, Sur de los 100 metros, col. Nueva Vallejo, s/n, alcaldía Gustavo A. Madero, Ciudad de México
 Lat.: 19.4838° Long.: -99.1473° Altitud: 2255 m

Información del dispositivo APIS

Marca y modelo: APIS modelo APM01

Versión de firmware: 6.4.3

Intervalo de muestreo: 1 minuto

Números de serie: 1021, 1065

Problemas identificados durante el despliegue:
 No se identificaron problemas.

Información del equipo de referencia para O₃

Marca y modelo: Teledyne API modelo T400

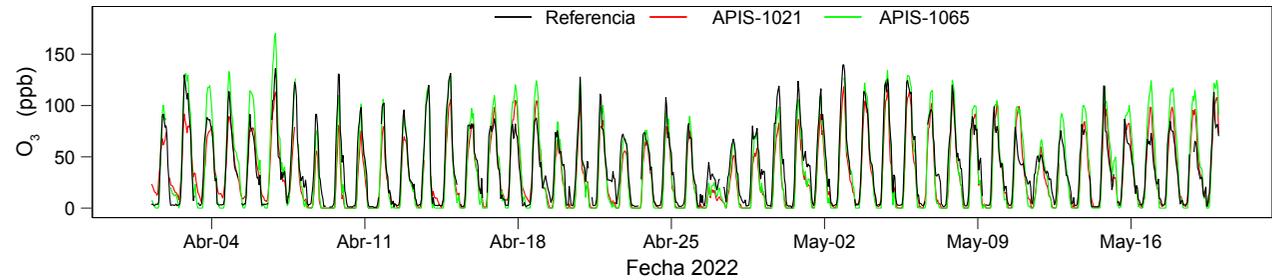
Número de serie: 1591

Intervalo de muestreo: 1 minuto

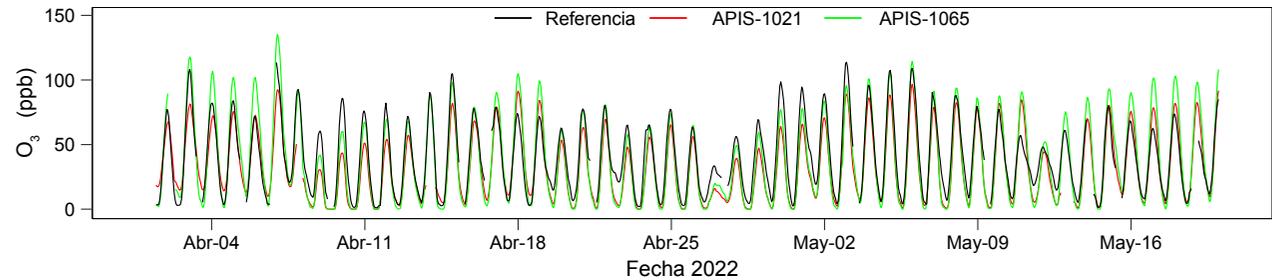
Fecha de calibración: 6 de abril de 2022

Observaciones: El instrumento operó sin problemas, se realizaron verificaciones de la respuesta del instrumento una vez cada seis días.

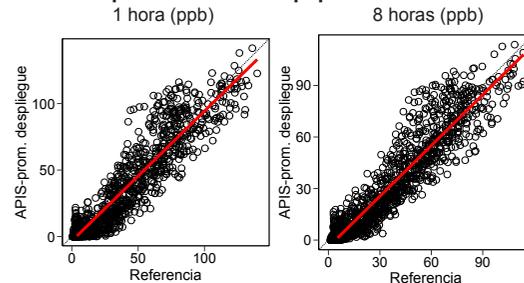
Serie de tiempo, promedio de 1 hora



Serie de tiempo, promedio de 8 horas

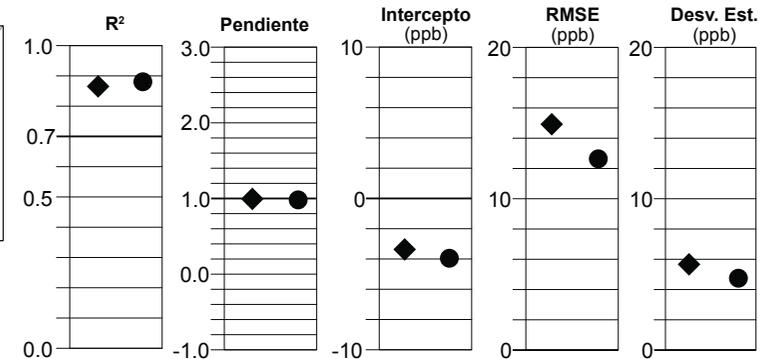


Comparación con el equipo de referencia

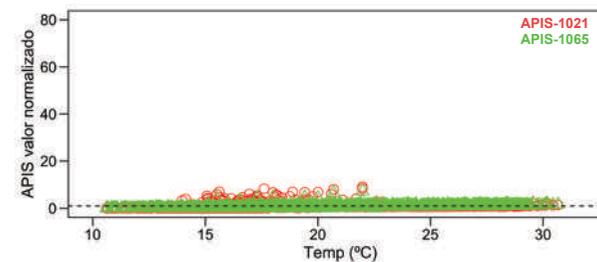


Intervalos de concentraciones medidas por el equipo de referencia (ppb): 0.4 a 139.7 (1-h), 1.1 a 113.8 (8-h)
 Número de periodos de 8 horas con concentraciones mayores a la NOM: 105 (1-h, 90 ppb), 238 (8-h, 65 ppb)

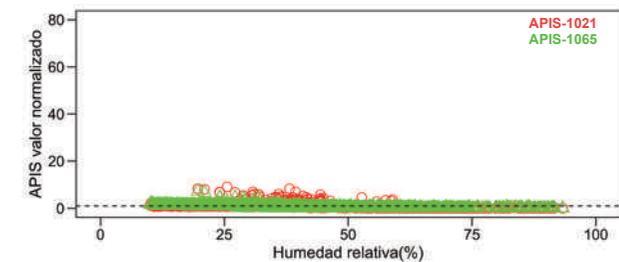
Métricas de desempeño ◆1-h ●8-h



Efectos de las condiciones ambientales

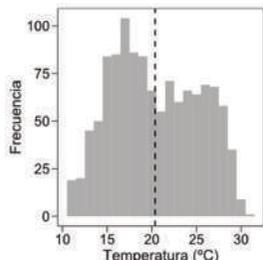


Número de datos (1-h): APIS 1021=1117, APIS 1065=1130
 Temperatura promedio: 20.4°C

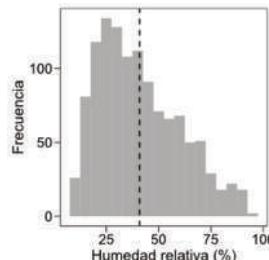


Número de datos (1-h): APIS 1021=1117, APIS 1065=1130
 Humedad relativa promedio: 41 %

Temperatura y humedad ambientales durante el despliegue



Número de periodos de 1 hora fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0



Número de periodos de 1 hora fuera del límite de humedad relativa recomendado por el fabricante: 0

Dispositivos: APIS - APM01

Estadísticas

	Número de datos pareados		Promedio \pm desv. est.		Mediana		Mín (Máx)	
	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas
Referencia (ppb)	1113	1067	38.6 \pm 33.7	39.4 \pm 27.0	31.3	35.9	0.4 (139.7)	1.1 (113.8)
APIS-1021 (ppb)	1113	1067	32.0 \pm 31.2	32.4 \pm 25.5	21.2	26.2	0.0 (118.3)	0.0 (96.6)
APIS-1065 (ppb)	1113	1067	36.6 \pm 39.9	37.2 \pm 32.0	20.9	29.4	0.0 (170.2)	0.0 (135.2)
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Resultados de la evaluación

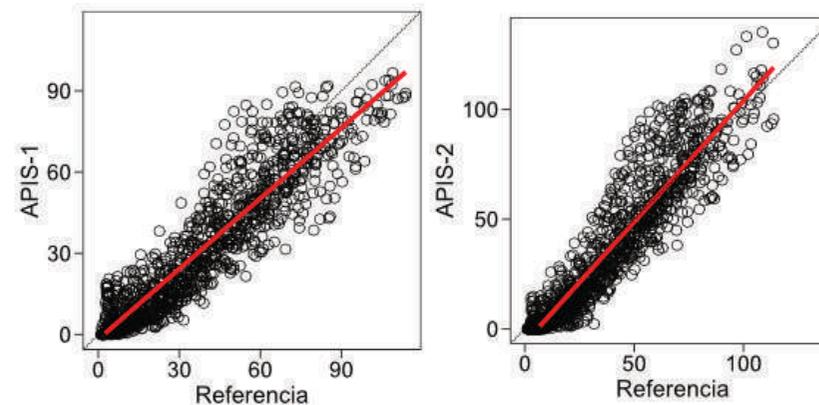
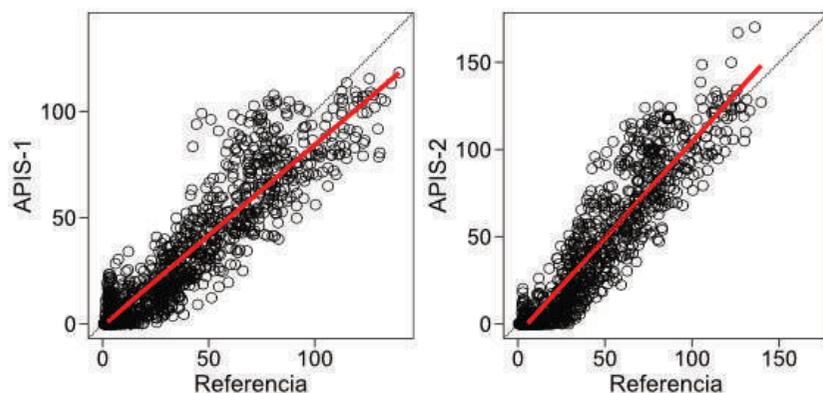
	Sesgo y linealidad						Spearman (Kendall)	
	R ²		Pendiente		Intercepto (ppb)			
	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas
APIS-1021	0.846	0.844	0.85	0.87	-0.84	-1.78	0.919 (0.749)	0.922 (0.751)
APIS-1065	0.869	0.861	1.10	1.10	-5.91	-6.27	0.940 (0.789)	0.943 (0.789)
---	---	---	---	---	---	---	---	---
Promedio del despliegue	0.865	0.860	0.98	0.98	-3.37	-4.03	0.931 (0.766)	0.936 (0.773)

Promedio del despliegue (ppb)	Error		Precisión				Captura de datos (%)		
	RMSE (ppb)		Desv. est. (ppb)		CV (%)				
	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	
34.3	34.8	14.9	12.6	5.8	4.7	17.0	13.5	97	100

Gráficos de regresión individuales para los dispositivos contra el equipo de referencia

Promedios de 1 hora (ppb)

Promedios de 8 horas (ppb)



Información del evaluador

Institución: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático-UNAM, Dirección de Monitoreo de la Calidad del Aire-SEDEMA

Ubicación del sitio de prueba: Laboratorio de Análisis Ambiental, Sur de los 100 metros, col. Nueva Vallejo, s/n, alcaldía Gustavo A. Madero, Ciudad de México
 Lat.: 19.4838° Long.: -99.1473° Altitud: 2255 m

Información del dispositivo ELLONA

Marca y modelo: Ellona modelo WT1

Versión de firmware: 1.19

Intervalo de muestreo: 1 minutos

Números de serie: 30062, 30063

Problemas identificados durante el despliegue:

Falla en el dispositivo 30062. No se realizó la evaluación de desempeño para el parámetro.

Información del equipo de referencia para O₃

Marca y modelo: Teledyne API modelo T400

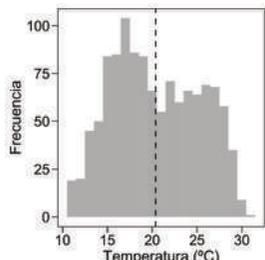
Número de serie: 1591

Intervalo de muestreo: 1 minuto

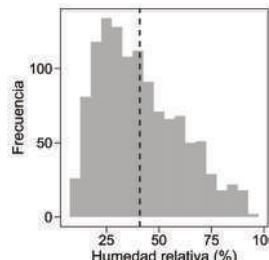
Fecha de calibración: 6 de abril de 2022

Observaciones: El instrumento operó sin problemas, se realizaron verificaciones de la respuesta del instrumento una vez cada seis días.

Temperatura y humedad ambientales durante el despliegue

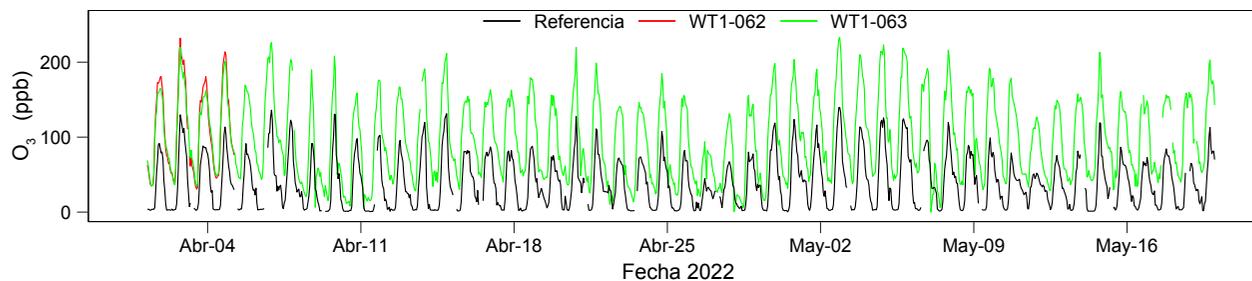


Número de periodos de 1 hora fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0

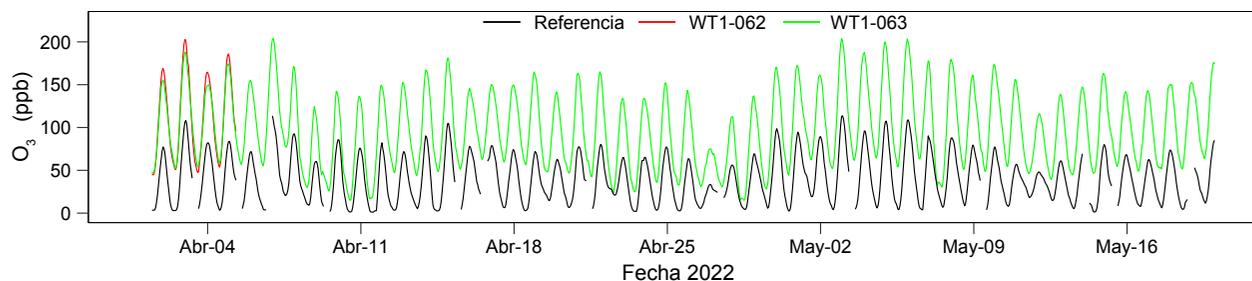


Número de periodos de 1 hora fuera del límite de humedad relativa recomendado por el fabricante: 0

Serie de tiempo, promedio de 1 hora



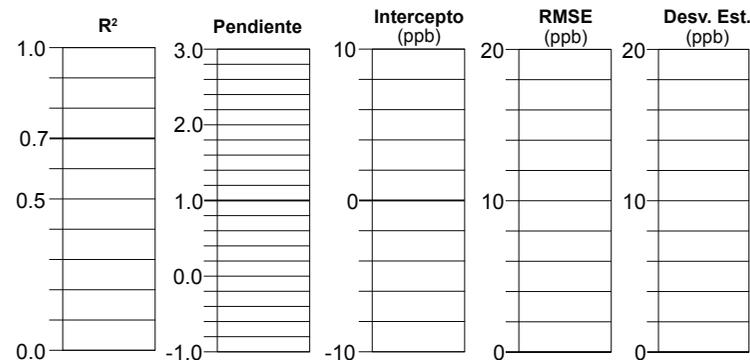
Serie de tiempo, promedio de 8 horas



Comparación con el equipo de referencia

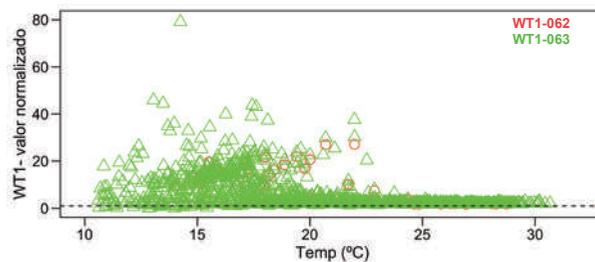
1 hora (ppb) 8 horas (ppb)

Métricas de desempeño ◆1-h ●8-h

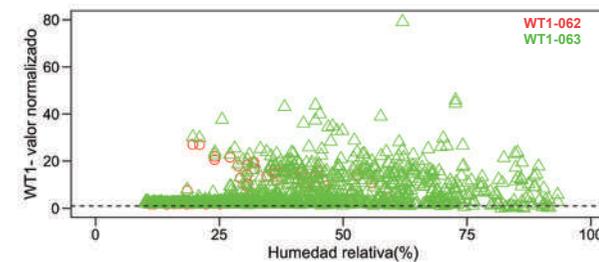


Intervalos de concentraciones medidas por el equipo de referencia (ppb): 0.4 a 139.7 (1-h), 1.1 a 113.8 (8-h)
 Número de periodos de 1 hora con concentraciones mayores a la NOM: 105 (1-h, 90 ppb), 238 (8-h, 65 ppb)

Efectos de las condiciones ambientales



Número de datos (1-h): WT1-062=92, WT1-063= 1133
 Temperatura promedio: 20.4 °C



Número de datos (1-h): WT1-062=92, WT1-063= 1133
 Humedad relativa promedio: 41 %

Dispositivos: Ellona - WT1

Estadísticas

	Número de datos pareados		Promedio ± desv. est.		Mediana		Mín (Máx)	
	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas
Referencia (ppb)	---	---	---	---	---	---	---	---
WT1-30062 (ppb)	---	---	---	---	---	---	---	---
WT1-30063 (ppb)	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---

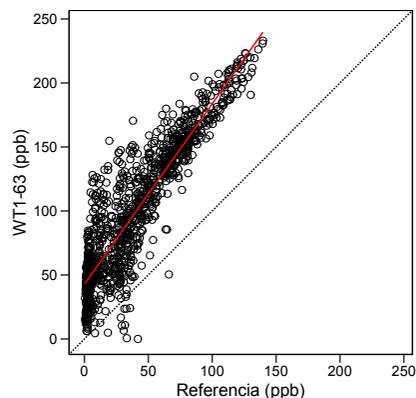
Resultados de la evaluación

	Sesgo y linealidad							
	R ²		Pendiente		Intercepto (ppb)		Spearman (Kendall)	
	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas
WT1-30062	---	---	---	---	---	---	---	---
WT1-30063	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---
Promedio del despliegue	---	---	---	---	---	---	---	---

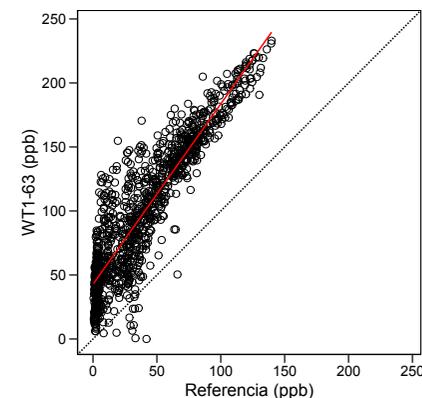
Promedio del despliegue (ppb)		Error		Precisión				Captura de datos (%)	
		RMSE (ppb)		Desv. est. (ppb)		CV (%)			
1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Gráficos de regresión individuales para los dispositivos contra el equipo de referencia

Promedios de 1 hora (ppb)



Promedios de 8 horas (ppb)



Información del evaluador

Institución: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático-UNAM, Dirección de Monitoreo de la Calidad del Aire-SEDEMA

Ubicación del sitio de prueba: Laboratorio de Análisis Ambiental, Sur de los 100 metros, col. Nueva Vallejo, s/n, alcaldía Gustavo A. Madero, Ciudad de México
 Lat.: 19.4838° Long.: -99.1473° Altitud: 2255 m

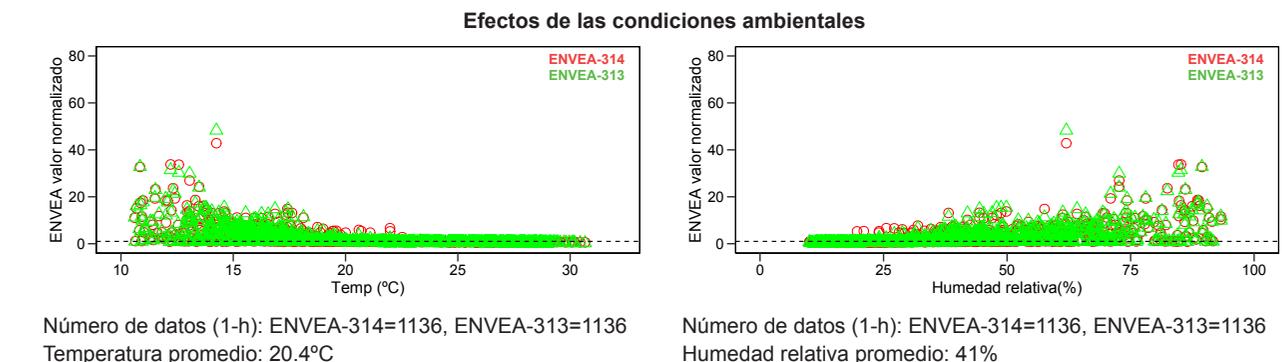
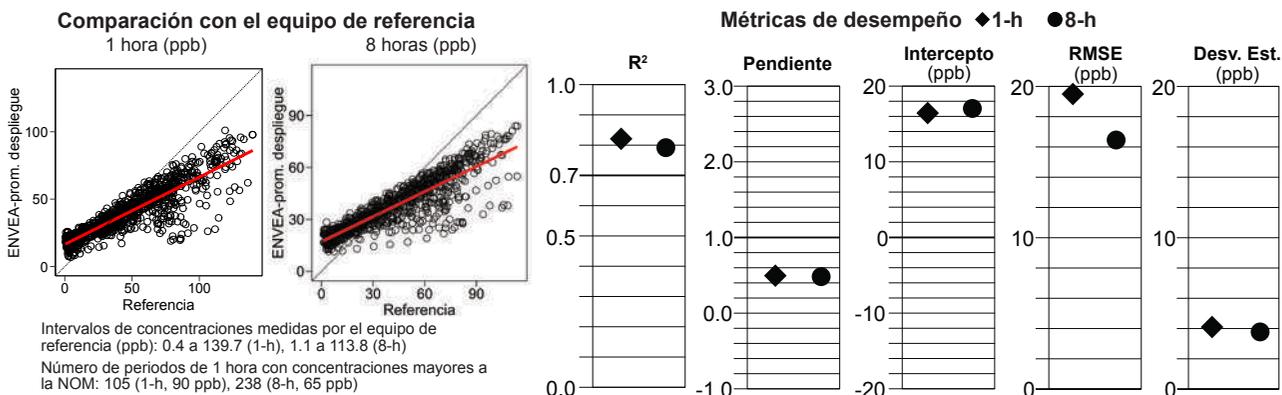
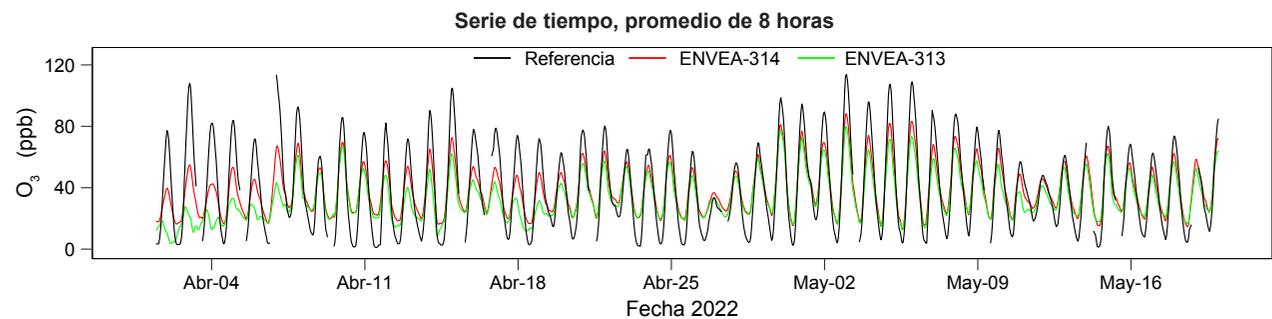
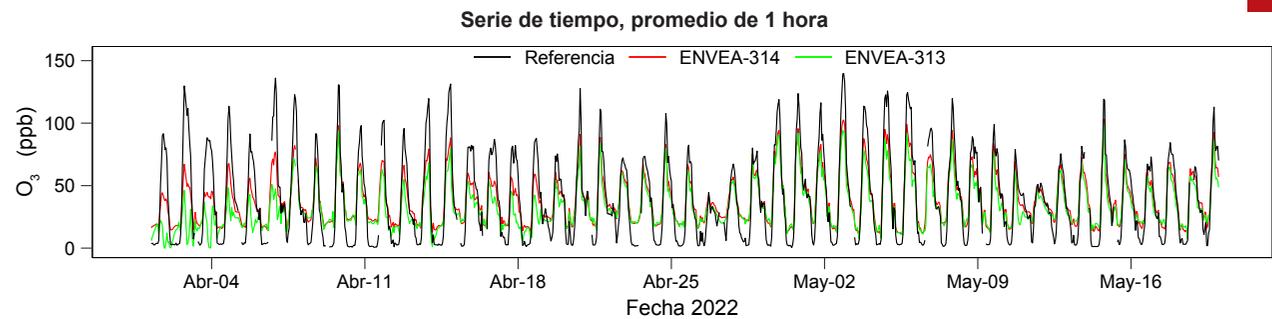
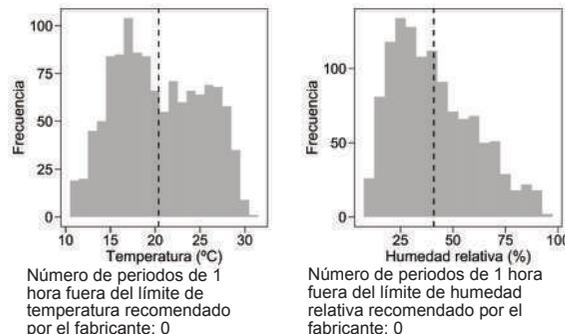
Información del dispositivo ENVEA

Marca y modelo: ENVEA modelo CAIRNET
Versión de firmware: 1.2.3
Intervalo de muestreo: 1 minuto
Números de serie: CXM22020313, CXM22020314
Problemas identificados durante el despliegue:
 No se identificaron problemas durante la operación.

Información del equipo de referencia para O₃

Marca y modelo: Teledyne API modelo T400
Número de serie: 1591
Intervalo de muestreo: 1 minuto
Fecha de calibración: 6 de abril de 2022
Observaciones: El instrumento operó sin problemas, se realizaron verificaciones de la respuesta del instrumento una vez cada seis días.

Temperatura y humedad ambientales durante el despliegue



Dispositivos: ENVEA - CAIRNET

Estadísticas

	Número de datos pareados		Promedio ± desv. est.		Mediana		Mín (Máx)	
	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas
Referencia (ppb)	1136	1102	39.3 ± 34.1	40.0 ± 27.0	32.1	36.6	0.4 (139.7)	1.1 (113.8)
ENVEA-314 (ppb)	1136	1102	38.6 ± 19.9	39.0 ± 15.5	34.6	36.7	9.5 (103.1)	12.8 (88.1)
ENVEA-313 (ppb)	1136	1102	33.5 ± 18.2	33.8 ± 14.3	28.3	30.7	0.0 (98.9)	3.6 (79.8)
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Resultados de la evaluación

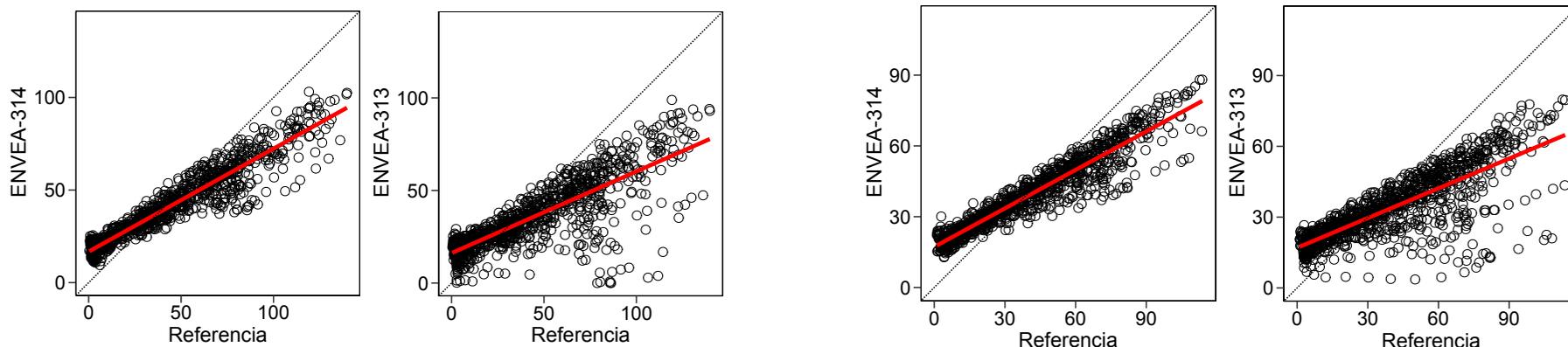
	Sesgo y linealidad							
	R ²		Pendiente		Intercepto (ppb)		Spearman (Kendall)	
	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas
ENVEA-314	0.912	0.902	0.56	0.54	16.73	17.21	0.950 (0.804)	0.958 (0.826)
ENVEA-313	0.684	0.626	0.44	0.42	16.17	17.00	0.810 (0.650)	0.789 (0.646)
---	---	---	---	---	---	---	---	---
Promedio del despliegue	0.822	0.789	0.50	0.48	16.45	17.10	0.903 (0.737)	0.896 (0.744)

Promedio del despliegue (ppb)		Error		Precisión				Captura de datos (%)	
		RMSE (ppb)		Desv. est. (ppb)		CV (%)			
1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas
36.0	36.4	19.5	16.4	4.2	3.8	11.5	10.4	99	99

Gráficos de regresión individuales para los dispositivos contra el equipo de referencia

Promedios de 1 hora (ppb)

Promedios de 8 horas (ppb)



Información del evaluador

Institución: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático-UNAM, Dirección de Monitoreo de la Calidad del Aire-SEDEMA

Ubicación del sitio de prueba: Laboratorio de Análisis Ambiental, Sur de los 100 metros, col. Nueva Vallejo, s/n, alcaldía Gustavo A. Madero, Ciudad de México
 Lat.: 19.4838° Long.: -99.1473° Altitud: 2255 m

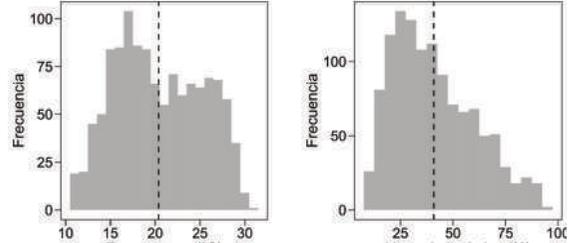
Información del dispositivo KUNAK

Marca y modelo: Kunak modelo AIR Pro
Versión de firmware: 1.255.120 (algoritmo para gases 3.5)
Intervalo de muestreo: 5 minutos
Números de serie: 0321350086 y 0321240044
Problemas identificados durante el despliegue: No se identificaron problemas durante la operación.

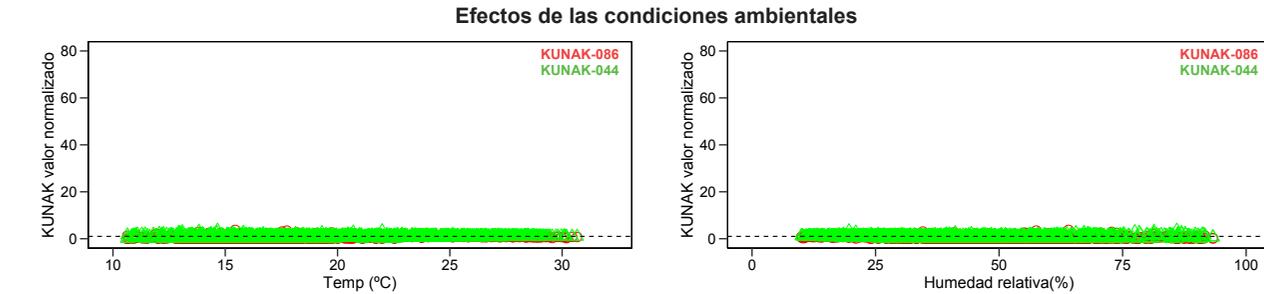
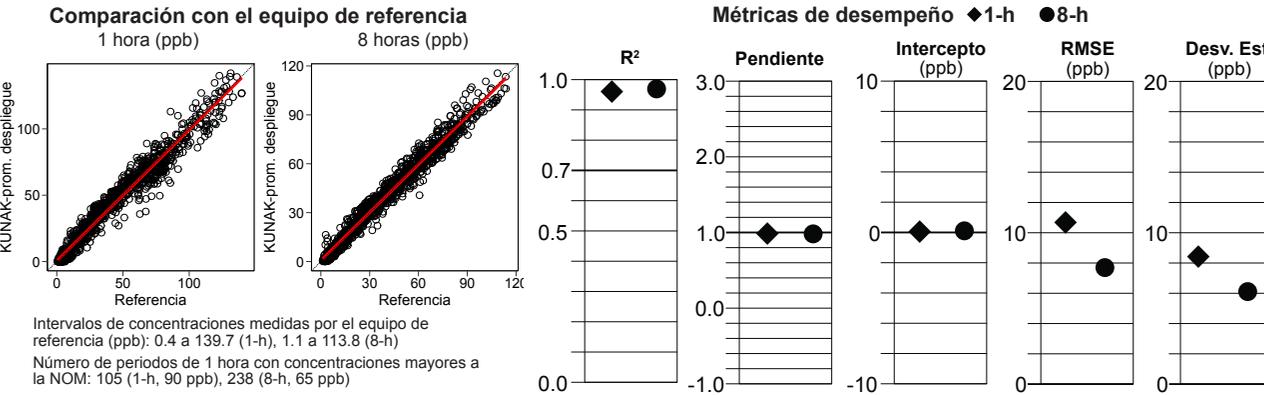
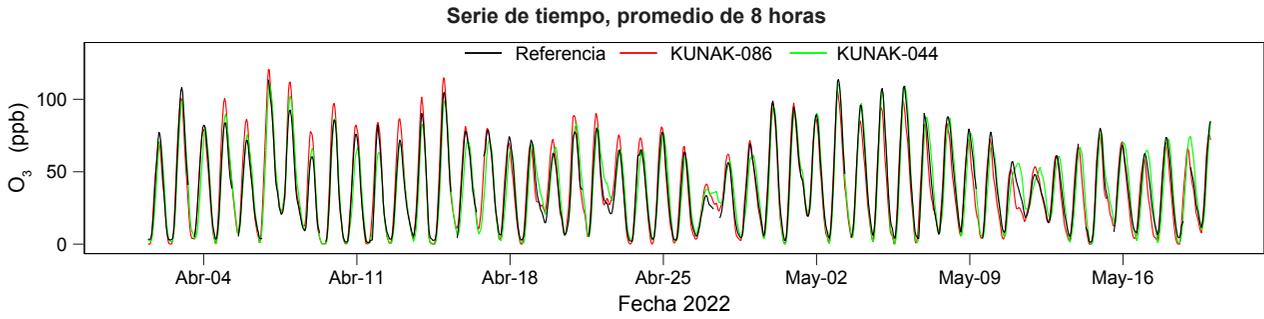
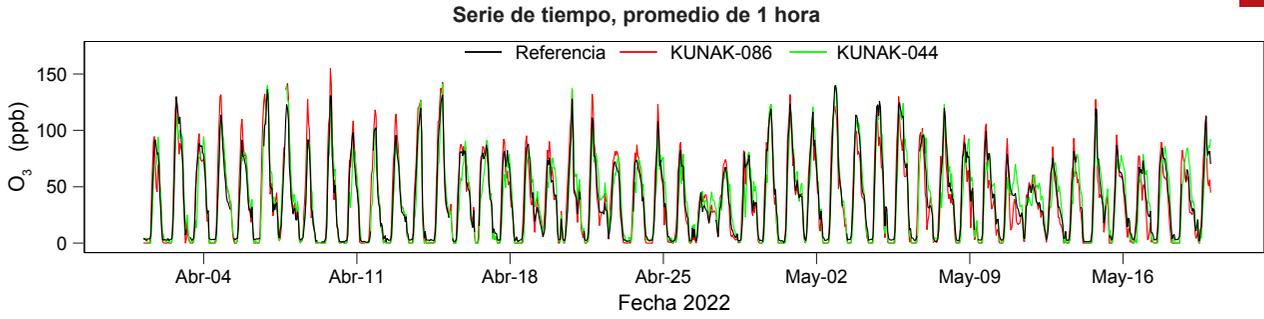
Información del equipo de referencia para O₃

Marca y modelo: Teledyne API modelo T400
Número de serie: 1591
Intervalo de muestreo: 1 minuto
Fecha de calibración: 6 de abril de 2022
Observaciones: El instrumento operó sin problemas, se realizaron verificaciones de la respuesta del instrumento una vez cada seis días.

Temperatura y humedad ambientales durante el despliegue



Número de periodos de 1 hora fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0
 Número de periodos de 1 hora fuera del límite de humedad relativa recomendado por el fabricante: 0



Número de datos (1-h): KUNAK-086=1138, KUNAK-044=1138
 Temperatura promedio: 20.4 °C
 Número de datos (1-h): KUNAK-086=1138, KUNAK-044=1138
 Humedad relativa promedio: 41 %

Dispositivos: KUNAK - AIR Pro

Estadísticas

	Número de datos pareados		Promedio \pm desv. est.		Mediana		Mín (Máx)	
	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas
Referencia (ppb)	1137	1103	39.3 \pm 34.1	40.0 \pm 27.0	32.1	36.5	0.4 (139.7)	1.1 (113.8)
KUNAK-086 (ppb)	1137	1103	39.3 \pm 36.2	40.1 \pm 27.9	33.2	36.1	0.0 (154.9)	0.0 (120.6)
KUNAK-044 (ppb)	1137	1103	39.3 \pm 34.3	39.8 \pm 27.3	36.2	37.6	0.0 (141.3)	0.0 (110.7)
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Resultados de la evaluación

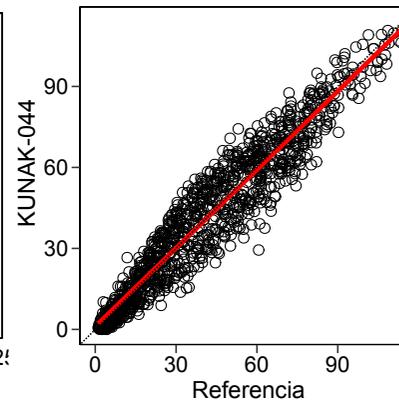
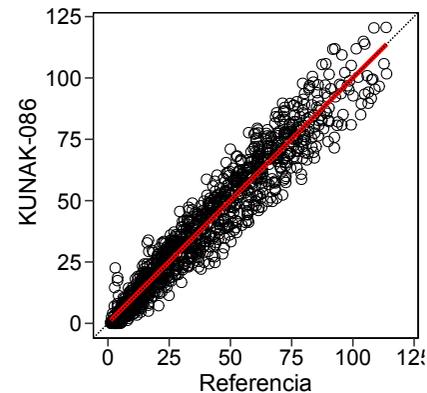
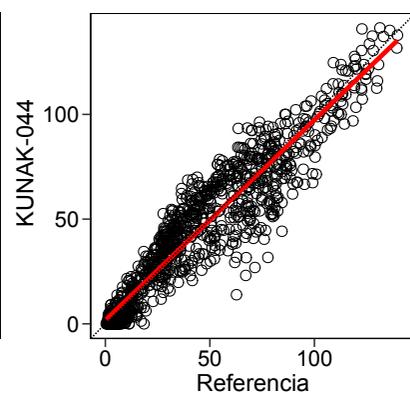
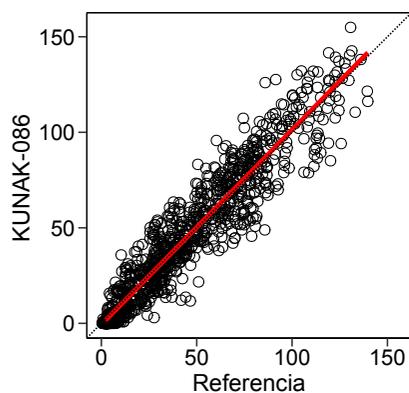
	Sesgo y linealidad							
	R^2		Pendiente		Intercepto (ppb)		Spearman (Kendall)	
	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas
KUNAK-086	0.917	0.932	1.02	1.00	-0.68	0.14	0.960 (0.824)	0.970 (0.846)
KUNAK-044	0.901	0.918	0.96	0.97	1.73	1.09	0.946 (0.801)	0.959 (0.825)
---	---	---	---	---	---	---	---	---
Promedio del despliegue	0.964	0.972	0.99	0.98	0.52	0.62	0.978 (0.874)	0.988 (0.904)

Promedio del despliegue (ppb)	Error				Precisión				Captura de datos (%)	
	RMSE (ppb)		Desv. est. (ppb)		CV (%)					
	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas
39.3	39.9	10.7	7.6	8.4	6.1	21.5	15.3	99	99	

Gráficos de regresión individuales para los dispositivos contra el equipo de referencia

Promedios de 1 hora (ppb)

Promedios de 8 horas (ppb)



Información del evaluador

Institución: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático-UNAM, Dirección de Monitoreo de la Calidad del Aire-SEDEMA

Ubicación del sitio de prueba: Laboratorio de Análisis Ambiental, Sur de los 100 metros, col. Nueva Vallejo, s/n, alcaldía Gustavo A. Madero, Ciudad de México
 Lat.: 19.4838° Long.: -99.1473° Altitud: 2255 m

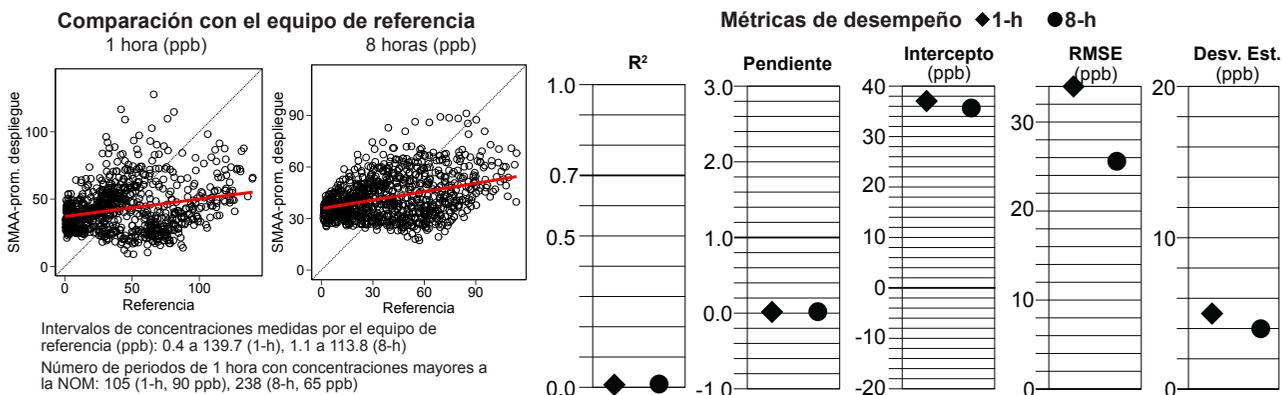
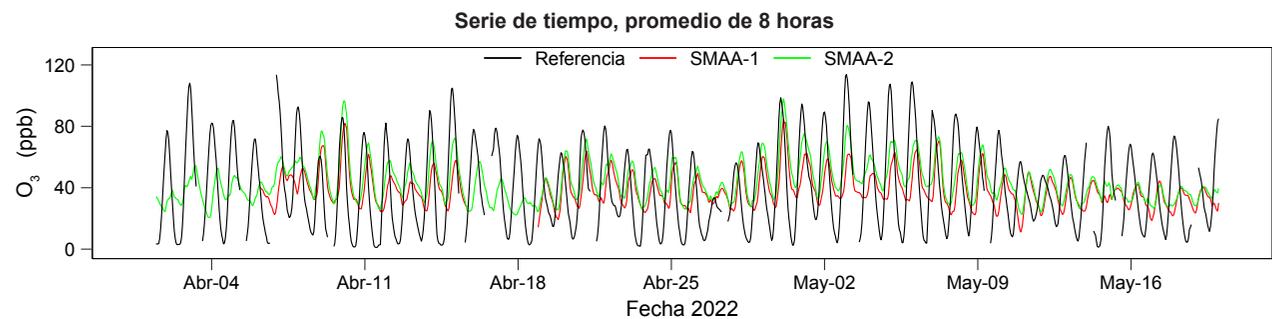
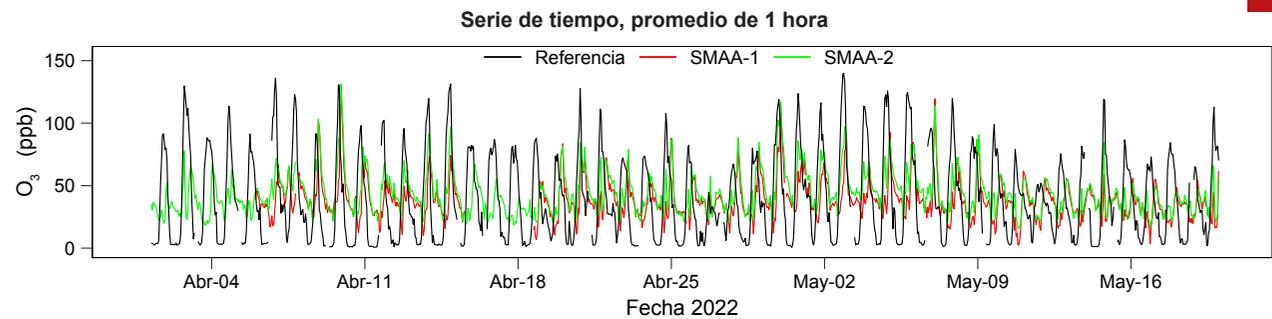
Información del dispositivo SMABILITY

Marca y modelo: SMABILITY modelo SMAA
Versión de firmware: 0.1
Intervalo de muestreo: 5 minutos
Números de serie: SMAA-1, SMAA-2
Problemas identificados durante el despliegue: No se identificaron problemas durante la operación.

Información del equipo de referencia para O₃

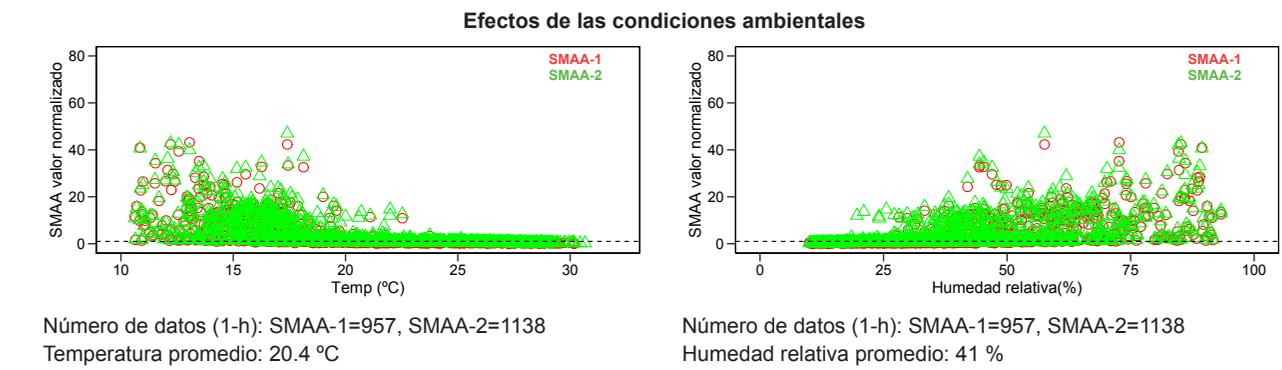
Marca y modelo: Teledyne API modelo T400
Número de serie: 1591
Intervalo de muestreo: 1 minuto
Fecha de calibración: 6 de abril de 2022
Observaciones: El instrumento operó sin problemas, se realizaron verificaciones de la respuesta del instrumento una vez cada seis días.

Temperatura y humedad ambientales durante el despliegue



Número de periodos de 1 hora fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0

Número de periodos de 1 hora fuera del límite de humedad relativa recomendado por el fabricante: 0



Dispositivos: SMABILITY - SMAA

Estadísticas

	Número de datos pareados		Promedio ± desv. est.		Mediana		Mín (Máx)	
	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas
Referencia (ppb)	957	932	38.9 ± 33.9	39.4 ± 26.8	31.5	35.3	0.4 (139.7)	1.1 (113.8)
SMAA-001 (ppb)	957	932	39.0 ± 16.2	39.1 ± 11.7	36.2	36.7	2.4 (124.1)	11.1 (84.5)
SMAA-002 (ppb)	957	932	45.3 ± 17.5	45.4 ± 13.6	42.7	42.6	15.8 (131.3)	22.9 (97.9)
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Resultados de la evaluación

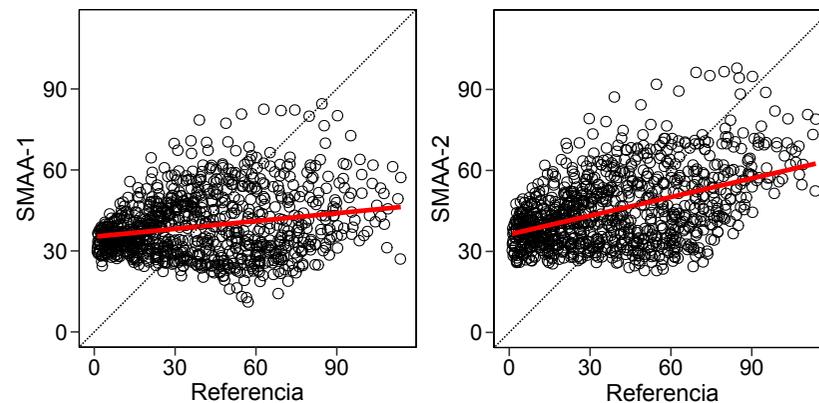
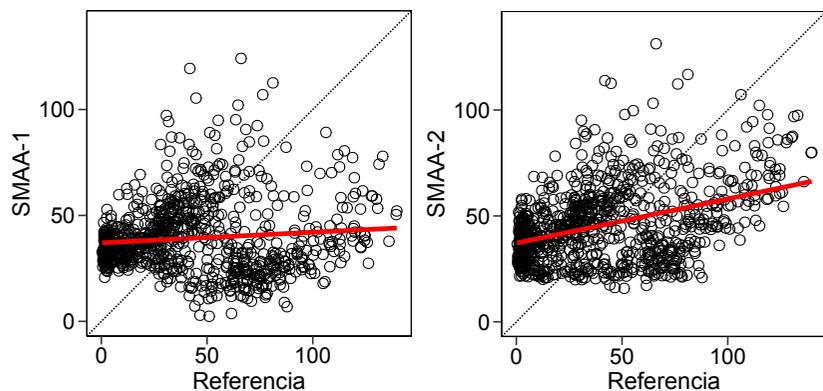
	Sesgo y linealidad							
	R ²		Pendiente		Intercepto (ppb)		Spearman (Kendall)	
	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas
SMAA-001	0.011	0.049	0.05	0.10	37.04	35.27	0.042 (0.060)	0.162 (0.115)
SMAA-002	0.163	0.207	0.21	0.23	37.15	36.30	0.336 (0.237)	0.396 (0.270)
---	---	---	---	---	---	---	---	---
Promedio del despliegue	0.071	0.125	0.13	0.16	37.10	35.79	0.209 (0.157)	0.299 (0.203)

Promedio del despliegue (ppb)		Error		Precisión				Captura de datos (%)	
		RMSE (ppb)		Desv. est. (ppb)		CV (%)			
1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas
42.1	42.2	34.0	25.7	5.0	4.0	11.8	9.4	83	84

Gráficos de regresión individuales para los dispositivos contra el equipo de referencia

Promedios de 1 hora (ppb)

Promedios de 8 horas (ppb)



Parametro: partículas menores a 10 µm (PM₁₀)

Sitio: LAA

Información del evaluador

Institución: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático-UNAM, Dirección de Monitoreo de la Calidad del Aire-SEDEMA

Ubicación del sitio de prueba: Laboratorio de Análisis Ambiental, Sur de los 100 metros, col. Nueva Vallejo, s/n, alcaldía Gustavo A. Madero, Ciudad de México
 Lat.: 19.4838° Long.: -99.1473° Altitud: 2255 m

Información del dispositivo CMM

Marca y modelo: CMM modelo Airlab

Versión de firmware: ---

Intervalo de muestreo: ~3 minutos

Números de serie: Airlab-1, Airlab-2

Problemas identificados durante el despliegue: Problemas de comunicación al inicio de la campaña, se atendió a la brevedad. Los promedios no son consistentes.

Información del equipo de referencia para PM₁₀

Marca y modelo: Teledyne API modelo T-API640x

Número de serie: 492

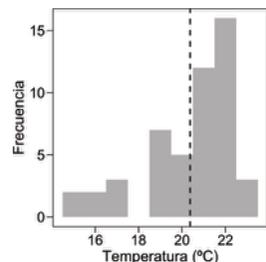
Intervalo de muestreo: 1 minuto

Fecha de calibración: 20 de enero de 2022

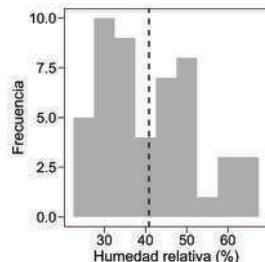
Fecha de verificación del flujo: 4 de marzo de 2022

Observaciones:

Temperatura y humedad ambientales durante el despliegue

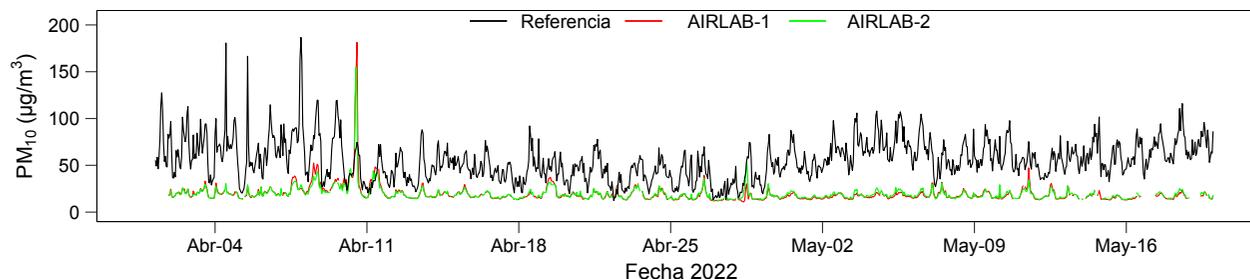


Número de períodos de 24 horas fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0

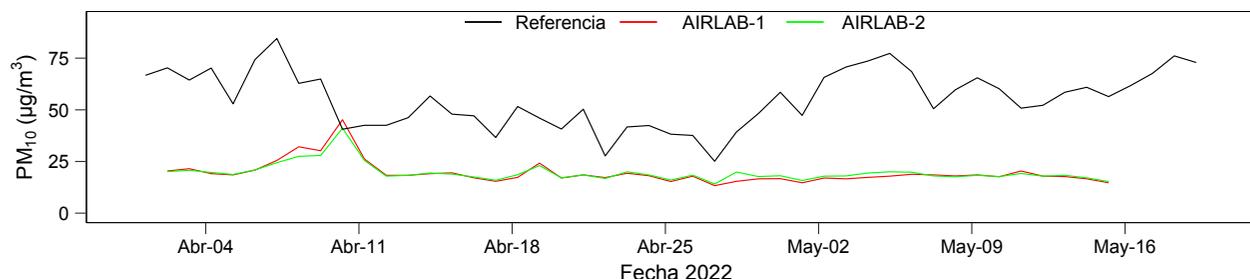


Número de períodos de 24 horas fuera del límite de humedad recomendado por el fabricante: 0

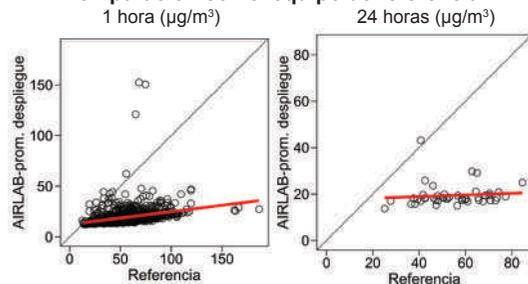
Serie de tiempo, promedio de 1 hora



Serie de tiempo, promedio de 24 horas

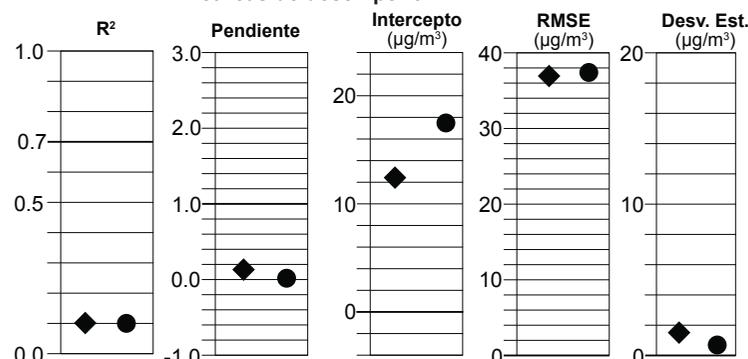


Comparación con el equipo de referencia

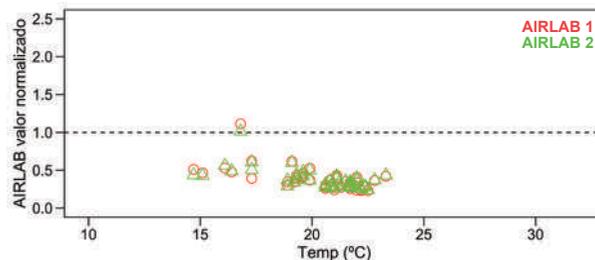


Intervalos de concentraciones medidas por el equipo de referencia (µg/m³): 12.4 a 186.6 (1-h), 25.1 - 84.5 (24-h)
 Número de períodos de 24 horas con concentraciones mayores a la NOM (>70 µg/m³): 7

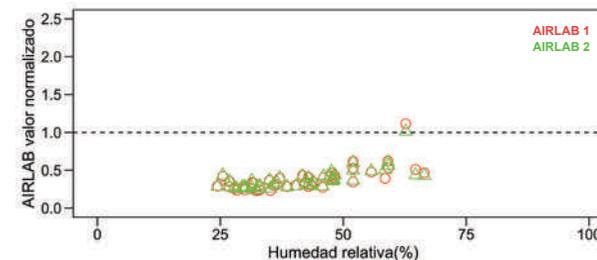
Métricas de desempeño ◆1-h ●24-h



Efecto de las condiciones ambientales



Número de datos (prom. 24-h): Airlab-1 = 46, Airlab-2 = 46
 Temperatura promedio: 20.4 °C



Número de datos (prom. 24-h): Airlab-1 = 46, Airlab-2 = 46
 Humedad relativa promedio: 41%

Dispositivos: CMM - Airlab

Estadísticas

	Número de datos pareados		Promedio ± desv. est.		Mediana		Mín (Máx)	
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas
Referencia (µg/m³)	1071	46	55.3 ± 21.4	54.6 ± 13.6	53.0	52.6	12.4 (186.6)	25.1 (84.5)
Airlab-1 (µg/m³)	1071	46	19.3 ± 9.3	19.3 ± 5.4	17.2	18.0	11.0 (181.3)	13.3 (45.2)
Airlab-2 (µg/m³)	1071	46	19.4 ± 7.9	19.5 ± 4.3	17.9	18.4	12.3 (155.0)	14.1 (41.1)
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Resultados de la evaluación

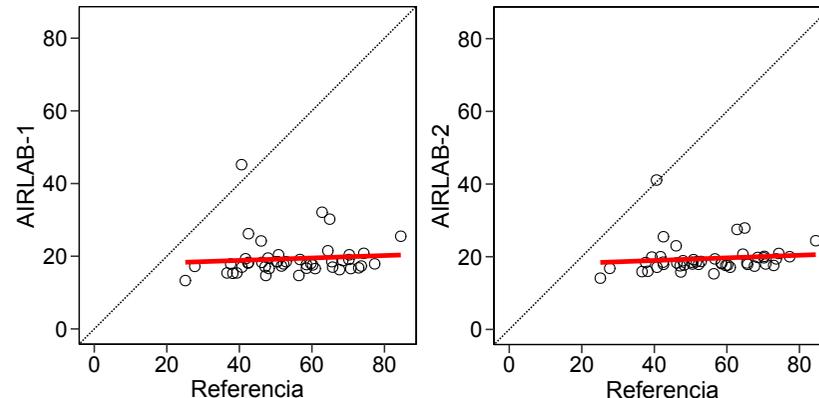
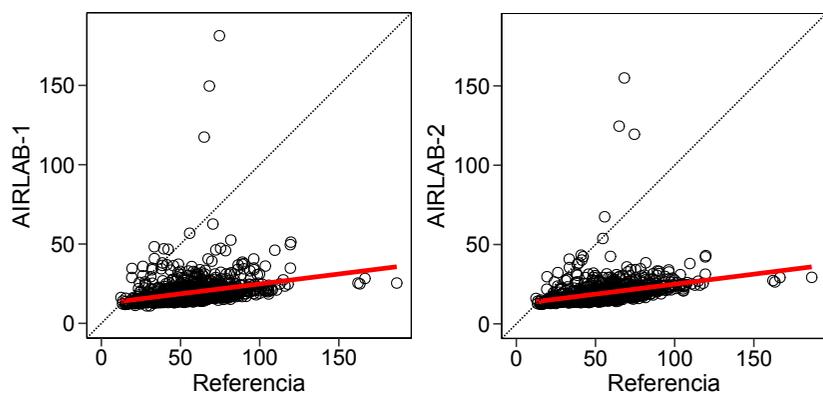
	Sesgo y linealidad							
	R ²		Pendiente		Intercepto (µg/m³)		Spearman (Kendall)	
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas
Airlab-1	0.083	0.007	0.12	0.03	12.35	17.50	0.540 (0.383)	0.211 (0.148)
Airlab-2	0.115	0.013	0.13	0.04	12.42	17.52	0.617 (0.451)	0.298 (0.208)
---	---	---	---	---	---	---	---	---
Promedio del despliegue	0.100	0.010	0.13	0.03	12.38	17.51	0.585 (0.421)	0.281 (0.182)

Promedio del despliegue (µg/m³)	Error				Precisión				Captura de datos (%)		
	RMSE (µg/m³)		NRMSE (%)		Desv. Est. (µg/m³)		CV (%)				
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	
19.3	19.4	41.3	37.8	74.8	69.3	1.5	0.7	8.0	3.7	90	94

Gráficos de regresión individuales para los dispositivos contra el equipo de referencia

Promedios de 1 hora (µg/m³)

Promedios de 24 horas (µg/m³)



Información del evaluador

Institución: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático-UNAM, Dirección de Monitoreo de la Calidad del Aire-SEDEMA

Ubicación del sitio de prueba: Laboratorio de Análisis Ambiental, Sur de los 100 metros, col. Nueva Vallejo, s/n, alcaldía Gustavo A. Madero, Ciudad de México
 Lat.: 19.4838° Long.: -99.1473° Altitud: 2255 m

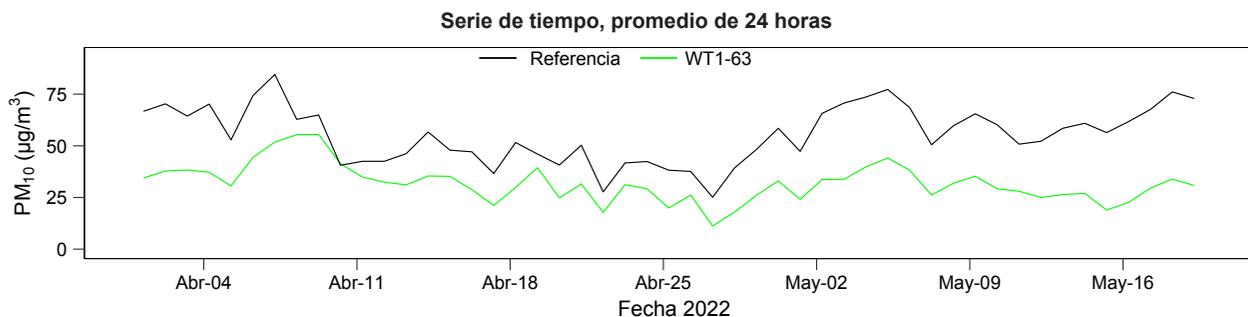
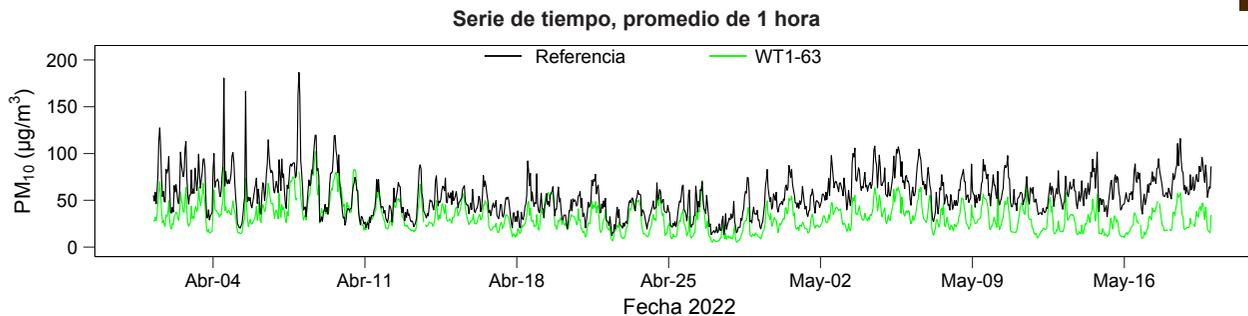
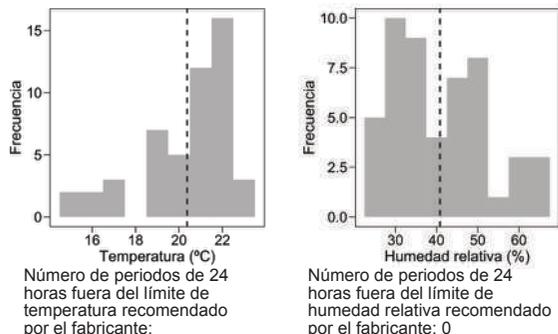
Información del dispositivo ELLONA

Marca y modelo: Ellona modelo WT1
Versión de firmware: 1.19
Intervalo de muestreo: 1 minuto
Números de serie: 30062, 30063
Problemas identificados durante el despliegue: Falla en el dispositivo 30062. No se realizó la evaluación de desempeño para el parámetro.

Información del equipo de referencia para PM₁₀

Marca y modelo: Teledyne API modeloT-API640x
Número de serie: 492
Intervalo de muestreo: 1 minuto
Fecha de calibración: 20 de enero de 2022
Fecha de verificación del flujo: 4 de marzo de 2022
Observaciones: La respuesta del equipo se ajustó contra un FRM.

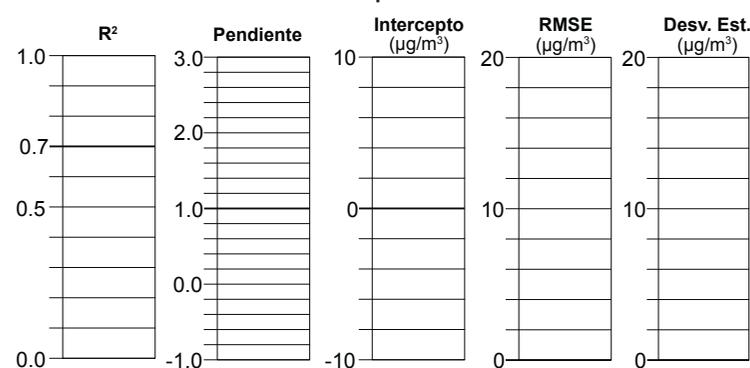
Temperatura y humedad ambientales durante el despliegue



Comparación con el equipo de referencia

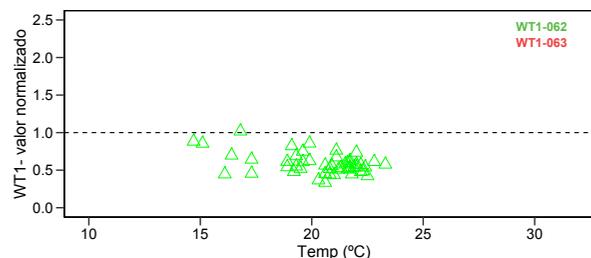
1 hora (µg/m³) 24 horas (µg/m³)

Métricas de desempeño

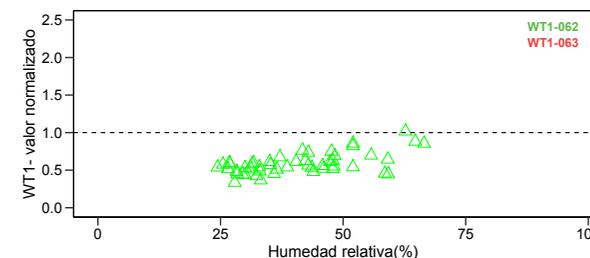


Intervalos de concentraciones medidas por el equipo de referencia (µg/m³): 12.4 a 186.6 (1-h), 25.1 - 84.5 (24-h)
 Número de periodos de 24 horas con concentraciones mayores a la NOM (>70 µg/m³): 7

Efectos de las condiciones ambientales



Número de datos (prom. 24-h): WT1-063=49
 Temperatura promedio: 20.4°C



Número de datos (prom. 24-h): WT1-063=49
 Humedad relativa promedio: 41%

Dispositivos: ELLONA - WT1

Estadísticas

	Número de datos pareados		Promedio ± desv. est.		Mediana		Mín (Máx)	
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas
Referencia (µg/m³)	---	---	---	---	---	---	---	---
WT1-062 (µg/m³)	---	---	---	---	---	---	---	---
WT1-063 (µg/m³)	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---

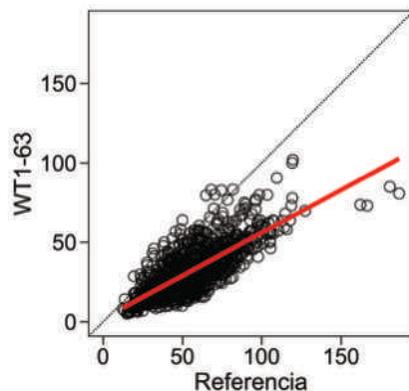
Resultados de la evaluación

	Sesgo y linealidad							
	R ²		Pendiente		Intercepto (µg/m³)		Spearman (Kendall)	
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas
WT1-062	---	---	---	---	---	---	---	---
WT2-063	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---
Promedio del despliegue	---	---	---	---	---	---	---	---

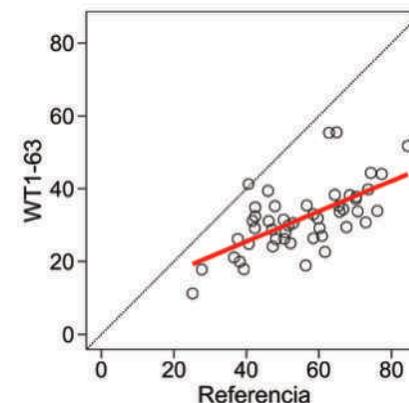
Promedio del despliegue (µg/m³)	Error				Precisión				Captura de datos (%)		
	RMSE (µg/m³)		NRMSE (%)		Desv. est. (µg/m³)		CV (%)				
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Gráficos de regresión individuales para los dispositivos contra el equipo de referencia

Promedios de 1 hora (µg/m³)



Promedios de 24 horas (µg/m³)



Información del evaluador

Institución: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático-UNAM, Dirección de Monitoreo de la Calidad del Aire-SEDEMA

Ubicación del sitio de prueba: Laboratorio de Análisis Ambiental, Sur de los 100 metros, col. Nueva Vallejo, s/n, alcaldía Gustavo A. Madero, Ciudad de México
 Lat.: 19.4838° Long.: -99.1473° Altitud: 2255 m

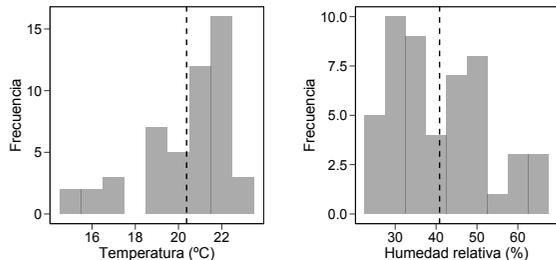
Información del dispositivo ENVEA

Marca y modelo: ENVEA modelo CAIRNET
Versión de firmware: 1.2.3
Intervalo de muestreo: 1 minutos
Números de serie: CXM22020313, CXM22020314
Problemas identificados durante el despliegue: No se identificaron problemas durante la operación.

Información del equipo de referencia para PM₁₀

Marca y modelo: Teledyne API modelo T-API640x
Número de serie: 492
Intervalo de muestreo: 1 minuto
Fecha de calibración: 20 de enero de 2022
Fecha de verificación del flujo: 4 de marzo de 2022
Observaciones: La respuesta del equipo se ajustó contra un FRM.

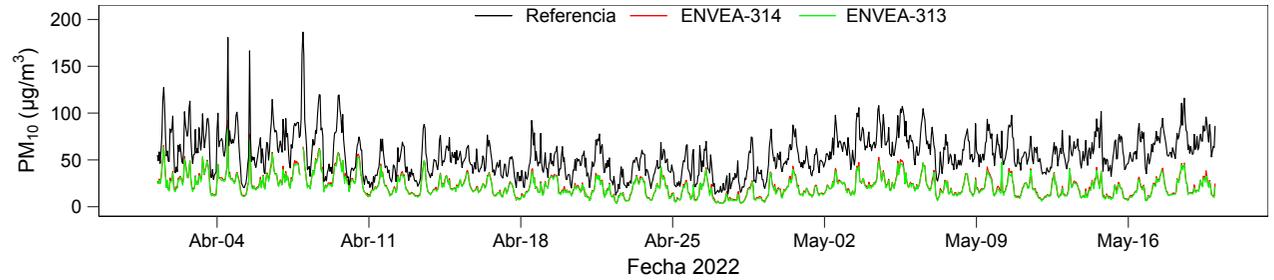
Temperatura y humedad ambientales durante el despliegue



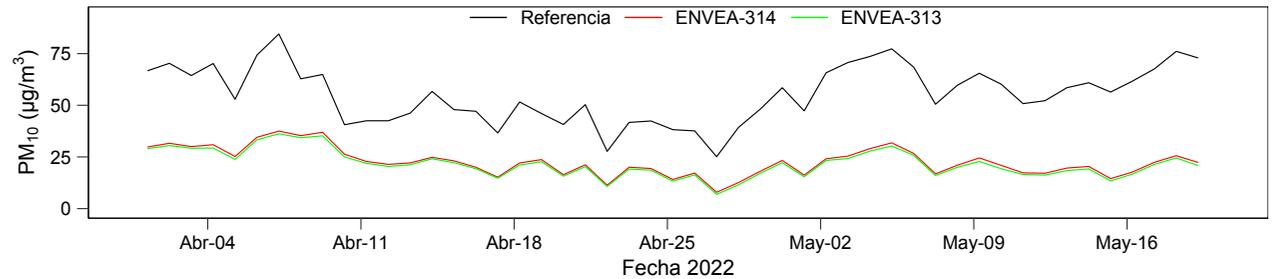
Número de periodos de 24 horas fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0

Número de periodos de 24 horas fuera del límite de humedad relativa recomendado por el fabricante: 0

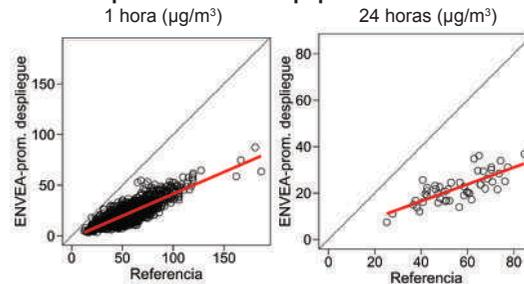
Serie de tiempo, promedio de 1 hora



Serie de tiempo, promedio de 24 horas

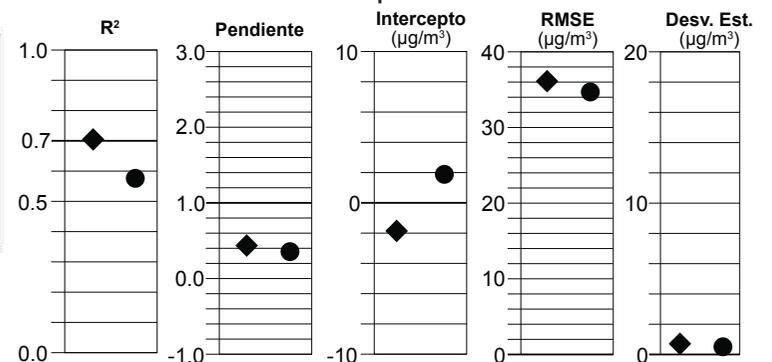


Comparación con el equipo de referencia

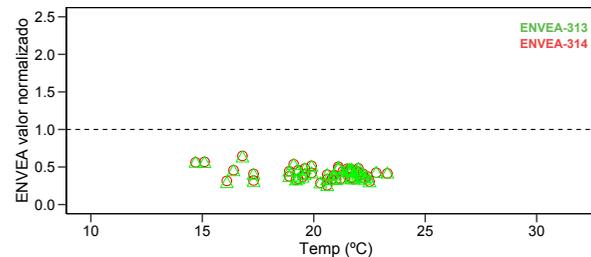


Intervalos de concentraciones medidas por el equipo de referencia (µg/m³): 12.4 a 186.6 (1-h), 25.1 - 84.5 (24-h)
 Número de periodos de 24 horas con concentraciones mayores a la NOM (>70 µg/m³): 7

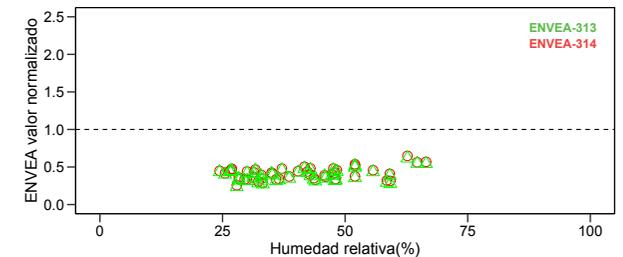
Métricas de desempeño



Efectos de las condiciones ambientales



Número de datos (prom. 24-h): Envea-313=49, Envea-314=49
 Temperatura promedio: 20.4°C



Número de datos (prom. 24-h): Envea-313=49, Envea-314=49
 Humedad relativa promedio: 41%

Dispositivos: ENVEA - CAIRNET

Estadísticas

	Número de datos pareados		Promedio ± desv. est.		Mediana		Mín (Máx)	
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas
Referencia (µg/m ³)	1184	49	55.5 ± 21.4	55.4 ± 13.7	53.7	56.4	12.4 (186.6)	25.1 (84.5)
ENVEA-314 (µg/m ³)	1184	49	22.6 ± 11.2	22.6 ± 6.6	20.9	22.1	3.7 (92.5)	7.9 (37.5)
ENVEA-313 (µg/m ³)	1184	49	21.6 ± 10.9	21.6 ± 6.5	19.8	21.1	3.3 (82.2)	6.9 (36.2)
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Resultados de la evaluación

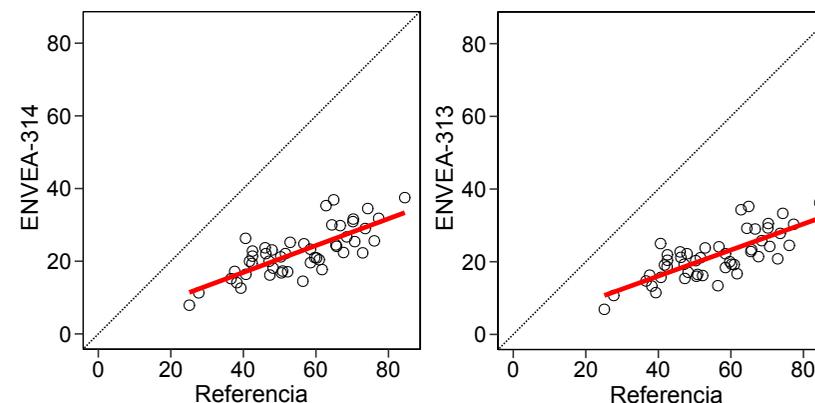
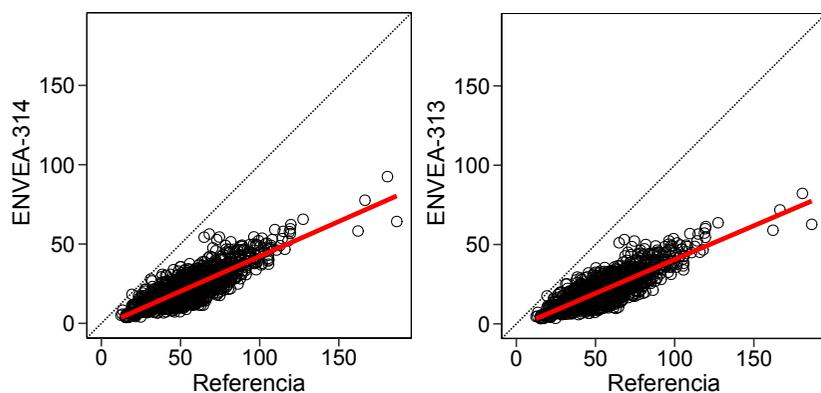
	Sesgo y linealidad							
	R ²		Pendiente		Intercepto (µg/m ³)		Spearman (Kendall)	
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas
ENVEA-314	0.709	0.583	0.44	0.37	-1.80	2.14	0.801 (0.611)	0.739 (0.542)
ENVEA-313	0.701	0.571	0.43	0.36	-2.07	1.71	0.795 (0.605)	0.728 (0.535)
---	---	---	---	---	---	---	---	---
Promedio del despliegue	0.706	0.577	0.43	0.36	-1.93	1.93	0.798 (0.608)	0.732 (0.538)

Promedio del despliegue (µg/m ³)	Error				Precisión				Captura de datos (%)		
	RMSE (µg/m ³)		NRMSE (%)		Desv. est. (µg/m ³)		CV (%)				
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	
22.1	22.1	36.1	34.7	64.9	62.6	0.7	0.5	3.3	2.5	100	100

Gráficos de regresión individuales para los dispositivos contra el equipo de referencia

Promedios de 1 hora (µg/m³)

Promedios de 24 horas (µg/m³)



Información del evaluador

Institución: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático-UNAM, Dirección de Monitoreo de la Calidad del Aire-SEDEMA

Ubicación del sitio de prueba: Laboratorio de Análisis Ambiental, Sur de los 100 metros, col. Nueva Vallejo, s/n, alcaldía Gustavo A. Madero, Ciudad de México
 Lat.: 19.4838° Long.: -99.1473° Altitud: 2255 m

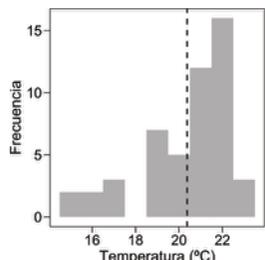
Información del dispositivo KUNAK

Marca y modelo: KUNAK modelo AIR Pro
Versión de firmware: 1.255.120
Intervalo de muestreo: 5 minutos
Números de serie: 0321350086 y 0321240044
Problemas identificados durante el despliegue: No se identificaron problemas durante la operación.

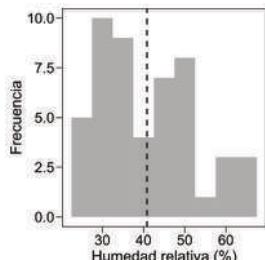
Información del equipo de referencia para PM₁₀

Marca y modelo: Teledyne API modelo T-API640x
Número de serie: 492
Intervalo de muestreo: 1 minutos
Fecha de calibración: 20 de enero de 2022
Fecha de verificación del flujo: 4 de marzo de 2022
Observaciones: La respuesta del equipo se ajustó contra un FRM.

Temperatura y humedad ambientales durante el despliegue

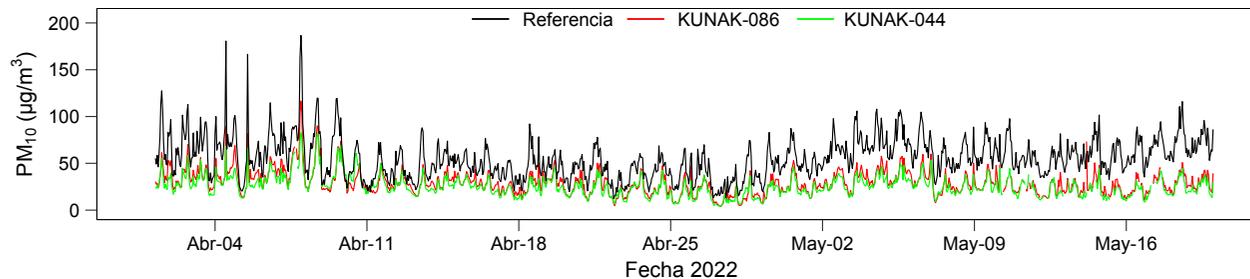


Número de periodos de 24 horas fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0

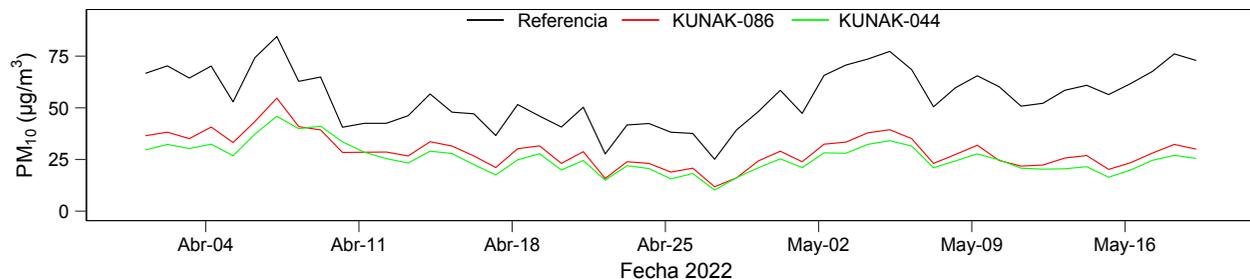


Número de periodos de 24 horas fuera del límite de humedad relativa recomendado por el fabricante: 0

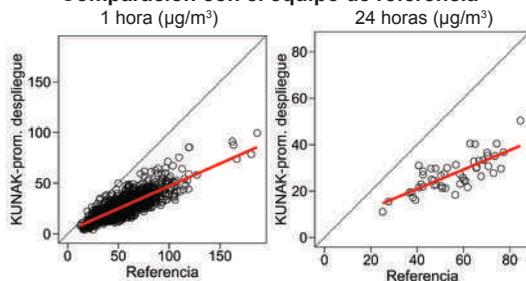
Serie de tiempo, promedio de 1 hora



Serie de tiempo, promedio de 24 horas

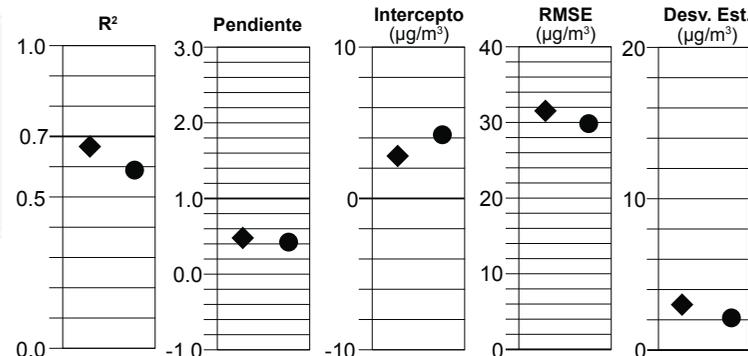


Comparación con el equipo de referencia

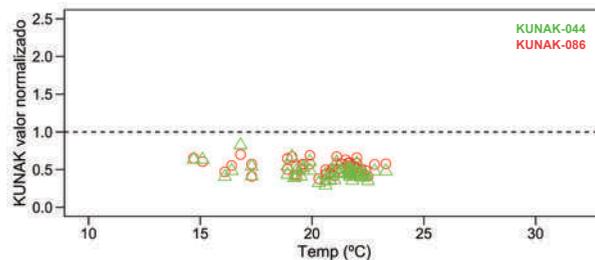


Intervalos de concentraciones medidas por el equipo de referencia (µg/m³): 12.4 a 186.6 (1-h), 25.1 - 84.5 (24-h)
 Número de periodos de 24 horas con concentraciones mayores a la NOM (>70 µg/m³): 7

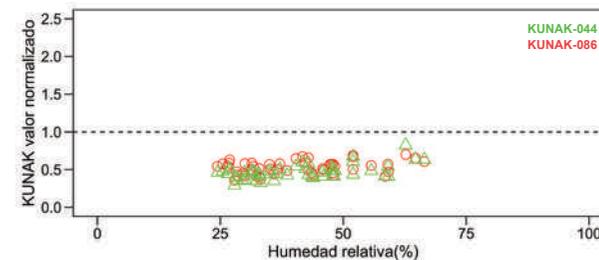
Métricas de desempeño ◆ 1-h ● 24-h



Efectos de las condiciones ambientales



Número de datos (prom. 24-h): Kunak-086=49, Kunak-044=49
 Temperatura promedio: 20.4°C



Número de datos (prom. 24-h): Kunak-086=49, Kunak-044=49
 Humedad relativa promedio: 41%

Dispositivos: KUNAK - AIR Pro

Estadísticas

	Número de datos pareados		Promedio ± desv. est.		Mediana		Mín (Máx)	
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas
Referencia (µg/m ³)	1147	49	55.5 ± 21.8	55.4 ± 13.7	53.6	56.4	12.4 (186.6)	25.1 (84.5)
KUNAK-086 (µg/m ³)	1147	49	29.2 ± 13.0	29.1 ± 8.0	27.2	28.5	4.2 (116.5)	11.8 (54.7)
KUNAK-044 (µg/m ³)	1147	49	25.7 ± 11.1	25.6 ± 7.1	24.4	24.8	4.0 (82.7)	10.2 (45.9)
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Resultados de la evaluación

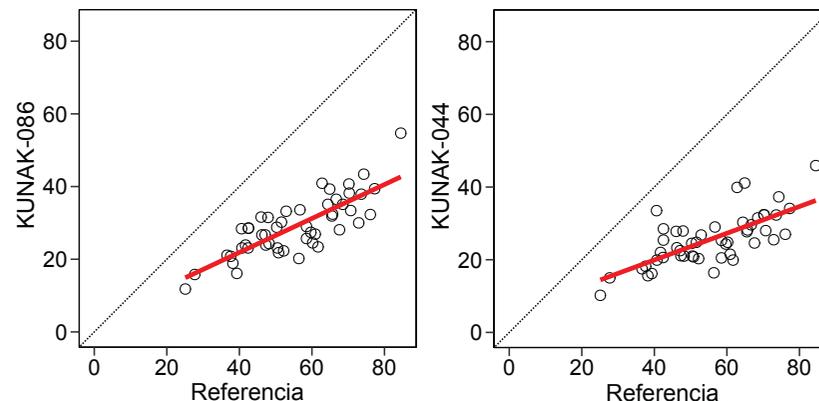
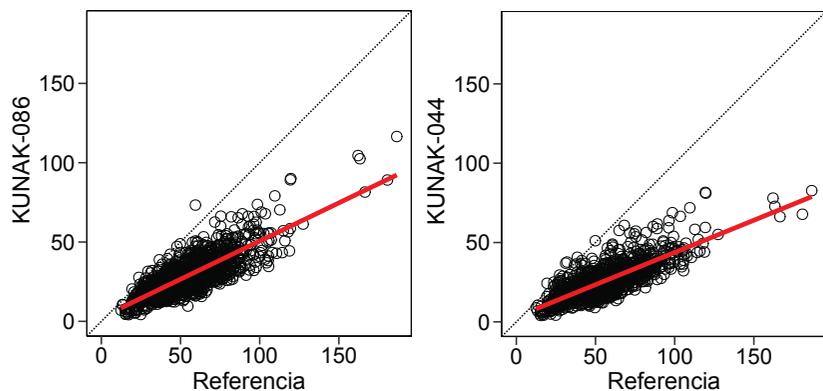
	Sesgo y linealidad							
	R ²		Pendiente		Intercepto (µg/m ³)		Spearman (Kendall)	
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas
KUNAK-086	0.651	0.641	0.48	0.47	2.49	3.18	0.771 (0.577)	0.772 (0.577)
KUNAK-044	0.632	0.505	0.41	0.37	3.12	5.21	0.767 (0.578)	0.680 (0.503)
---	---	---	---	---	---	---	---	---
Promedio del despliegue	0.664	0.589	0.44	0.42	2.80	4.20	0.781 (0.587)	0.727 (0.537)

Promedio del despliegue (µg/m ³)	Error				Precisión				Captura de datos (%)		
	RMSE (µg/m ³)		NRMSE (%)		Desv. est. (µg/m ³)		CV (%)				
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	
27.4	27.3	31.5	29.6	56.7	53.5	3.0	2.1	10.9	7.8	97	100

Gráficos de regresión individuales para los dispositivos contra el equipo de referencia

Promedios de 1 hora (µg/m³)

Promedios de 24 horas (µg/m³)



Información del evaluador

Institución: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático-UNAM, Dirección de Monitoreo de la Calidad del Aire-SEDEMA

Ubicación del sitio de prueba: Laboratorio de Análisis Ambiental, Sur de los 100 metros, col. Nueva Vallejo, s/n, alcaldía Gustavo A. Madero, Ciudad de México
 Lat.: 19.4838° Long.: -99.1473° Altitud: 2255 m

Información del dispositivo PurpleAir

Marca y modelo: PurpleAir modelo PA-II-SD
Versión de firmware: 6.01

Intervalo de muestreo: 2 minutos

Números de serie (MAC): 10:52:1C:41:35:CB, C4:5B:BE:44:89:66, 10:52:1C:4D:E0:C0.

Problemas identificados durante el despliegue:
 Las mediciones se realizaron a partir del 9 de abril de 2022.

Información del equipo de referencia para PM₁₀

Marca y modelo: Teledyne API modelo T-API640x
Número de serie: 492

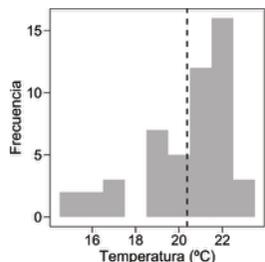
Intervalo de muestreo: 1 minuto

Fecha de calibración: 20 de enero de 2022

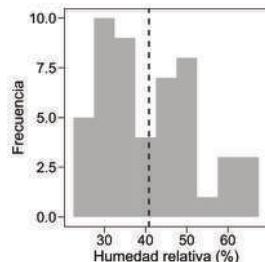
Fecha de verificación del flujo: 4 de marzo de 2022

Observaciones: La respuesta del equipo se ajustó contra un FRM.

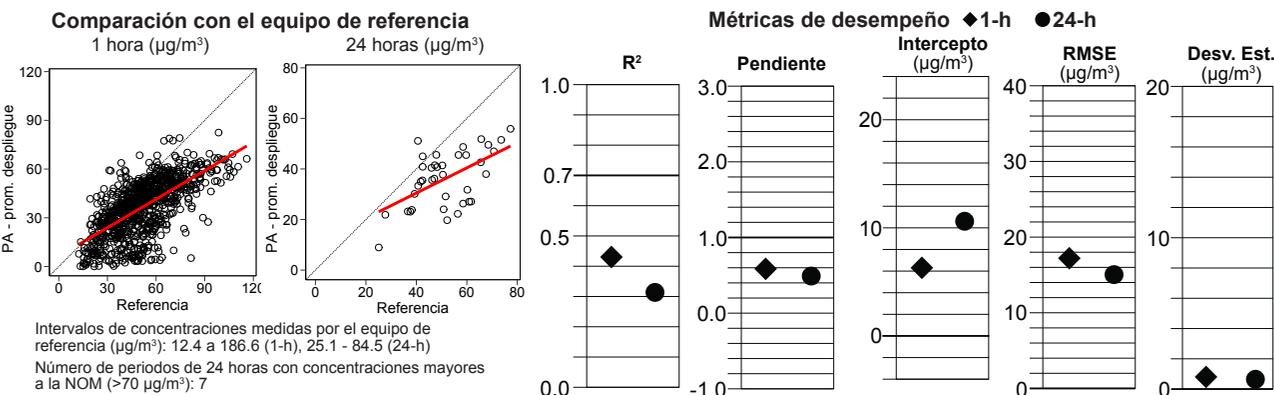
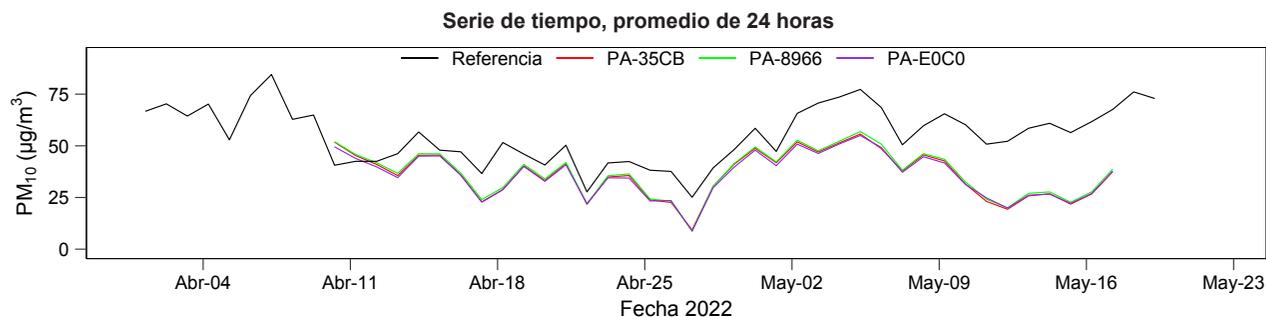
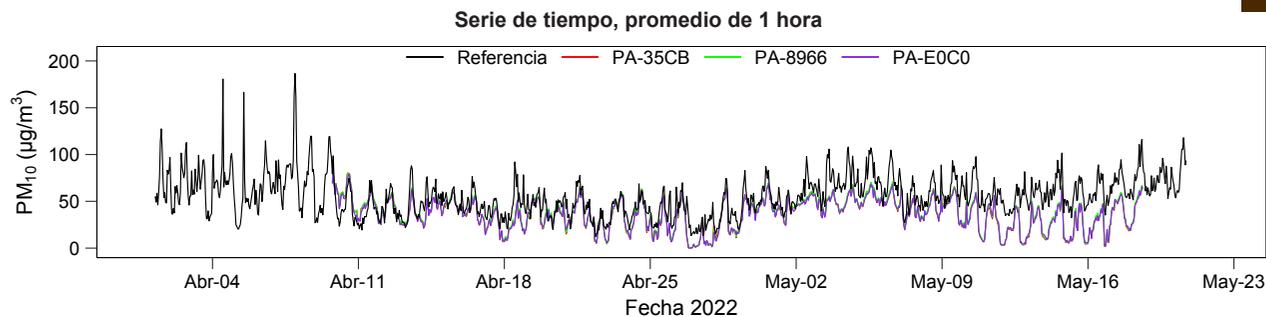
Temperatura y humedad ambientales durante el despliegue



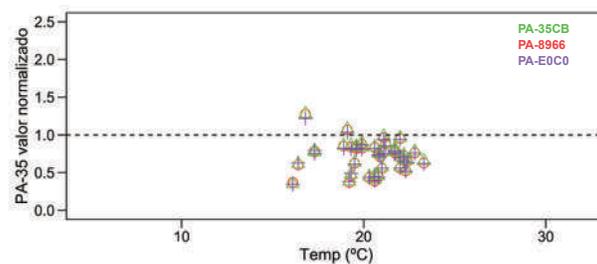
Número de períodos de 24 horas fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante:



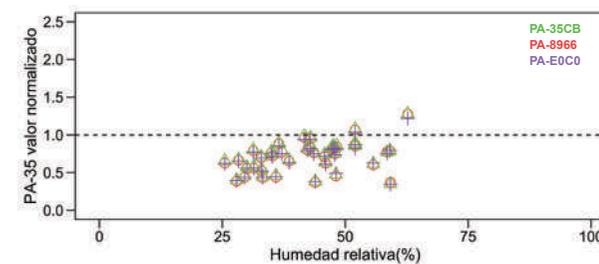
Número de períodos de 24 horas fuera del límite de humedad relativa recomendado por el fabricante: 0



Efectos de las condiciones ambientales



Número de datos (prom. 24-h): PA-35CB=38, PA-8966=38, PA-E0C0=38
 Temperatura promedio: 20.3 °C



Número de datos (prom. 24-h): PA-35CB=38, PA-8966=38, PA-E0C0=38
 Humedad relativa promedio: 41 %

Dispositivos: PurpleAir - PA-II-SD

Estadísticas

	Número de datos pareados		Promedio ± desv. est.		Mediana		Mín (Máx)	
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas
Referencia (µg/m³)	932	38	51.8 ± 18.6	51.4 ± 12.4	50.2	50.4	12.4 (115.9)	25.1 (77.3)
PA-35CB (µg/m³)	932	38	36.6 ± 16.9	36.1 ± 11.1	38.5	36.7	0.10 (82.6)	9.3 (55.7)
PA-8966 (µg/m³)	932	38	37.3 ± 16.9	36.8 ± 11.2	39.3	37.5	0.10 (83.3)	8.8 (56.9)
PA-E0C0 (µg/m³)	932	38	36.1 ± 16.3	35.6 ± 10.7	37.7	36.5	0.10 (81.5)	8.7 (55.0)

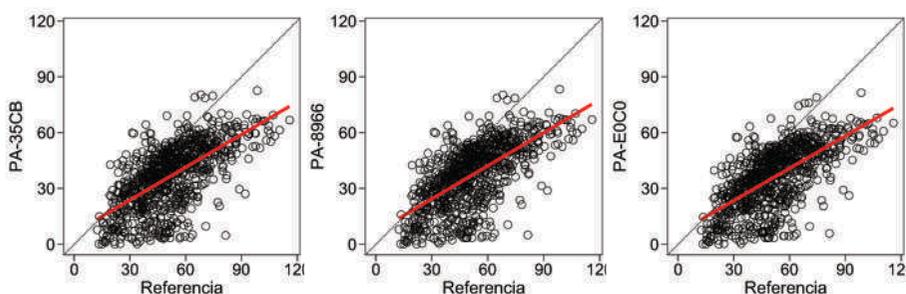
Resultados de la evaluación

	Sesgo y linealidad							
	R ²		Pendiente		Intercepto (µg/m³)		Spearman (Kendall)	
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas
PA-35CB	0.416	0.296	0.59	0.49	6.24	10.91	0.655 (0.475)	0.482 (0.379)
PA-8966	0.426	0.317	0.59	0.51	6.59	10.56	0.663 (0.483)	0.494 (0.389)
PA-E0C0	0.434	0.326	0.58	0.49	6.17	10.22	0.668 (0.488)	0.494 (0.389)
Promedio del despliegue	0.426	0.313	0.59	0.50	6.34	10.56	0.662 (0.482)	0.493 (0.386)

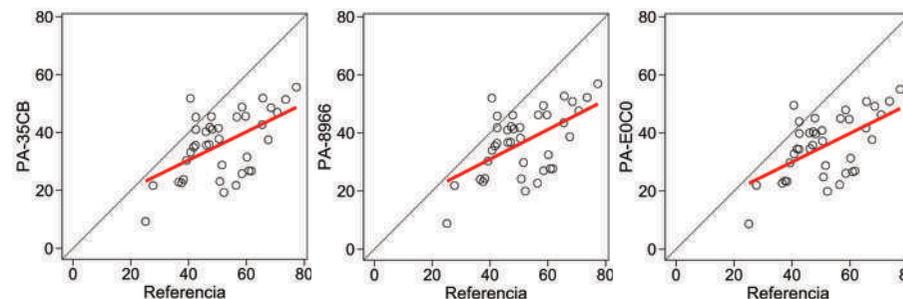
Promedio del despliegue (µg/m³)	Error				Precisión				Captura de datos (%)			
	RMSE (µg/m³)		NRMSE (%)		Desv. est. (µg/m³)		CV (%)					
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas		
	36.7	36.2	17.2	15.2	33.2	29.6	0.8	0.6	2.1	1.7	78	78

Gráficos de regresión individuales para los dispositivos contra el equipo de referencia

Promedios de 1 hora (µg/m³)



Promedios de 24 horas (µg/m³)



Información del evaluador

Institución: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático-UNAM, Dirección de Monitoreo de la Calidad del Aire-SEDEMA

Ubicación del sitio de prueba: Laboratorio de Análisis Ambiental, Sur de los 100 metros, col. Nueva Vallejo, s/n, alcaldía Gustavo A. Madero, Ciudad de México
 Lat.: 19.4838° Long.: -99.1473° Altitud: 2255 m

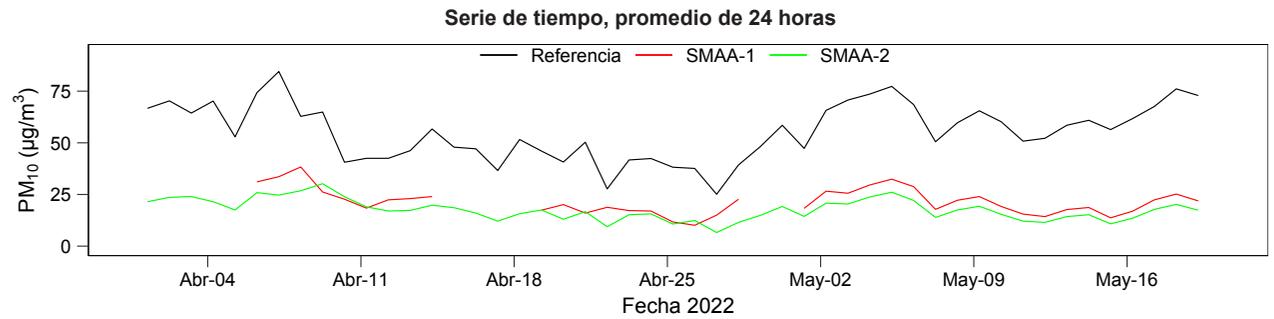
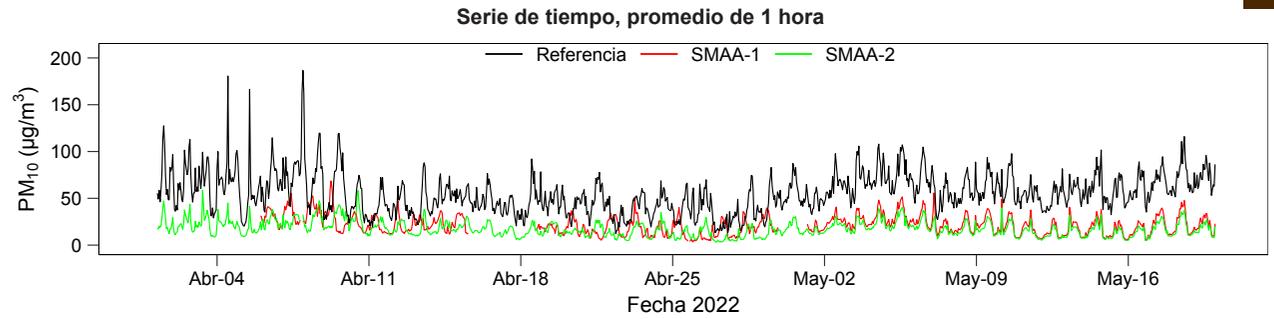
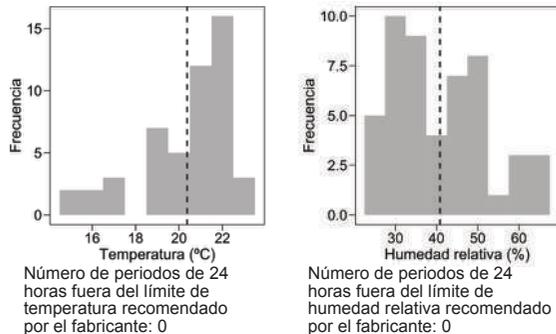
Información del dispositivo SMABILITY

Marca y modelo: SMABILITY modelo SMAA
Versión de firmware: 0.1
Intervalo de muestreo: 5 minutos
Números de serie: SMAA-1, SMAA-2
Problemas identificados durante el despliegue:
 No se identificaron problemas durante la operación.

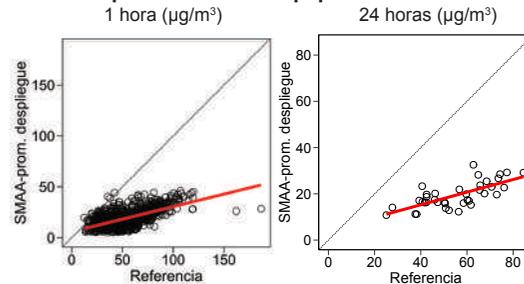
Información del equipo de referencia para PM₁₀

Marca y modelo: Teledyne API modelo T-API640x
Número de serie: 492
Intervalo de muestreo: 1 minuto
Fecha de calibración: 20 de enero de 2022
Fecha de verificación del flujo: 4 de marzo de 2022
Observaciones: La respuesta del equipo se ajustó contra un FRM.

Temperatura y humedad ambientales durante el despliegue

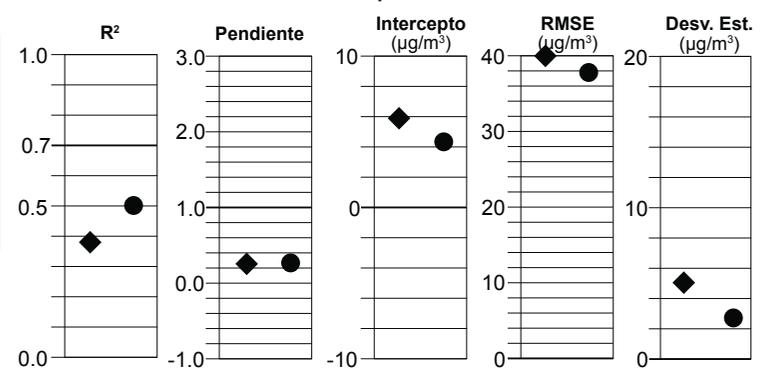


Comparación con el equipo de referencia

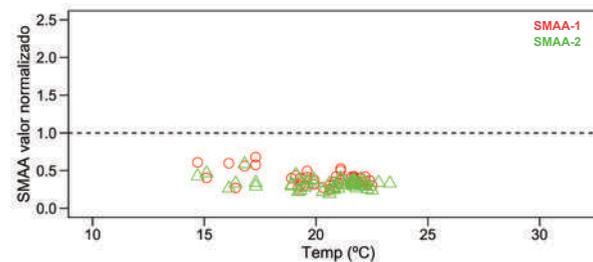


Intervalos de concentraciones medidas por el equipo de referencia (µg/m³): 12.4 a 186.6 (1-h), 25.1 - 84.5 (24-h)
 Número de periodos de 24 horas con concentraciones mayores a la NOM (>70 µg/m³): 7

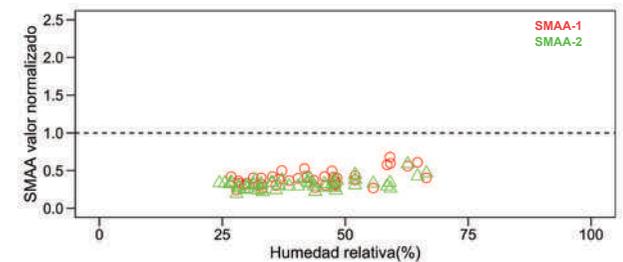
Métricas de desempeño



Efectos de las condiciones ambientales



Número de datos (prom. 24-h): SMAA-1= 38, SMAA-2=49
 Temperatura promedio: 20.4°C



Número de datos (prom. 24-h): SMAA-1= 38, SMAA-2=49
 Humedad relativa promedio: 41%

Dispositivos: SMABILITY - SMAA

Estadísticas

	Número de datos pareados		Promedio ± desv. est.		Mediana		Mín (Máx)	
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas
Referencia (µg/m ³)	996	38	55.3 ± 21.0	55. ± 14.5	54.3	56.6	12.4 (186.6)	25.1 (84.5)
SMAA-1 (µg/m ³)	996	38	21.6 ± 10.5	21.5 ± 6.3	20.1	21.0	3.4 (68.5)	10.1 (38.3)
SMAA-2 (µg/m ³)	996	38	17.4 ± 8.4	17.4 ± 5.4	16.5	17.2	3.2 (58.3)	6.6 (30.2)
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Resultados de la evaluación

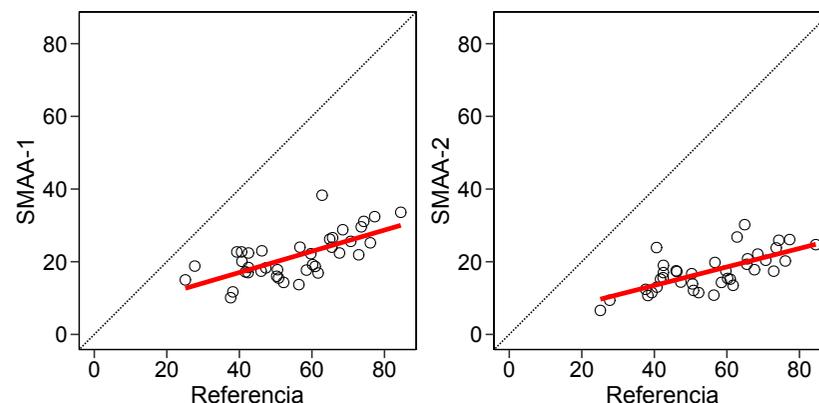
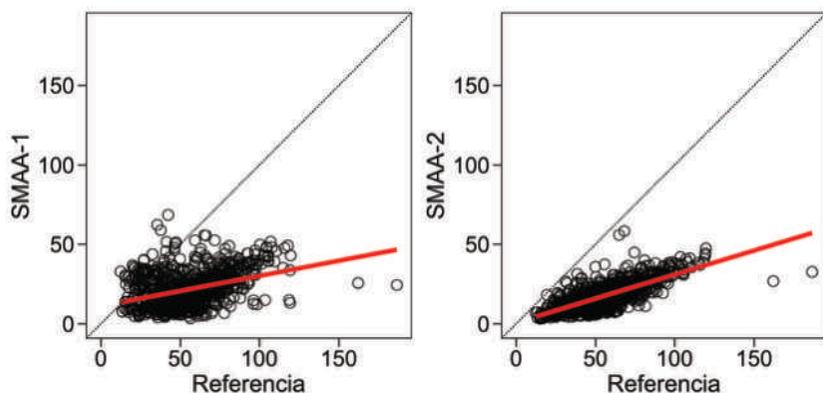
	Sesgo y linealidad							
	R ²		Pendiente		Intercepto (µg/m ³)		Spearman (Kendall)	
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas
SMAA-1	0.146	0.456	0.19	0.29	11.10	5.36	0.365 (0.264)	0.664 (0.466)
SMAA-2	0.569	0.469	0.30	0.25	0.77	3.30	0.738 (0.553)	0.689 (0.501)
---	---	---	---	---	---	---	---	---
Promedio del despliegue	0.382	0.503	0.25	0.27	5.93	4.33	0.580 (0.419)	0.691 (0.486)

Promedio del despliegue (µg/m ³)	Error				Precisión				Captura de datos (%)			
	RMSE (µg/m ³)		NRMSE (%)		Desv. est. (µg/m ³)		CV (%)					
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas		
	19.5	19.4	40.0	37.6	72.3	68.1	5.0	2.7	25.4	13.8	84	78

Gráficos de regresión individuales para los dispositivos contra el equipo de referencia

Promedios de 1 hora (µg/m³)

Promedios de 24 horas (µg/m³)



Información del evaluador

Institución: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático-UNAM, Dirección de Monitoreo de la Calidad del Aire-SEDEMA

Ubicación del sitio de prueba: Laboratorio de Análisis Ambiental, Sur de los 100 metros, col. Nueva Vallejo, s/n, alcaldía Gustavo A. Madero, Ciudad de México
 Lat.: 19.4838° Long.: -99.1473° Altitud: 2255 m

Información del dispositivo DIY

Marca y modelo: DIY modelo YERA

Versión de firmware: 0.1.0

Intervalo de muestreo: 1 minuto

Números de serie: YERA-1, YERA-2, YERA-3

Problemas identificados durante el despliegue: El monitoreo inició hasta el 14 de abril de 2022.

Información del equipo de referencia para PM₁₀

Marca y modelo: Teledyne API modelo T-API640x

Número de serie: 492

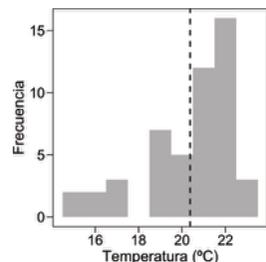
Intervalo de muestreo: 1 minuto

Fecha de calibración: 20 de enero de 2022

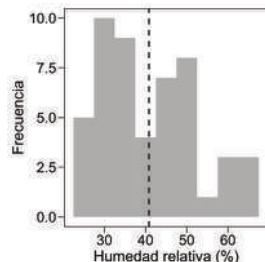
Fecha de verificación del flujo: 4 de marzo de 2022

Observaciones: La respuesta del equipo se ajustó contra un FRM.

Temperatura y humedad ambientales durante el despliegue

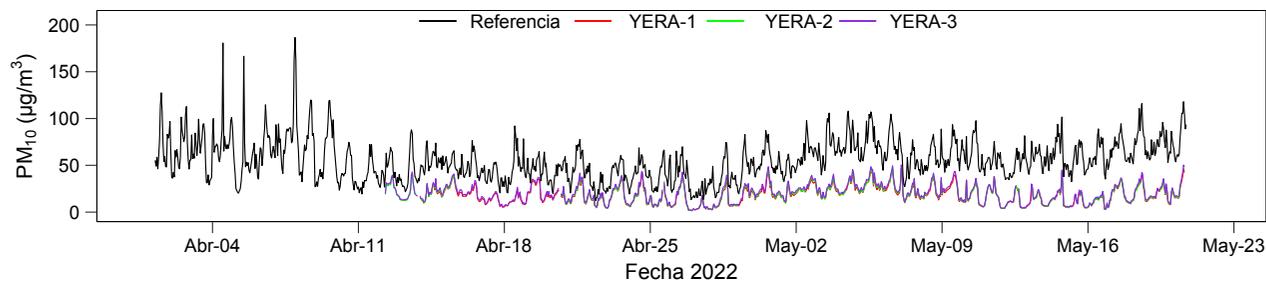


Número de periodos de 24 horas fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0

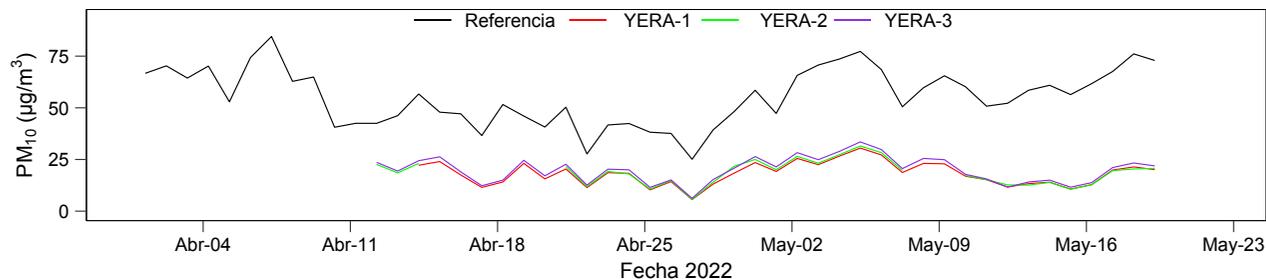


Número de periodos de 24 horas fuera del límite de humedad relativa recomendado por el fabricante: 0

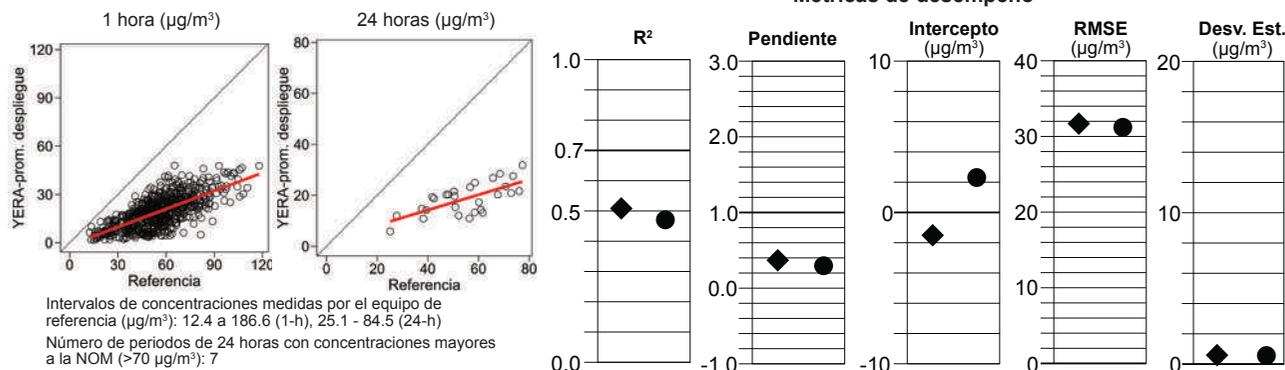
Serie de tiempo, promedio de 1 hora



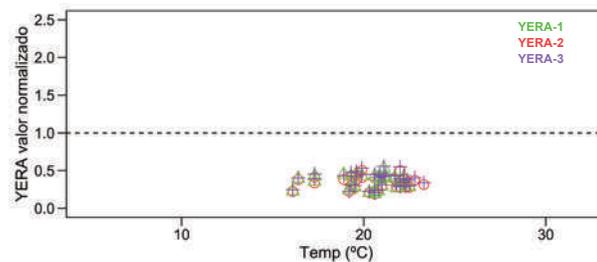
Serie de tiempo, promedio de 24 horas



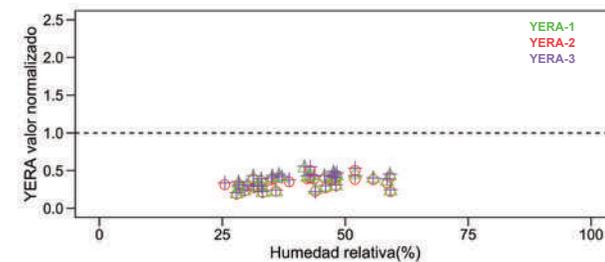
Métricas de desempeño



Efectos de las condiciones ambientales



Número de datos (prom. 24-h): YERA-1=36, YERA-2=30, YERA3=38
 Temperatura promedio: 20.4°C



Número de datos (prom. 24-h): YERA-1=36, YERA-2=30, YERA3=38
 Humedad relativa promedio: 41 %

Dispositivos: DIY - YERA

Estadísticas

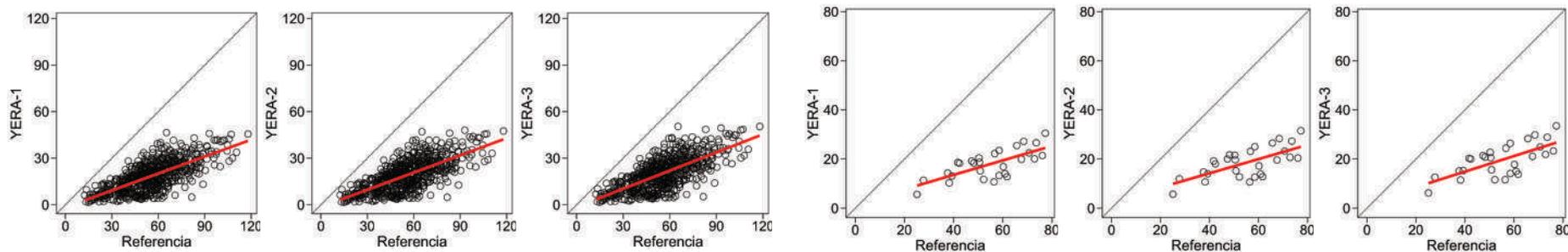
	Número de datos pareados		Promedio \pm desv. est.		Mediana		Mín (Máx)	
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas
Referencia ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	691	28	54.8 \pm 18.8	54.9 \pm 14.2	54.6	56.6	12.4 (117.9)	25.1 (77.3)
YERA-01 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	691	28	18.2 \pm 9.5	17.9 \pm 5.9	17.6	18.5	1.5 (46.5)	5.6 (30.5)
YERA-02 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	691	28	18.8 \pm 9.9	18.5 \pm 6.2	18.3	19.4	1.5 (48.0)	5.7 (31.5)
YERA-03 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	691	28	20.0 \pm 10.4	19.6 \pm 6.6	19.4	20.5	1.6 (50.4)	6.2 (33.5)

Resultados de la evaluación

	Sesgo y linealidad							
	R ²		Pendiente		Intercepto ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Spearman (Kendall)	
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas
YERA-01	0.515	0.505	0.36	0.29	-1.71	1.81	0.697 (0.509)	0.665 (0.490)
YERA-02	0.497	0.442	0.37	0.29	-1.46	2.64	0.687 (0.499)	0.596 (0.437)
YERA-03	0.504	0.470	0.39	0.32	-1.44	2.21	0.690 (0.502)	0.639 (0.477)
Promedio del despliegue	0.506	0.473	0.37	0.30	-1.54	2.22	0.692 (0.503)	0.649 (0.483)

Promedio del despliegue ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Error				Precisión				Captura de datos (%)			
	RMSE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		NRMSE (%)		Desv. est. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		CV (%)					
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas		
	19.0	18.7	31.7	31.2	57.8	56.9	0.6	0.6	3.5	3.5	58	57

Gráficos de regresión individuales para los dispositivos contra el equipo de referencia

Promedios de 1 hora ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)Promedios de 24 horas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Parametro: partículas menores a 2.5 μm (PM_{2.5})

Sitio: LAA

Información del evaluador

Institución: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático-UNAM, Dirección de Monitoreo de la Calidad del Aire-SEDEMA

Ubicación del sitio de prueba: Laboratorio de Análisis Ambiental, Sur de los 100 metros, col. Nueva Vallejo, s/n, alcaldía Gustavo A. Madero, Ciudad de México
Lat.: 19.4838° Long.: -99.1473° Altitud: 2255 m

Información del dispositivo CMM

Marca y modelo: CMM modelo Airlab

Versión de firmware: ---

Intervalo de muestreo: ~3 minutos

Números de serie: Airlab-1, Airlab-2

Problemas identificados durante el despliegue: Problemas de comunicación al inicio de la campaña, se atendió a la brevedad. Los promedios no son consistentes.

Información del equipo de referencia para PM_{2.5}

Marca y modelo: Teledyne API modelo T-API640x

Número de serie: 492

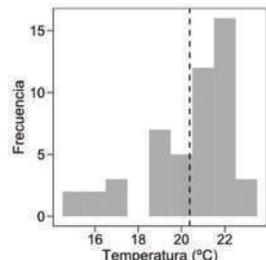
Intervalo de muestreo: 1 minuto

Fecha de calibración: 20 de enero de 2022

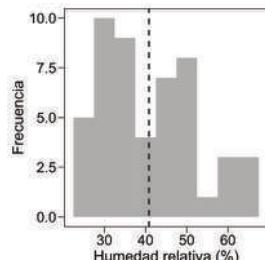
Fecha de verificación del flujo: 4 de marzo de 2022

Observaciones: La respuesta del equipo se ajustó contra un FRM.

Temperatura y humedad ambientales durante el despliegue

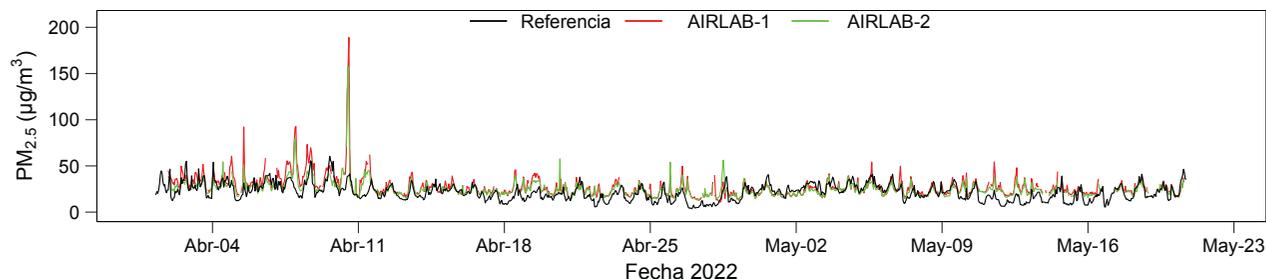


Número de periodos de 24 horas fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0

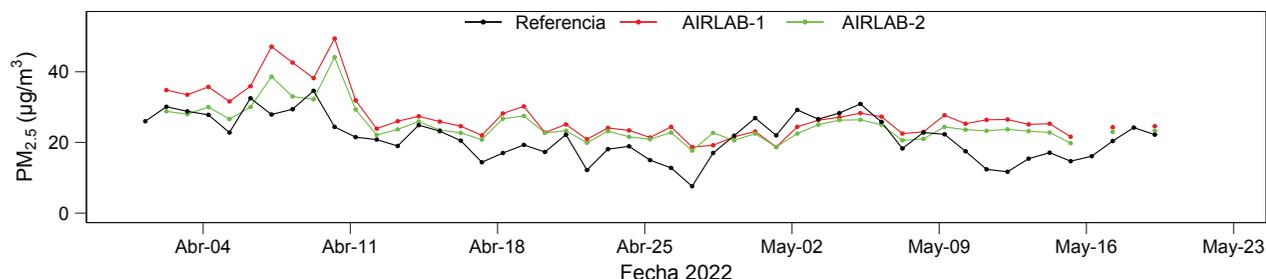


Número de periodos de 24 horas fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0

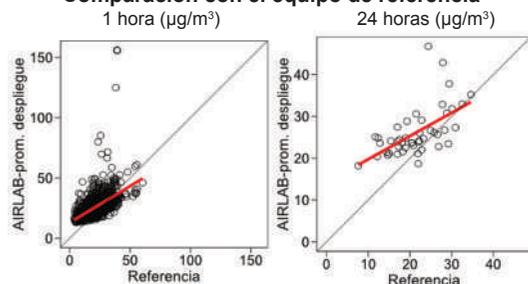
Serie de tiempo, promedio de 1 hora



Serie de tiempo, promedio de 24 horas

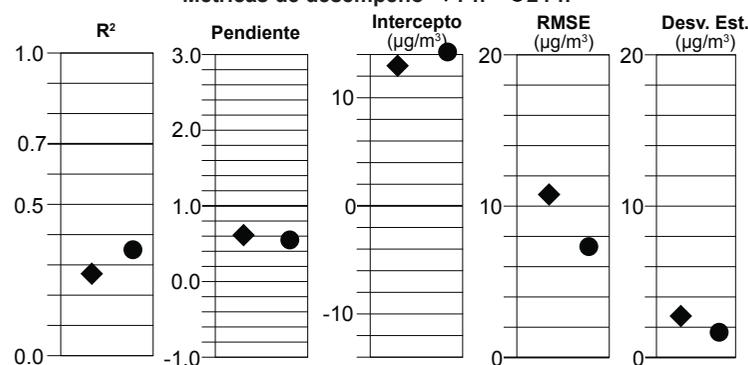


Comparación con el equipo de referencia

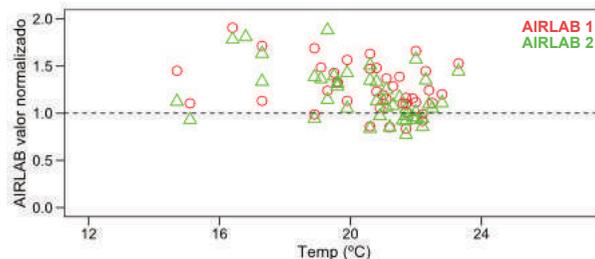


Intervalos de concentraciones medidas por el equipo de referencia (µg/m³): 3.8 a 60.4 (1-h), 7.6 - 34.6 (24-h)
Número de periodos de 24 horas con concentraciones mayores a la NOM (>41 µg/m³): 0

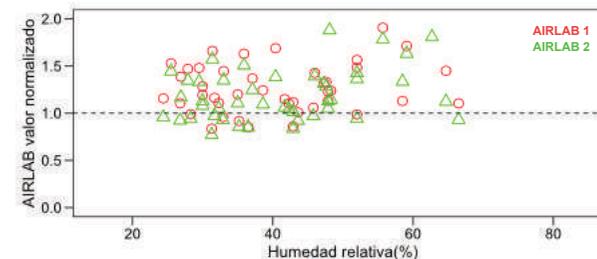
Métricas de desempeño



Efecto de las condiciones ambientales



Número de datos (prom. 24-h): Airlab-1 = 46, Airlab-2 = 46
Temperatura promedio: 20.4 °C



Número de datos (prom. 24-h): Airlab-1 = 46, Airlab-2 = 46
Humedad relativa promedio: 41%

Dispositivos: CMM - Airlab

Estadísticas

	Número de datos pareados		Promedio ± desv. est.		Mediana		Mín (Máx)	
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas
Referencia (µg/m³)	1071	46	21.6 ± 8.9	21.4 ± 6.2	21.2	21.7	3.8 (60.4)	7.6 (34.6)
Airlab-1 (µg/m³)	1071	46	27.4 ± 11.8	27.4 ± 6.8	25.0	25.3	11.0 (189.0)	18.7 (49.4)
Airlab-2 (µg/m³)	1071	46	24.8 ± 9.3	24.9 ± 4.9	23.2	23.3	13.0 (157.6)	17.7 (44.1)
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Resultados de la evaluación

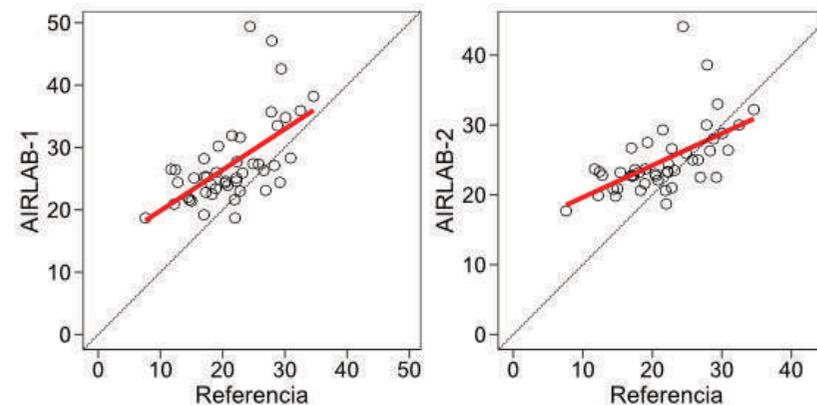
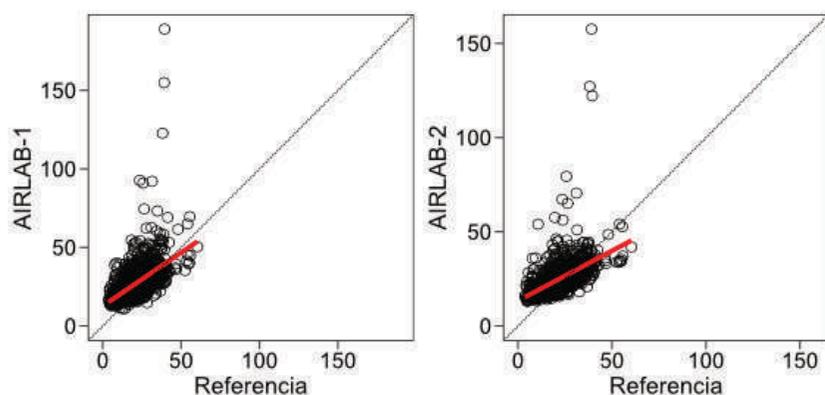
	Sesgo y linealidad							
	R ²		Pendiente		Intercepto (µg/m³)		Spearman (Kendall)	
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas
Airlab-1	0.264	0.350	0.68	0.65	12.65	13.31	0.620 (0.442)	0.615 (0.434)
Airlab-2	0.259	0.326	0.53	0.46	13.33	15.06	0.658 (0.476)	0.602 (0.436)
---	---	---	---	---	---	---	---	---
Promedio del despliegue	0.272	0.344	0.61	0.56	12.99	14.19	0.644 (0.463)	0.622 (0.452)

Promedio del despliegue (µg/m³)	Error				Precisión				Captura de datos (%)		
	RMSE (µg/m³)		NRMSE (%)		Desv. Est. (µg/m³)		CV (%)				
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	
26.1	26.1	10.8	7.3	50.0	34.2	2.7	1.7	10.5	6.5	90	94

Gráficos de regresión individuales para los dispositivos contra el equipo de referencia

Promedios de 1 hora (µg/m³)

Promedios de 24 horas (µg/m³)



Información del evaluador

Institución: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático-UNAM, Dirección de Monitoreo de la Calidad del Aire-SEDEMA

Ubicación del sitio de prueba: Laboratorio de Análisis Ambiental, Sur de los 100 metros, col. Nueva Vallejo, s/n, alcaldía Gustavo A. Madero, Ciudad de México
 Lat.: 19.4838° Long.: -99.1473° Altitud: 2255 m

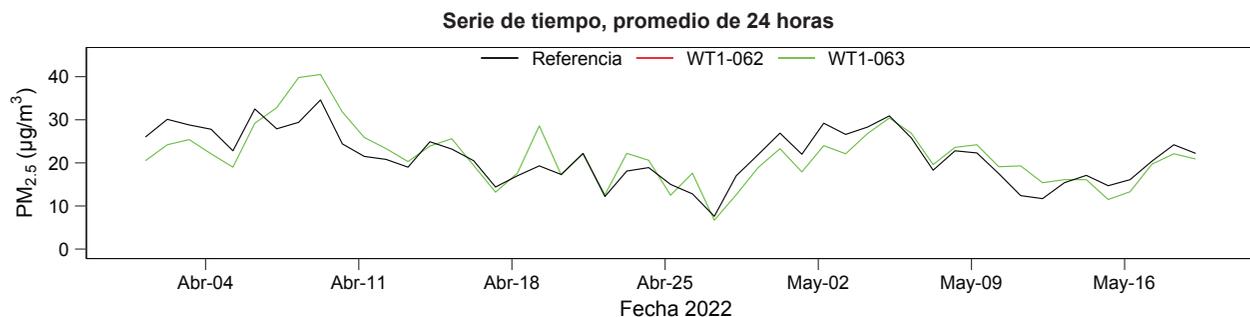
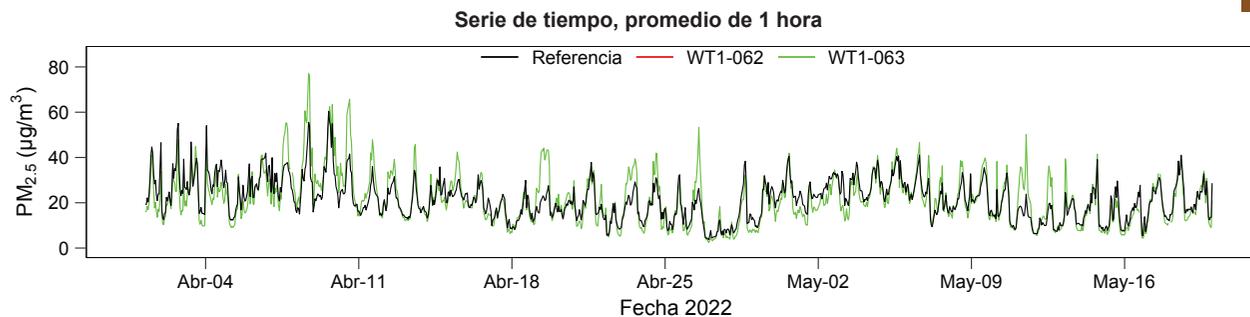
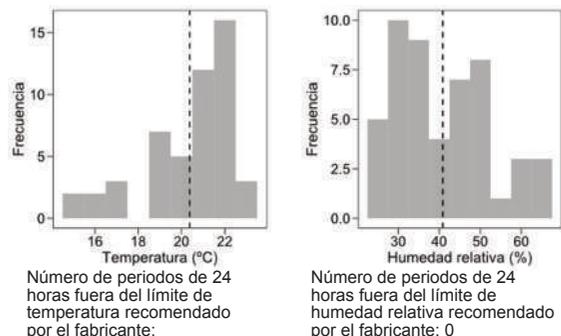
Información del dispositivo ELLONA

Marca y modelo: Ellona modelo WT1
Versión de firmware: 1.19
Intervalo de muestreo: 1 minuto
Números de serie: 30062, 30063
Problemas identificados durante el despliegue: Falla en el dispositivo 30062. No se realizó la evaluación de desempeño para el parámetro.

Información del equipo de referencia para PM_{2.5}

Marca y modelo: Teledyne API modeloT-API640x
Número de serie: 492
Intervalo de muestreo: 1 minuto
Fecha de calibración: 20 de enero de 2022
Fecha de verificación del flujo: 4 de marzo de 2022
Observaciones: La respuesta del equipo se ajustó contra un FRM.

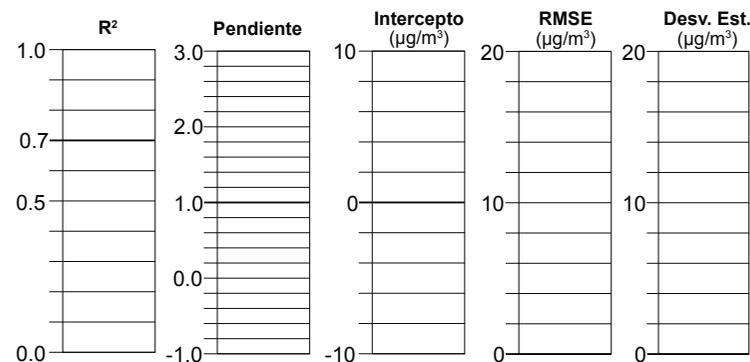
Temperatura y humedad ambientales durante el despliegue



Comparación con el equipo de referencia

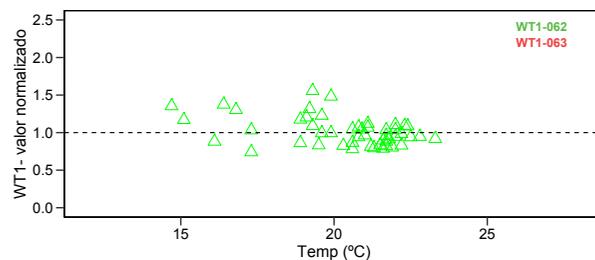
1 hora (µg/m³) 24 horas (µg/m³)

Métricas de desempeño ◆ 1-h ● 24-h

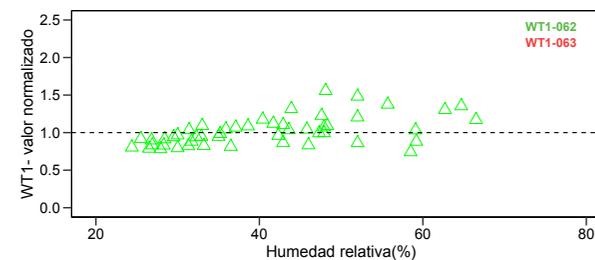


Intervalos de concentraciones medidas por el equipo de referencia (µg/m³): 3.8 a 60.4 (1-h), 7.6 a 34.6 (24-h)
 Número de periodos de 24 horas con concentraciones mayores a la NOM (>41 µg/m³): 0

Efectos de las condiciones ambientales



Número de datos (prom. 24-h): WT1-063=49
 Temperatura promedio: 20.4°C



Número de datos (prom. 24-h): WT1-063=49
 Humedad relativa promedio: 41%

Dispositivos: ELLONA - WT1

Estadísticas

	Número de datos pareados		Promedio ± desv. est.		Mediana		Mín (Máx)	
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas
Referencia (µg/m³)	---	---	---	---	---	---	---	---
WT1-062 (µg/m³)	---	---	---	---	---	---	---	---
WT1-063 (µg/m³)	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---

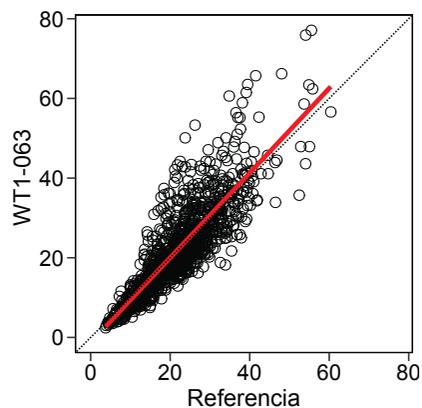
Resultados de la evaluación

	Sesgo y linealidad							
	R ²		Pendiente		Intercepto (µg/m³)		Spearman (Kendall)	
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas
WT1-062	---	---	---	---	---	---	---	---
WT2-063	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---
Promedio del despliegue	---	---	---	---	---	---	---	---

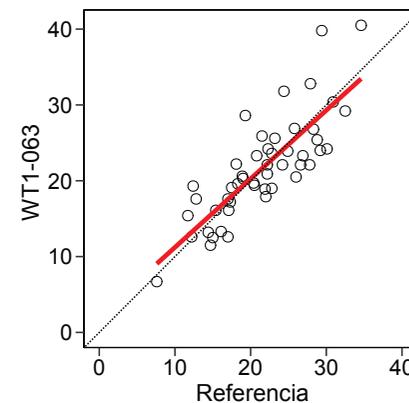
Promedio del despliegue (µg/m³)	Error				Precisión				Captura de datos (%)		
	RMSE (µg/m³)		NRMSE (%)		Desv. est. (µg/m³)		CV (%)				
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Gráficos de regresión individuales para los dispositivos contra el equipo de referencia

Promedios de 1 hora (µg/m³)



Promedios de 24 horas (µg/m³)



Información del evaluador

Institución: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático-UNAM, Dirección de Monitoreo de la Calidad del Aire-SEDEMA

Ubicación del sitio de prueba: Laboratorio de Análisis Ambiental, Sur de los 100 metros, col. Nueva Vallejo, s/n, alcaldía Gustavo A. Madero, Ciudad de México
 Lat.: 19.4838° Long.: -99.1473° Altitud: 2255 m

Información del dispositivo ENVEA

Marca y modelo: ENVEA modelo CAIRNET

Versión de firmware: 1.2.3

Intervalo de muestreo: 1 minutos

Números de serie: CXM22020313, CXM22020314

Problemas identificados durante el despliegue:
 No se identificaron problemas durante la operación.

Información del equipo de referencia para PM_{2.5}

Marca y modelo: Teledyne API modelo T-API640x

Número de serie: 492

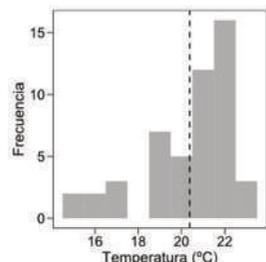
Intervalo de muestreo: 1 minuto

Fecha de calibración: 20 de enero de 2022

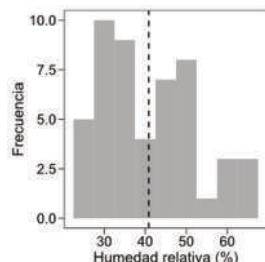
Fecha de verificación del flujo: 4 de marzo de 2022

Observaciones: La respuesta del equipo se ajustó contra un FRM.

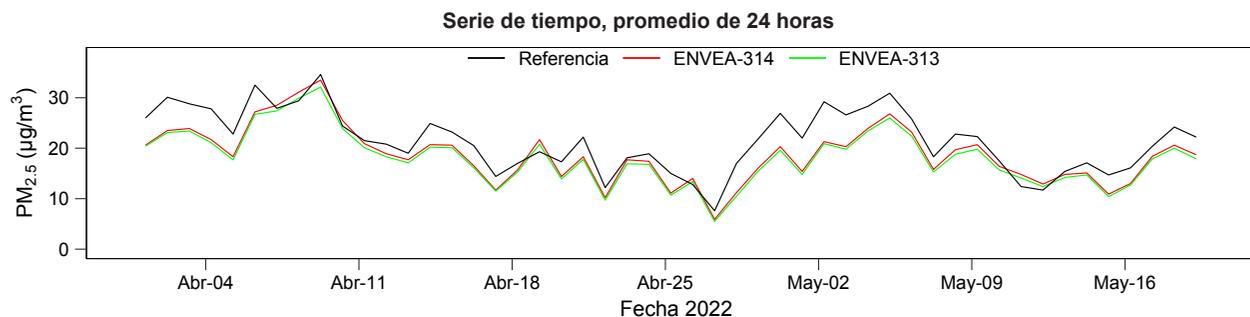
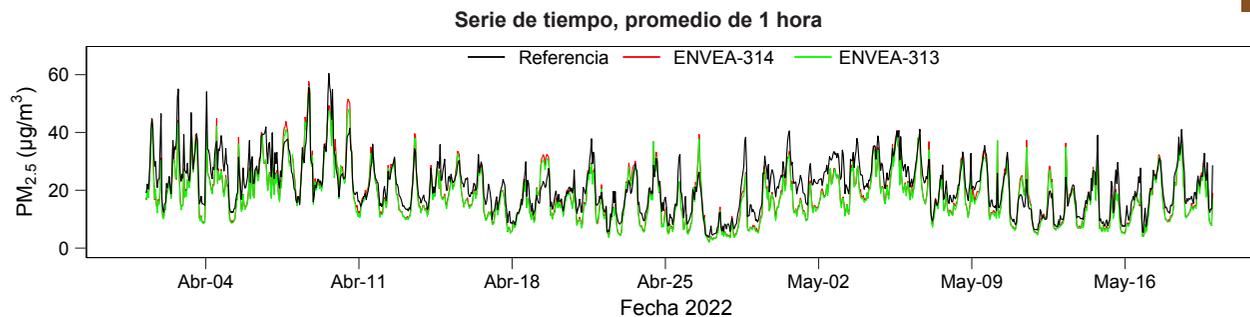
Temperatura y humedad ambientales durante el despliegue



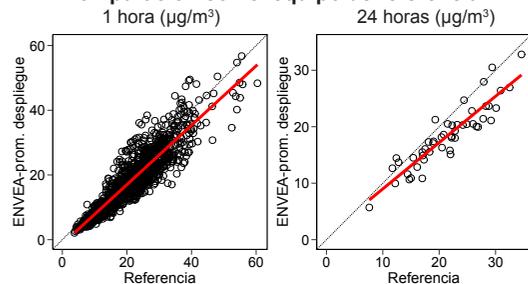
Número de periodos de 24 horas fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0



Número de periodos de 24 horas fuera del límite de humedad relativa recomendado por el fabricante: 0

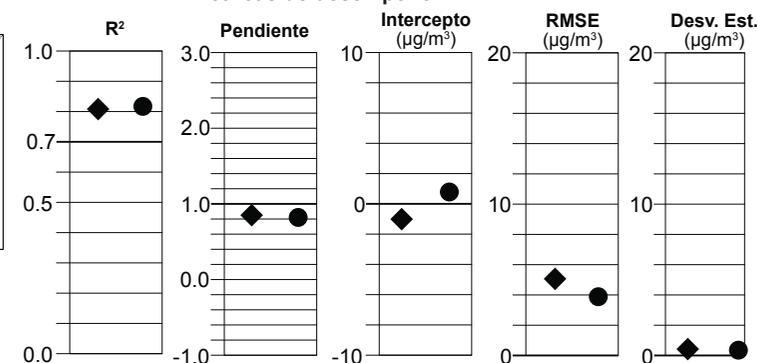


Comparación con el equipo de referencia

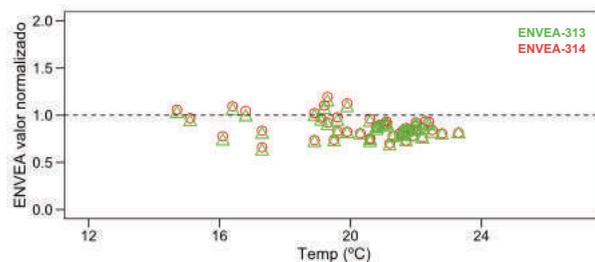


Intervalos de concentraciones medidas por el equipo de referencia (µg/m³): 3.8 a 60.4 (1-h), 7.6 a 34.6 (24-h)
 Número de periodos de 24 horas con concentraciones mayores a la NOM (>41 µg/m³): 0

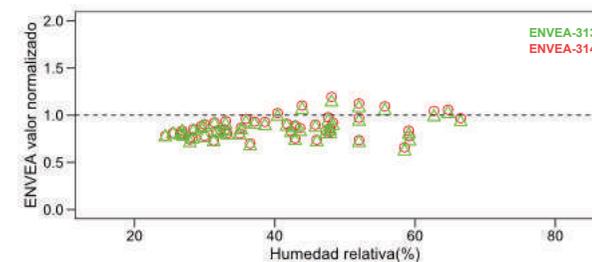
Métricas de desempeño



Efectos de las condiciones ambientales



Número de datos (prom. 24-h): Envea-313=49, Envea-314=49
 Temperatura promedio: 20.4°C



Número de datos (prom. 24-h): Envea-313=49, Envea-314=49
 Humedad relativa promedio: 41%

Dispositivos: ENVEA - CAIRNET

Estadísticas

	Número de datos pareados		Promedio ± desv. est.		Mediana		Mín (Máx)	
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas
Referencia (µg/m ³)	1184	49	21.6 ± 8.9	21.5 ± 6.1	21.1	21.9	3.8 (60.4)	7.6 (34.6)
ENVEA-314 (µg/m ³)	1184	49	18.8 ± 9.2	18.7 ± 5.5	17.6	18.4	2.1 (57.6)	5.9 (33.5)
ENVEA-313 (µg/m ³)	1184	49	18.1 ± 8.9	18.1 ± 5.4	17.1	17.9	2.1 (55.9)	5.5 (32.1)
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Resultados de la evaluación

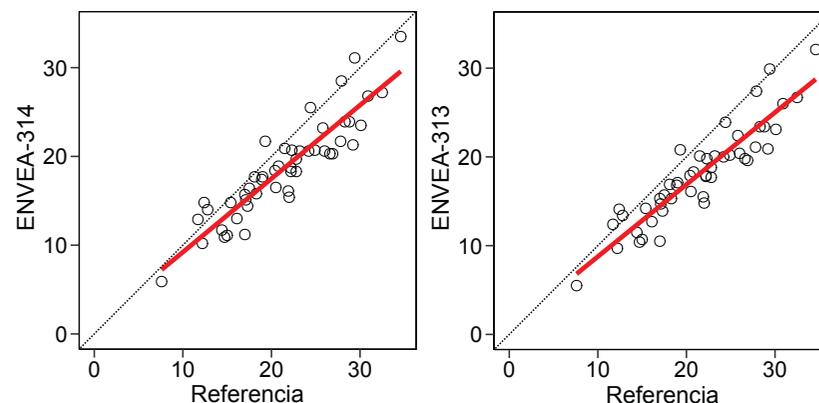
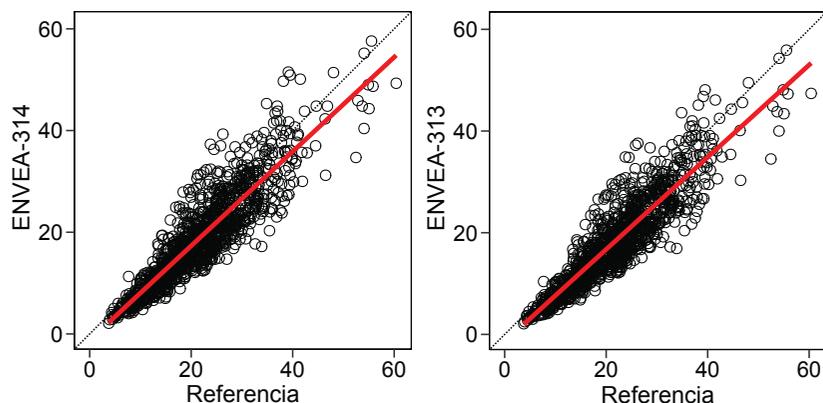
	Sesgo y linealidad							
	R ²		Pendiente		Intercepto (µg/m ³)		Spearman (Kendall)	
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas
ENVEA-314	0.812	0.825	0.928	0.823	-1.23	0.94	0.910 (0.747)	0.922 (0.767)
ENVEA-313	0.827	0.841	0.907	0.812	-1.43	0.65	0.915 (0.755)	0.930 (0.778)
---	---	---	---	---	---	---	---	---
Promedio del despliegue	0.821	0.833	0.917	0.820	-1.33	0.79	0.913 (0.751)	0.925 (0.773)

Promedio del despliegue (µg/m ³)	Error				Precisión				Captura de datos (%)		
	RMSE (µg/m ³)		NRMSE (%)		Desv. est. (µg/m ³)		CV (%)				
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	
18.4	18.4	5.0	4.0	23.2	18.4	0.5	0.3	2.5	1.9	100	100

Gráficos de regresión individuales para los dispositivos contra el equipo de referencia

Promedios de 1 hora (µg/m³)

Promedios de 24 horas (µg/m³)



Información del evaluador

Institución: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático-UNAM, Dirección de Monitoreo de la Calidad del Aire-SEDEMA

Ubicación del sitio de prueba: Laboratorio de Análisis Ambiental, Sur de los 100 metros, col. Nueva Vallejo, s/n, alcaldía Gustavo A. Madero, Ciudad de México
 Lat.: 19.4838° Long.: -99.1473° Altitud: 2255 m

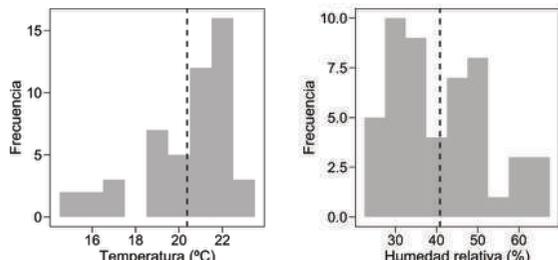
Información del dispositivo KUNAK

Marca y modelo: KUNAK modelo AIR Pro
Versión de firmware: 1.255.120
Intervalo de muestreo: 5 minutos
Números de serie: 0321350086 y 0321240044
Problemas identificados durante el despliegue: No se identificaron problemas durante la operación.

Información del equipo de referencia para PM_{2.5}

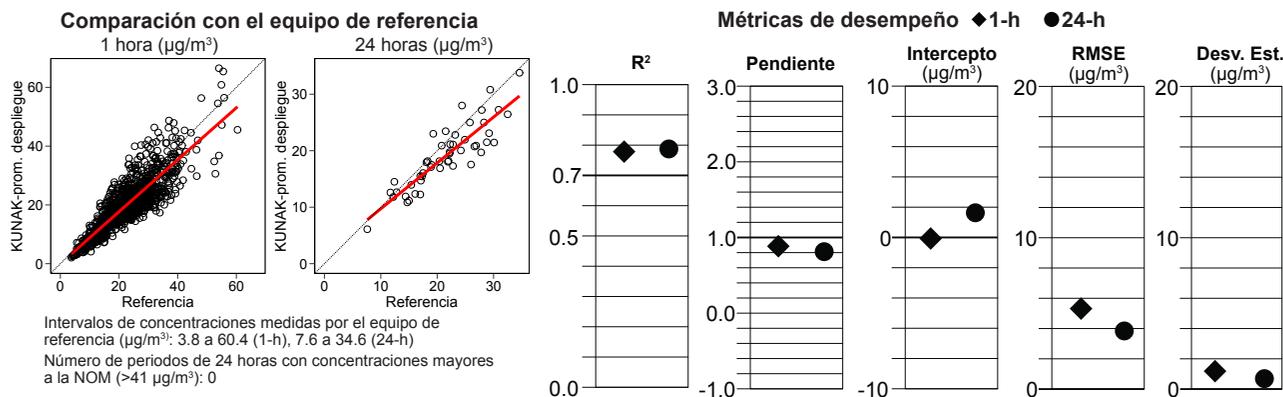
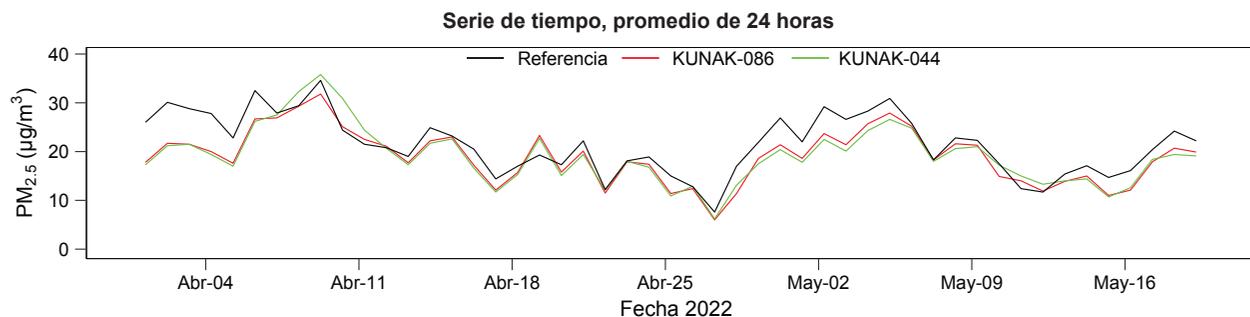
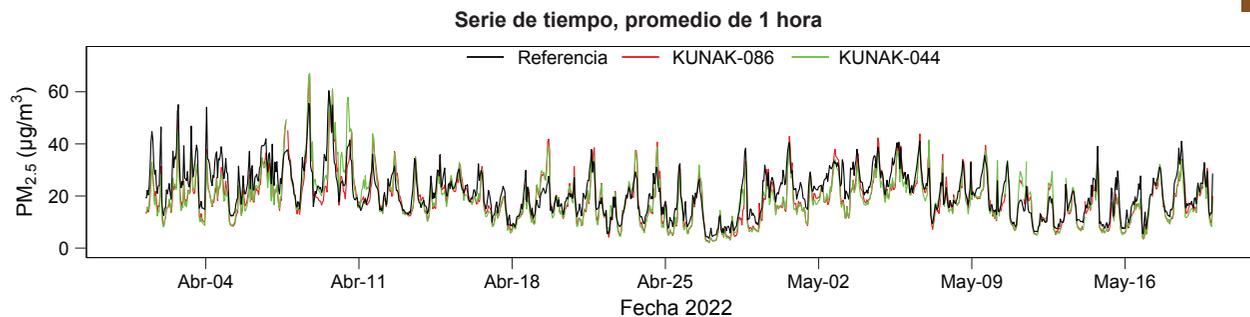
Marca y modelo: Teledyne API modelo T-API640x
Número de serie: 492
Intervalo de muestreo: 1 minutos
Fecha de calibración: 20 de enero de 2022
Fecha de verificación del flujo: 4 de marzo de 2022
Observaciones: La respuesta del equipo se ajustó contra un FRM.

Temperatura y humedad ambientales durante el despliegue

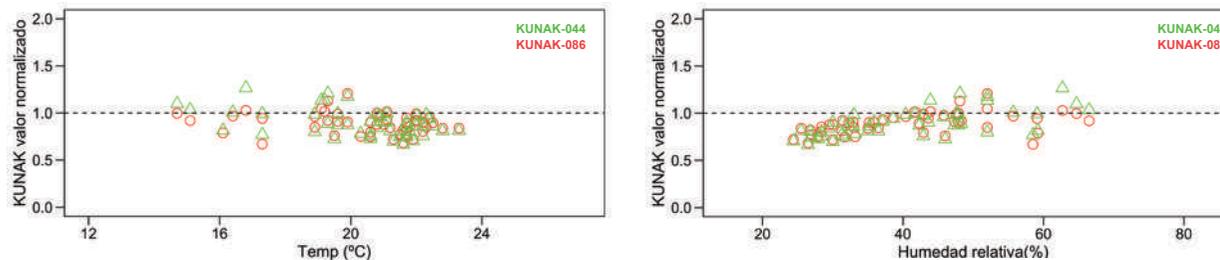


Número de periodos de 24 horas fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0

Número de periodos de 24 horas fuera del límite de humedad relativa recomendado por el fabricante: 0



Efectos de las condiciones ambientales



Número de datos (prom. 24-h): Kunak-086=49, Kunak-044=49
 Temperatura promedio: 20.4°C

Número de datos (prom. 24-h): Kunak-086=49, Kunak-044=49
 Humedad relativa promedio: 41%

Dispositivos: KUNAK - AIR Pro

Estadísticas

	Número de datos pareados		Promedio ± desv. est.		Mediana		Mín (Máx)	
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas
Referencia (µg/m³)	1147	49	21.7 ± 9.0	21.5 ± 6.1	21.2	21.9	3.8 (60.4)	7.6 (34.6)
KUNAK-086 (µg/m³)	1147	49	19.2 ± 9.0	19.0 ± 5.5	18.5	18.6	2.1 (66.0)	6.0 (31.8)
KUNAK-044 (µg/m³)	1147	49	19.2 ± 9.3	19.1 ± 5.8	18.3	18.4	2.0 (67.0)	6.2 (35.8)
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Resultados de la evaluación

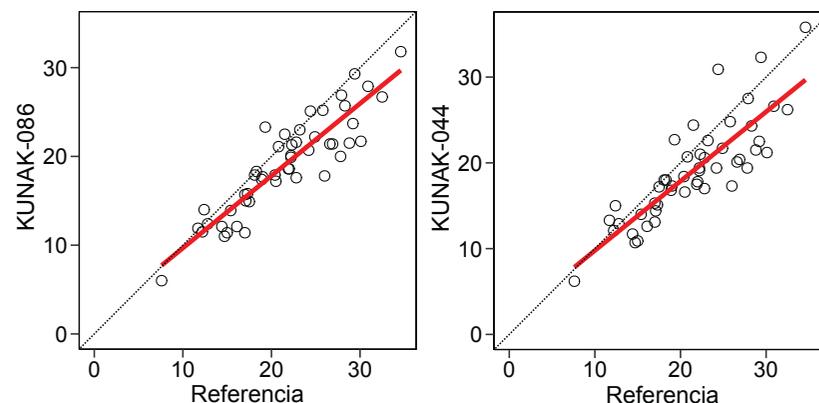
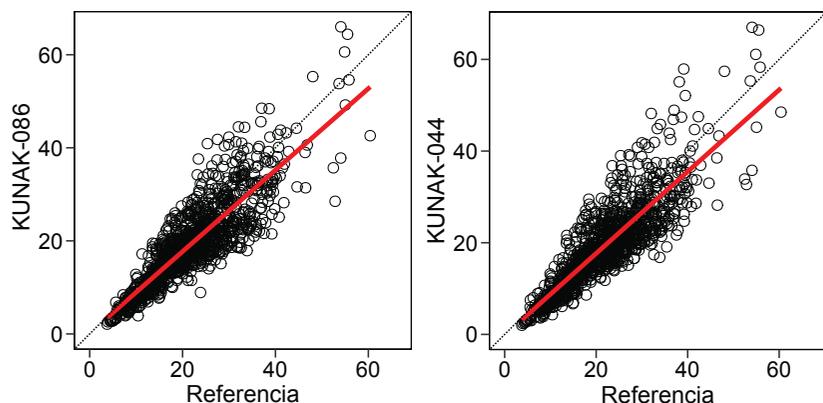
	Sesgo y linealidad							
	R ²		Pendiente		Intercepto (µg/m³)		Spearman (Kendall)	
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas
KUNAK-086	0.757	0.816	0.88	0.81	0.19	1.53	0.880 (0.709)	0.893 (0.734)
KUNAK-044	0.749	0.717	0.89	0.81	-0.17	1.69	0.880 (0.709)	0.868 (0.696)
---	---	---	---	---	---	---	---	---
Promedio del despliegue	0.766	0.775	0.88	0.81	0.01	1.61	0.886 (0.716)	0.882 (0.720)

Promedio del despliegue (µg/m³)	Error				Precisión				Captura de datos (%)		
	RMSE (µg/m³)		NRMSE (%)		Desv. est. (µg/m³)		CV (%)				
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	
19.1	19.0	5.3	3.8	24.4	17.8	1.2	0.7	6.3	3.7	97	100

Gráficos de regresión individuales para los dispositivos contra el equipo de referencia

Promedios de 1 hora (µg/m³)

Promedios de 24 horas (µg/m³)



Información del evaluador

Institución: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático-UNAM, Dirección de Monitoreo de la Calidad del Aire-SEDEMA

Ubicación del sitio de prueba: Laboratorio de Análisis Ambiental, Sur de los 100 metros, col. Nueva Vallejo, s/n, alcaldía Gustavo A. Madero, Ciudad de México
 Lat.: 19.4838° Long.: -99.1473° Altitud: 2255 m

Información del dispositivo PurpleAir

Marca y modelo: PurpleAir modelo PA-II-SD

Versión de firmware: 6.01

Intervalo de muestreo: 2 minutos

Números de serie (MAC): 10:52:1C:41:35:CB, C4:5B:BE:44:89:66, 10:52:1C:4D:E0:C0.

Problemas identificados durante el despliegue: Las mediciones se realizaron a partir del 9 de abril de 2022.

Información del equipo de referencia para PM_{2.5}

Marca y modelo: Teledyne API modelo T-API640x

Número de serie: 492

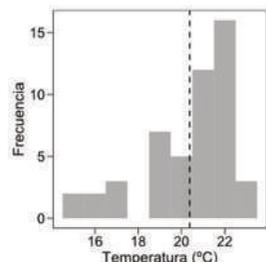
Intervalo de muestreo: 1 minuto

Fecha de calibración: 20 de enero de 2022

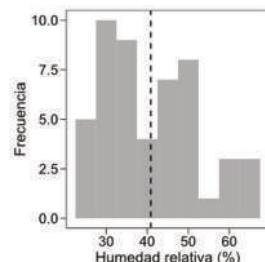
Fecha de verificación del flujo: 4 de marzo de 2022

Observaciones: La respuesta del equipo se ajustó contra un FRM.

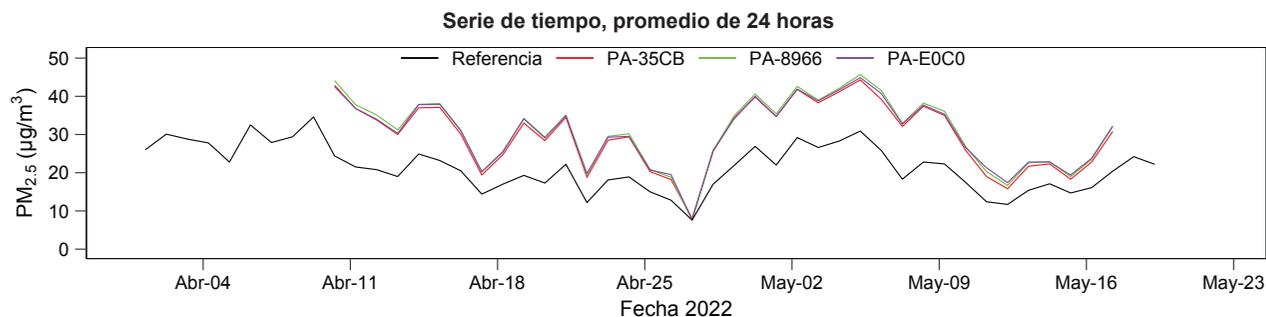
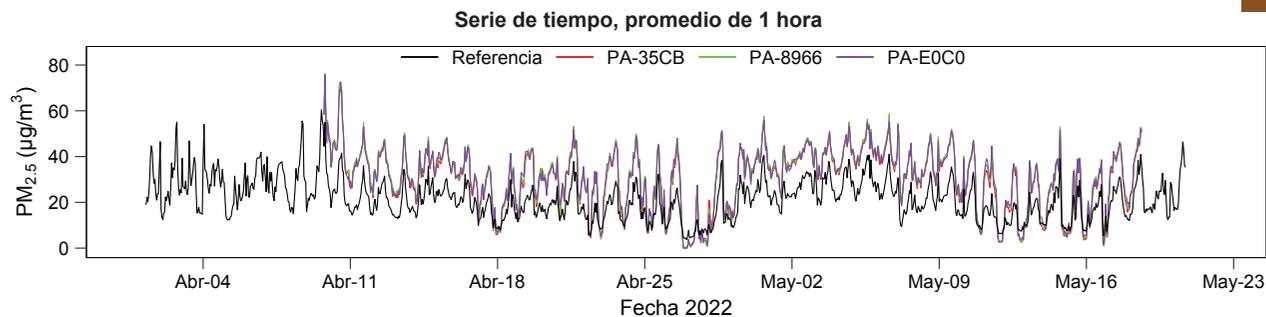
Temperatura y humedad ambientales durante el despliegue



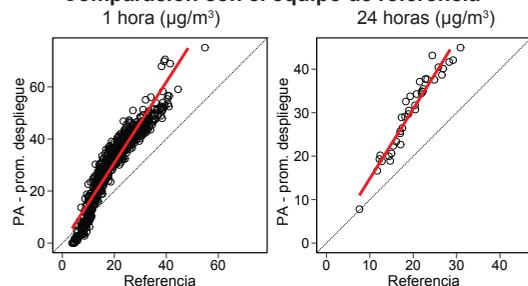
Número de períodos de 24 horas fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante:



Número de períodos de 24 horas fuera del límite de humedad relativa recomendado por el fabricante: 0



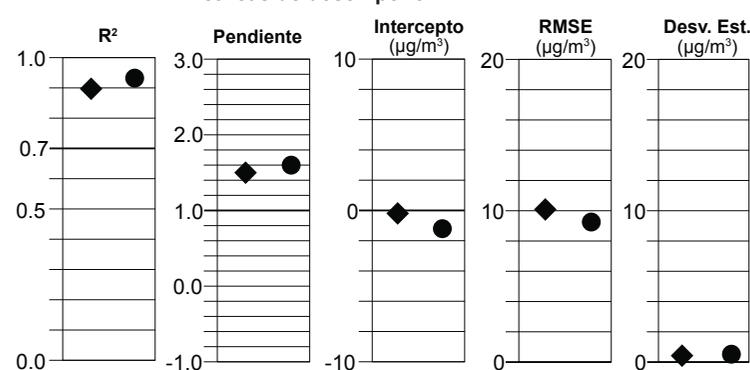
Comparación con el equipo de referencia



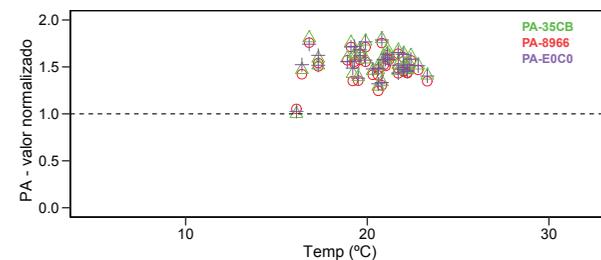
Intervalos de concentraciones medidas por el equipo de referencia (µg/m³): 3.8 a 46.4 (1-h), 7.6 a 30.9 (24-h)

Número de períodos de 24 horas con concentraciones mayores a la NOM (>41 µg/m³): 0

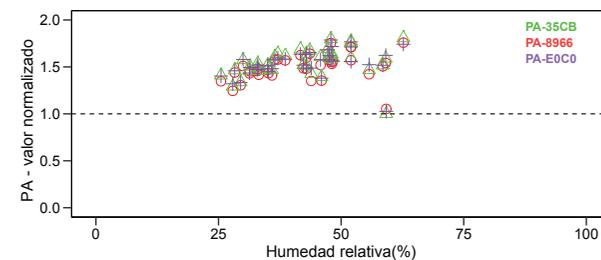
Métricas de desempeño



Efectos de las condiciones ambientales



Número de datos (prom. 24-h): PA-35CB=38, PA-8966=38, PA-E0C0=38
 Temperatura promedio: 20.3 °C



Número de datos (prom. 24-h): PA-35CB=38, PA-8966=38, PA-E0C0=38
 Humedad relativa promedio: 41 %

Dispositivos: PurpleAir - PA-II-SD

Estadísticas

	Número de datos pareados		Promedio ± desv. est.		Mediana		Mín (Máx)	
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas
Referencia (µg/m³)	932	38	19.9 ± 8.0	19.6 ± 5.3	19.5	19.2	3.8 (54.9)	7.6 (30.9)
PA-35CB (µg/m³)	932	38	30.2 ± 13.1	29.8 ± 8.8	32.4	30.5	0.0 (73.4)	8.0 (44.3)
PA-8966 (µg/m³)	932	38	31.0 ± 13.3	30.7 ± 9.0	33.1	31.7	0.0 (76.3)	7.6 (45.7)
PA-E0C0 (µg/m³)	932	38	30.8 ± 12.9	30.4 ± 8.6	32.8	31.6	0.0 (75.5)	7.8 (44.9)

Resultados de la evaluación

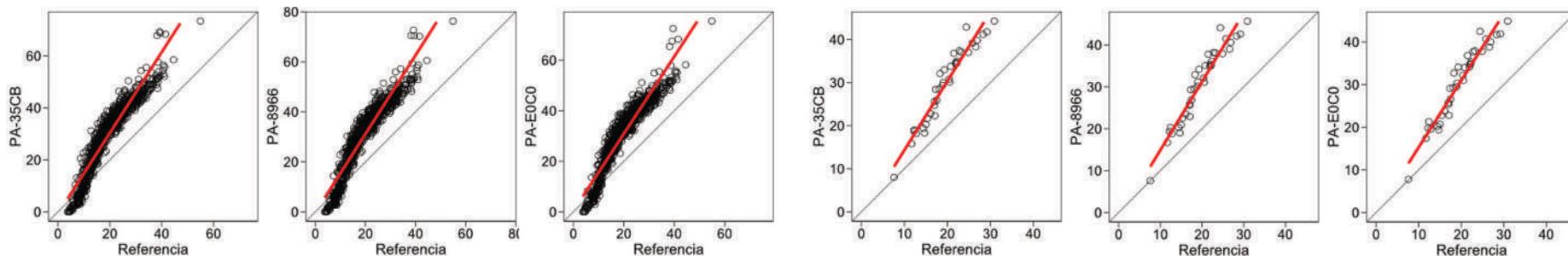
	Sesgo y linealidad							
	R ²		Pendiente		Intercepto (µg/m³)		Spearman (Kendall)	
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas
PA-35CB	0.899	0.932	1.56	1.60	-0.79	-1.72	0.973 (0.862)	0.984 (0.911)
PA-8966	0.894	0.928	1.57	1.64	-0.28	-1.48	0.971 (0.856)	0.982 (0.901)
PA-E0C0	0.895	0.931	1.53	1.57	0.36	-0.39	0.970 (0.858)	0.981 (0.904)
Promedio del despliegue	0.898	0.931	1.55	1.60	-0.24	-1.20	0.973 (0.861)	0.983 (0.905)

Promedio del despliegue (µg/m³)	Error				Precisión				Captura de datos (%)		
	RMSE (µg/m³)		NRMSE (%)		Desv. est. (µg/m³)		CV (%)				
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	
30.7	30.3	10.1	9.2	50.7	47.0	0.6	0.5	2.1	1.7	78	78

Gráficos de regresión individuales para los dispositivos contra el equipo de referencia

Promedios de 1 hora (µg/m³)

Promedios de 24 horas (µg/m³)



Información del evaluador

Institución: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático-UNAM, Dirección de Monitoreo de la Calidad del Aire-SEDEMA

Ubicación del sitio de prueba: Laboratorio de Análisis Ambiental, Sur de los 100 metros, col. Nueva Vallejo, s/n, alcaldía Gustavo A. Madero, Ciudad de México
 Lat.: 19.4838° Long.: -99.1473° Altitud: 2255 m

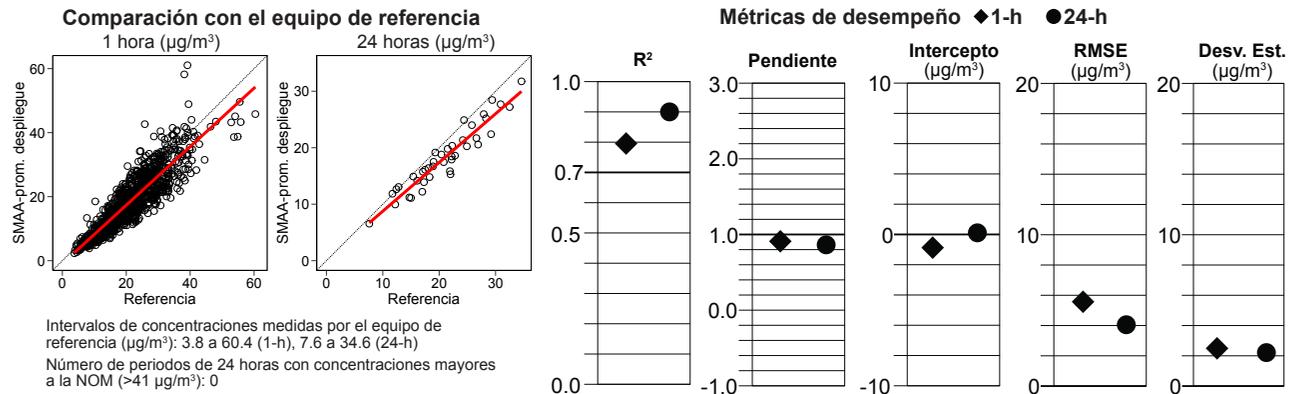
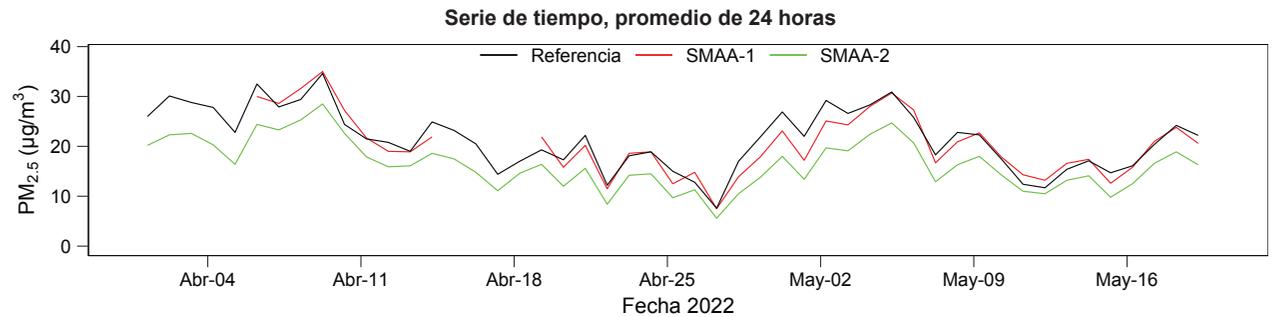
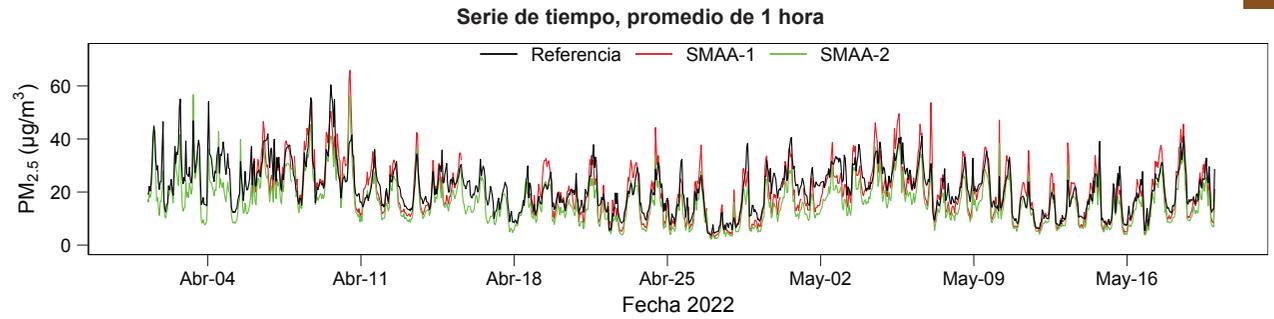
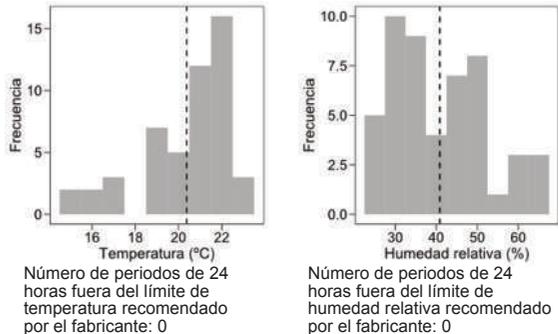
Información del dispositivo SMABILITY

Marca y modelo: SMABILITY modelo SMAA
Versión de firmware: 0.1
Intervalo de muestreo: 5 minutos
Números de serie: SMAA-1, SMAA-2
Problemas identificados durante el despliegue: No se identificaron problemas durante la operación.

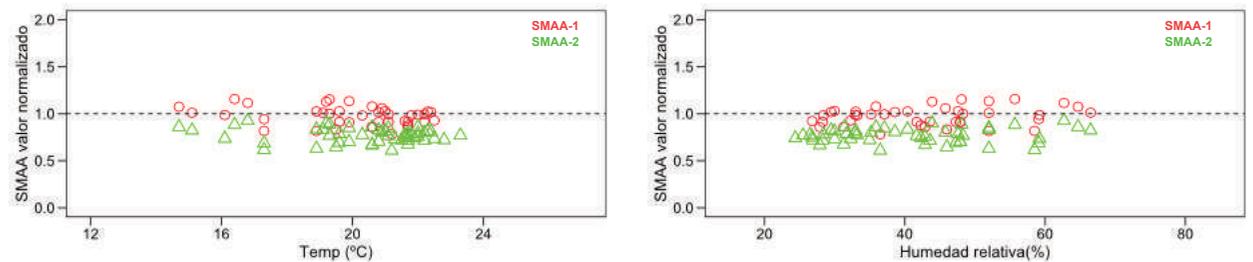
Información del equipo de referencia para PM_{2.5}

Marca y modelo: Teledyne API modelo T-API640x
Número de serie: 492
Intervalo de muestreo: 1 minuto
Fecha de calibración: 20 de enero de 2022
Fecha de verificación del flujo: 4 de marzo de 2022
Observaciones: La respuesta del equipo se ajustó contra un FRM.

Temperatura y humedad ambientales durante el despliegue



Efectos de las condiciones ambientales



Número de datos (prom. 24-h): SMAA-1= 40, SMAA-2=49
 Temperatura promedio: 20.4°C

Número de datos (prom. 24-h): SMAA-1= 40, SMAA-2=49
 Humedad relativa promedio: 41%

Dispositivos: SMABILITY - SMAA

Estadísticas

	Número de datos pareados		Promedio ± desv. est.		Mediana		Mín (Máx)	
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas
Referencia (µg/m³)	995	40	21.2 ± 8.9	21.1 ± 6.2	20.8	21.2	3.8 (60.4)	7.6 (34.6)
SMAA-1 (µg/m³)	995	40	20.5 ± 10.1	20.4 ± 6.1	19.5	19.6	2.4 (65.8)	7.5 (35.0)
SMAA-2 (µg/m³)	995	40	16.3 ± 8.1	16.2 ± 5.1	15.4	16.0	2.2 (56.3)	5.6 (28.5)
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Resultados de la evaluación

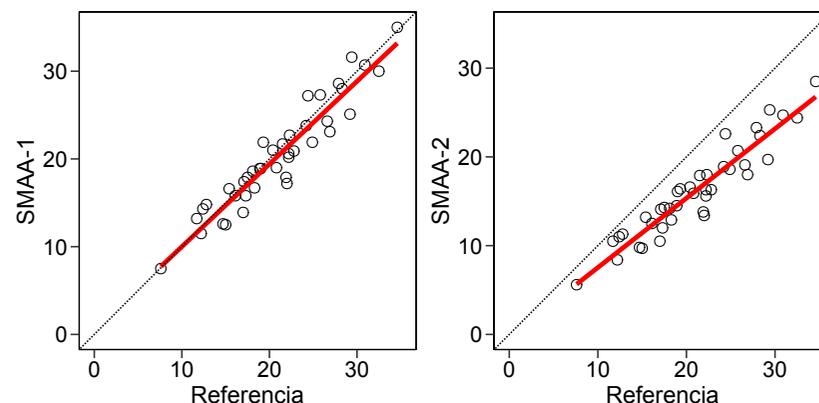
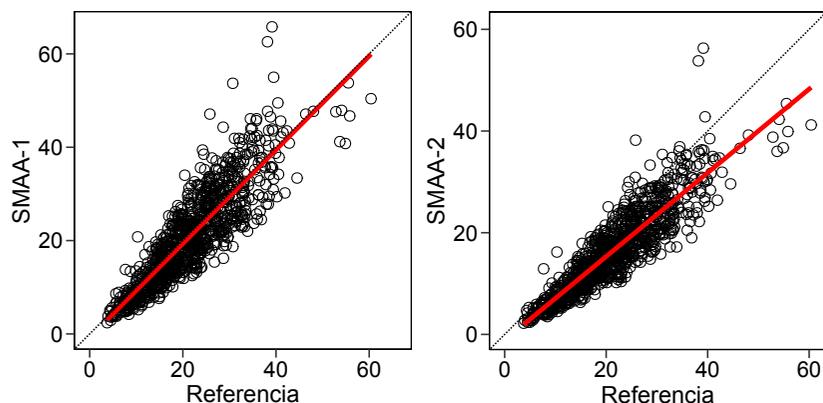
	Sesgo y linealidad							
	R ²		Pendiente		Intercepto (µg/m³)		Spearman (Kendall)	
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas
SMAA-1	0.772	0.902	1.00	0.94	-0.73	0.57	0.896 (0.720)	0.953 (0.827)
SMAA-2	0.813	0.894	0.82	0.78	-1.14	-0.29	0.915 (0.750)	0.944 (0.807)
---	---	---	---	---	---	---	---	---
Promedio del despliegue	0.795	0.900	0.91	0.90	-0.94	0.14	0.906 (0.735)	0.951 (0.820)

Promedio del despliegue (µg/m³)	Error				Precisión				Captura de datos (%)			
	RMSE (µg/m³)		NRMSE (%)		Desv. est. (µg/m³)		CV (%)					
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas		
	18.4	18.3	5.6	4.0	26.4	19.1	2.5	2.2	13.4	12.1	84	82

Gráficos de regresión individuales para los dispositivos contra el equipo de referencia

Promedios de 1 hora (µg/m³)

Promedios de 24 horas (µg/m³)



Información del evaluador

Institución: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático-UNAM, Dirección de Monitoreo de la Calidad del Aire-SEDEMA

Ubicación del sitio de prueba: Laboratorio de Análisis Ambiental, Sur de los 100 metros, col. Nueva Vallejo, s/n, alcaldía Gustavo A. Madero, Ciudad de México
 Lat.: 19.4838° Long.: -99.1473° Altitud: 2255 m

Información del dispositivo DIY

Marca y modelo: DIY modelo YERA

Versión de firmware: 0.1.0

Intervalo de muestreo: 1 minuto

Números de serie: YERA-1, YERA-2, YERA-3

Problemas identificados durante el despliegue:
 El monitoreo inició hasta el 14 de abril de 2022.

Información del equipo de referencia para PM_{2.5}

Marca y modelo: Teledyne API modelo T-API640x

Número de serie: 492

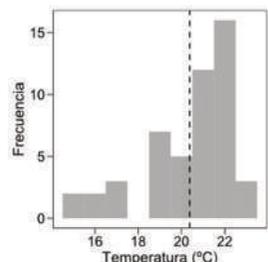
Intervalo de muestreo: 1 minuto

Fecha de calibración: 20 de enero de 2022

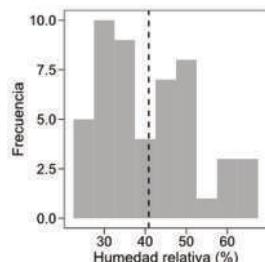
Fecha de verificación del flujo: 4 de marzo de 2022

Observaciones: La respuesta del equipo se ajustó contra un FRM.

Temperatura y humedad ambientales durante el despliegue

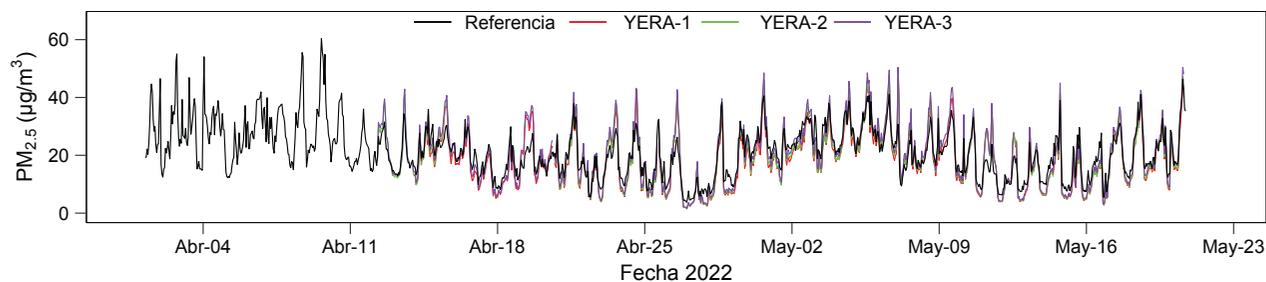


Número de períodos de 24 horas fuera del límite de temperatura recomendada por el fabricante: 0

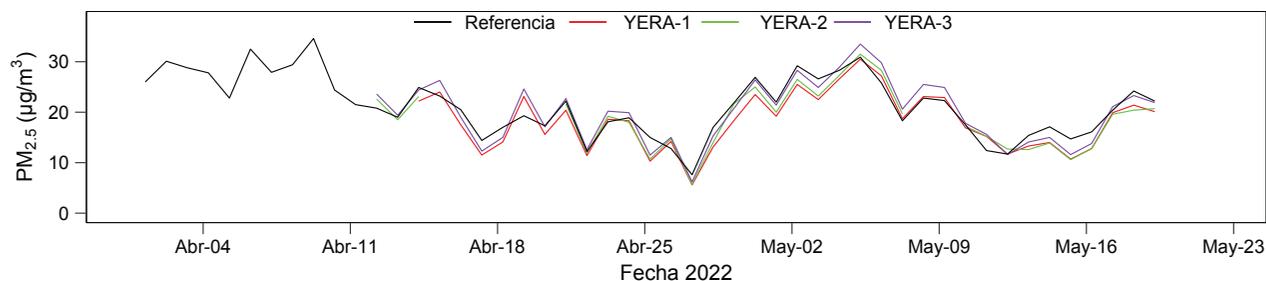


Número de períodos de 24 horas fuera del límite de humedad relativa recomendada por el fabricante: 0

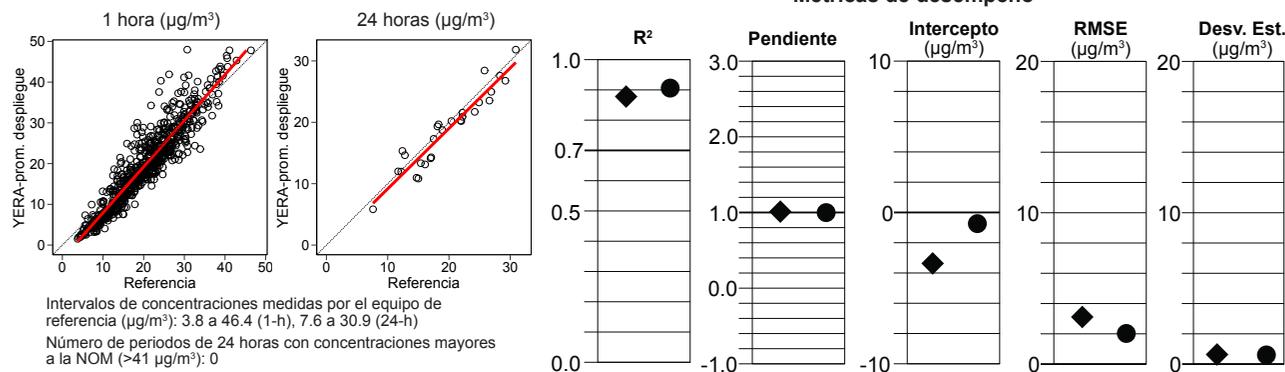
Serie de tiempo, promedio de 1 hora



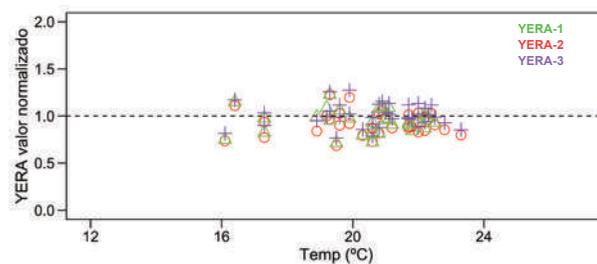
Serie de tiempo, promedio de 24 horas



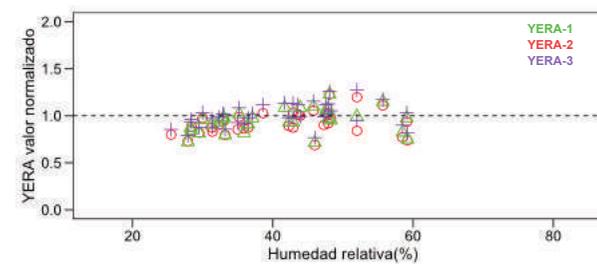
Métricas de desempeño



Efectos de las condiciones ambientales



Número de datos (prom. 24-h): YERA-1=36, YERA-2=30, YERA3=38
 Temperatura promedio: 20.4°C



Número de datos (prom. 24-h): YERA-1=36, YERA-2=30, YERA3=38
 Humedad relativa promedio: 41 %

Dispositivos: DIY - YERA

Estadísticas

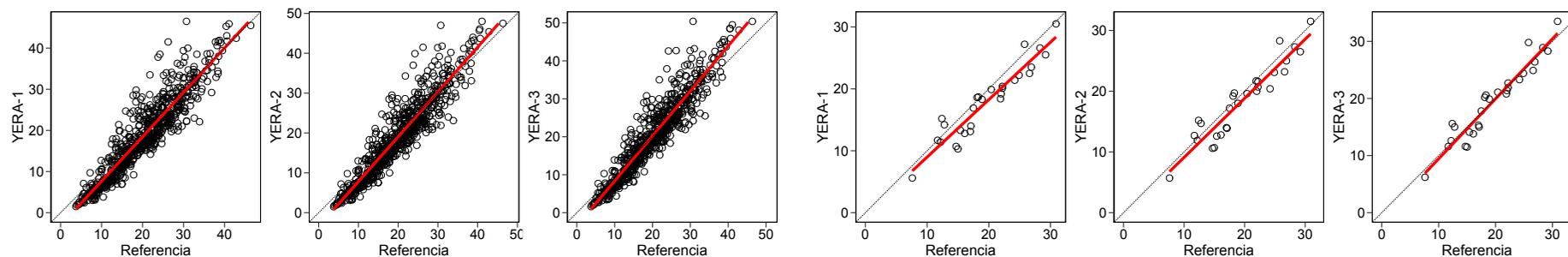
	Número de datos pareados		Promedio \pm desv. est.		Mediana		Mín (Máx)	
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas
Referencia ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	691	28	19.8 \pm 8.2	19.7 \pm 6.0	19.4	18.6	3.8 (46.4)	7.6 (30.9)
YERA-01 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	691	28	18.2 \pm 9.5	17.9 \pm 5.9	17.6	18.5	1.5 (46.5)	5.6 (30.5)
YERA-02 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	691	28	18.8 \pm 9.9	18.5 \pm 6.2	18.2	19.4	1.5 (48.0)	5.7 (31.5)
YERA-03 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	691	28	19.9 \pm 10.4	19.6 \pm 6.6	19.4	20.4	1.6 (50.4)	6.2 (33.5)

Resultados de la evaluación

	Sesgo y linealidad							
	R ²		Pendiente		Intercepto ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Spearman (Kendall)	
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas
YERA-01	0.866	0.896	1.08	0.93	-3.12	-0.31	0.936 (0.793)	0.948 (0.829)
YERA-02	0.875	0.893	1.12	0.97	-3.43	-0.64	0.941 (0.800)	0.944 (0.819)
YERA-03	0.888	0.921	1.19	1.05	-3.51	-1.08	0.947 (0.809)	0.960 (0.863)
Promedio del despliegue	0.878	0.907	1.13	0.98	-3.35	-0.67	0.942 (0.801)	0.954 (0.849)

Promedio del despliegue ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Error				Precisión				Captura de datos (%)		
	RMSE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		NRMSE (%)		Desv. est. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		CV (%)				
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	
19.0	18.7	3.1	1.99	15.8	10.1	0.6	0.6	3.4	3.4	58	57

Gráficos de regresión individuales para los dispositivos contra el equipo de referencia

Promedios de 1 hora ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)Promedios de 24 horas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Parametro: monóxido de carbono (CO)

Sitio: ICAyCC

Información del evaluador

Institución: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático-UNAM, Dirección de Monitoreo de la Calidad del Aire-SEDEMA

Ubicación del sitio de prueba: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Ciudad Universitaria, Coyoacán, Ciudad de México

Lat.: 19.326° Long.: -99.176° Altitud: 2290 m

Información del dispositivo APIS

Marca y modelo: APIS modelo APM01

Versión de firmware: 6.4.3

Intervalo de muestreo: 1 minuto

Números de serie: 1021, 1065

Problemas identificados durante el despliegue:
No se identificaron problemas.

Información del equipo de referencia para CO

Marca y modelo: Teledyne API modelo T300

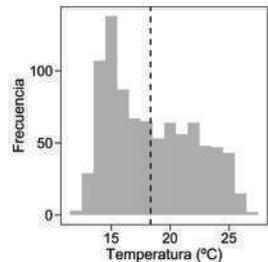
Número de serie: 1145

Intervalo de muestreo: 1 minuto

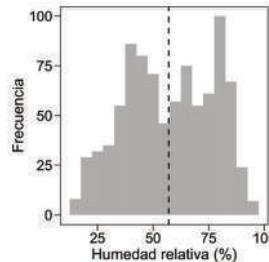
Fecha de calibración: 23 de mayo de 2022

Observaciones: El instrumento operó sin problemas, se realizaron verificaciones de la respuesta del instrumento una vez cada seis días.

Temperatura y humedad ambientales durante el despliegue

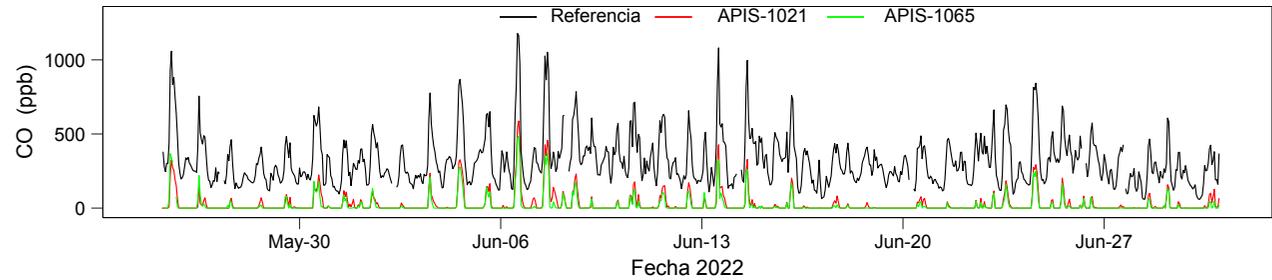


Número de periodos de 1 hora fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0

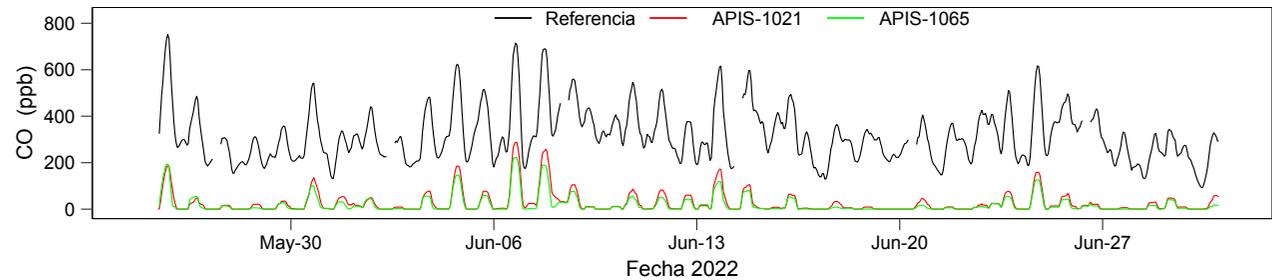


Número de periodos de 1 hora fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0

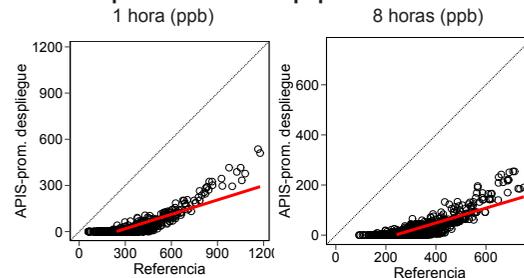
Serie de tiempo, promedio de 1 hora



Serie de tiempo, promedio de 8 horas

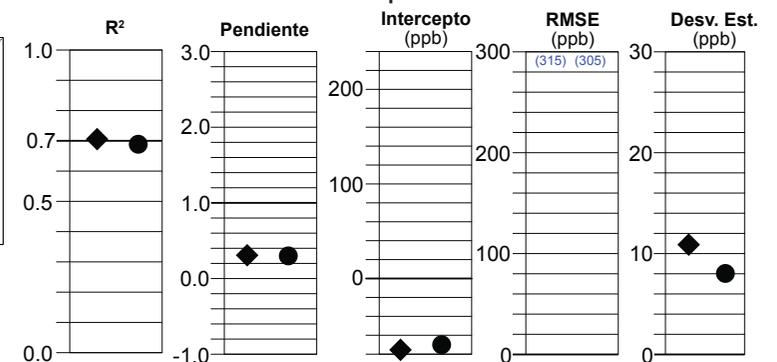


Comparación con el equipo de referencia

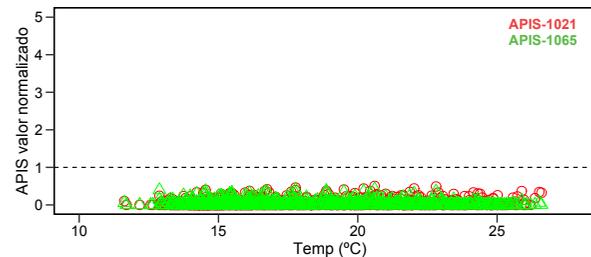


Intervalos de concentraciones medidas por el equipo de referencia (ppb): 59.6 a 1177.7 (1-h), 92.3 a 751.6 (8-h)
Número de periodos de 1 hora (8 horas) con concentraciones mayores a la NOM: 0 (0)

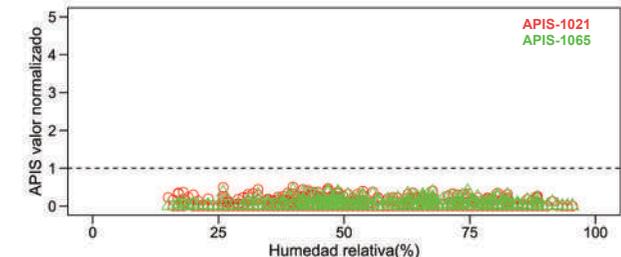
Métricas de desempeño



Efecto de las condiciones ambientales



Número de datos (prom. 1-h): APIS-1021=877, APIS-1065=875
Temperatura promedio: 18.3 °C



Número de datos (prom. 1-h): APIS-1021=877, APIS-1065=875
Humedad relativa promedio: 57 %

Dispositivos: APIS - APM01

Estadísticas

	Número de datos pareados		Promedio ± desv. est.		Mediana		Mín (Máx)	
	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas
Referencia (ppb)	875	855	314.6 ± 166.8	316.5 ± 114.3	272.3	297.7	59.6 (1177.7)	92.3 (751.6)
APIS-1021 (ppb)	875	855	27.1 ± 67.8	27.8 ± 45.9	0.0	9.1	0.0 (588.1)	0.0 (287.4)
APIS-1065 (ppb)	875	855	19.3 ± 56.8	19.7 ± 36.6	0.0	3.9	0.0 (483.4)	0.0 (221.6)
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Resultados de la evaluación

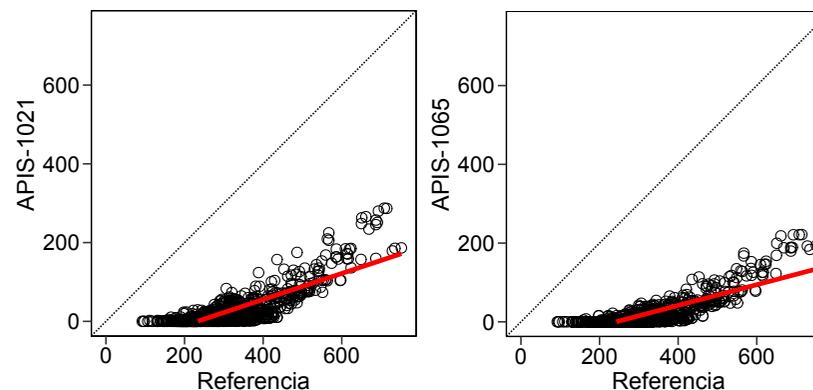
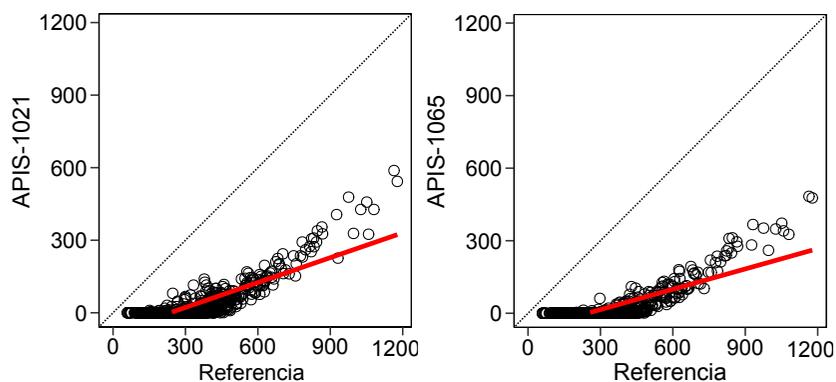
	Sesgo y linealidad							
	R ²		Pendiente		Intercepto (ppb)		Spearman (Kendall)	
	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas
APIS-1021	0.712	0.680	0.343	0.33	-80.85	-76.89	0.757 (0.614)	0.792 (0.608)
APIS-1065	0.676	0.677	0.280	0.26	-68.83	-63.57	0.756 (0.624)	0.794 (0.617)
---	---	---	---	---	---	---	---	---
Promedio del despliegue	0.709	0.689	0.312	0.30	-74.84	-70.23	0.772 (0.629)	0.798 (0.614)

Promedio del despliegue (ppb)		Error		Precisión				Captura de datos (%)	
		RMSE (ppb)		Desv. est. (ppb)		CV (%)			
1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas
23.2	23.8	315.2	304.5	10.9	8.0	47.2	33.6	100	100

Gráficos de regresión individuales para los dispositivos contra el equipo de referencia

Promedios de 1 hora (ppb)

Promedios de 8 horas (ppb)



Información del evaluador

Institución: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático-UNAM, Dirección de Monitoreo de la Calidad del Aire-SEDEMA

Ubicación del sitio de prueba: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Ciudad Universitaria, Coyoacán, Ciudad de México

Lat.: 19.326° Long.: -99.176° Altitud: 2290 m

Información del dispositivo CMM

Marca y modelo: CMM modelo AIRLAB

Versión de firmware: ---

Intervalo de muestreo: ~3 minutos

Números de serie: AIRLAB-1, AIRLAB-2

Problemas identificados durante el despliegue: Problemas de comunicación al inicio de la campaña.

Información del equipo de referencia para CO

Marca y modelo: Teledyne API modelo T300

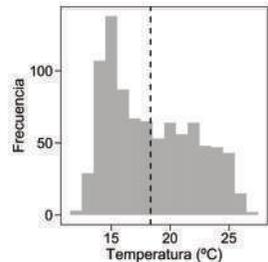
Número de serie: 1145

Intervalo de muestreo: 1 minuto

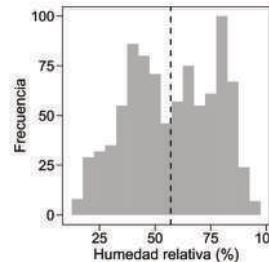
Fecha de calibración: 23 de mayo de 2022

Observaciones: El instrumento operó sin problemas, se realizaron verificaciones de la respuesta del instrumento una vez cada seis días.

Temperatura y humedad ambientales durante el despliegue

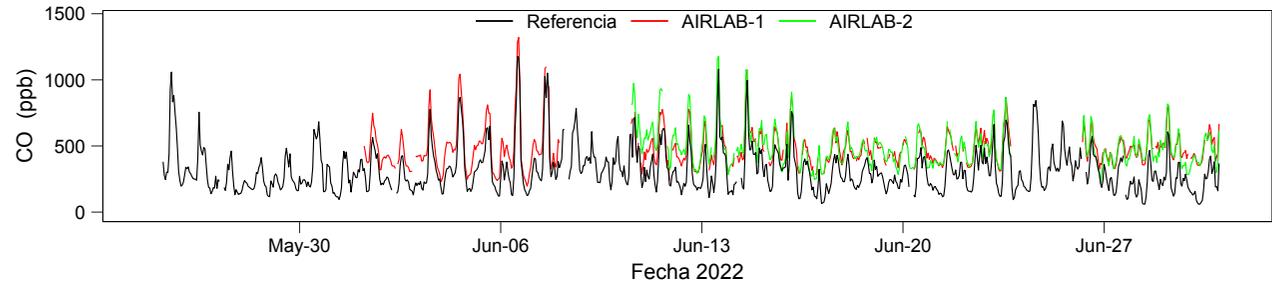


Número de periodos de 1 hora fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0

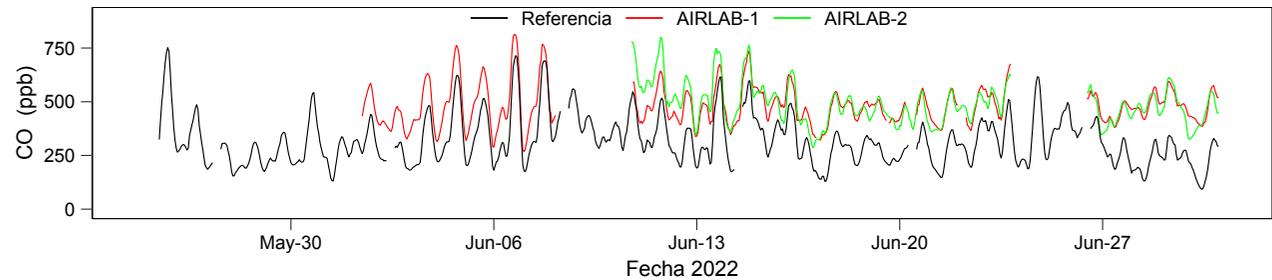


Número de periodos de 1 hora fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0

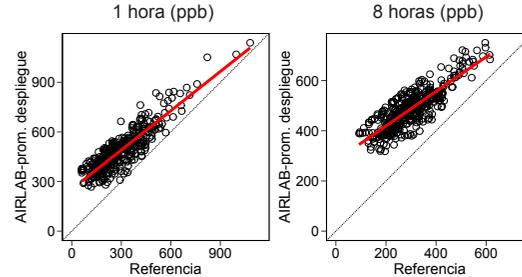
Serie de tiempo, promedio de 1 hora



Serie de tiempo, promedio de 8 horas

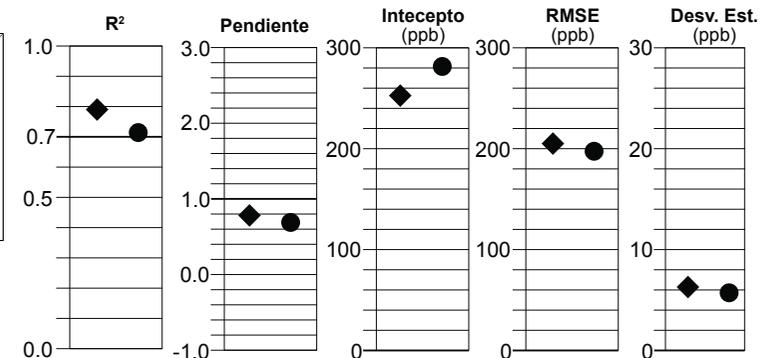


Comparación con el equipo de referencia

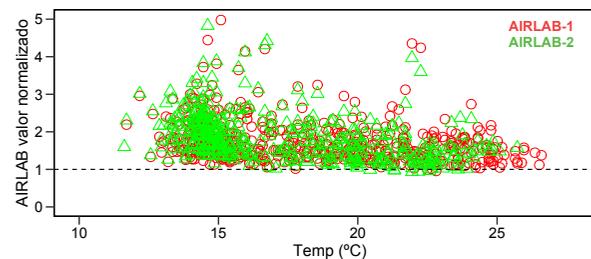


Intervalos de concentraciones medidas por el equipo de referencia (ppb): 59.6 a 1177.7 (1-h), 92.3 a 751.6 (8-h)
 Número de periodos de 1 hora (8 horas) con concentraciones mayores a la NOM: 0 (0)

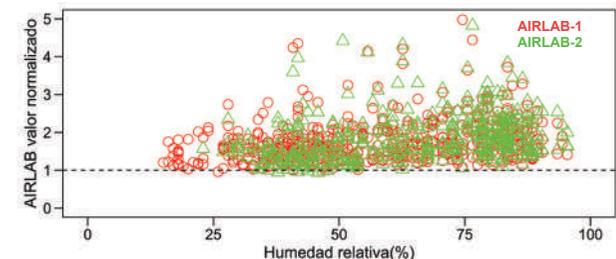
Métricas de desempeño ◆ 1-h ● 8-h



Efecto de las condiciones ambientales



Número de datos (prom. 1-h): AIRLAB-1=555, AIRLAB-2=425
 Temperatura promedio: 18.3 °C



Número de datos (prom. 24-h): AIRLAB-1=555, AIRLAB-2=425
 Humedad relativa promedio: 57 %

Dispositivos: CMM - AIRLAB

Estadísticas

	Número de datos pareados		Promedio ± desv. est.		Mediana		Mín (Máx)	
	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas
Referencia (ppb)	388	413	292.5 ± 144.9	297.3 ± 98.5	256.3	289.6	59.6 (1080.6)	92.3 (615.3)
Sensor-1 (ppb)	388	413	480.6 ± 123.0	481.2 ± 73.9	461.1	478.9	237.3 (1100.6)	318.6 (735.6)
Sensor-2 (ppb)	388	413	488.8 ± 141.3	490.9 ± 94.5	469.4	485.3	220.4 (1177.1)	286.9 (799.6)
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Resultados de la evaluación

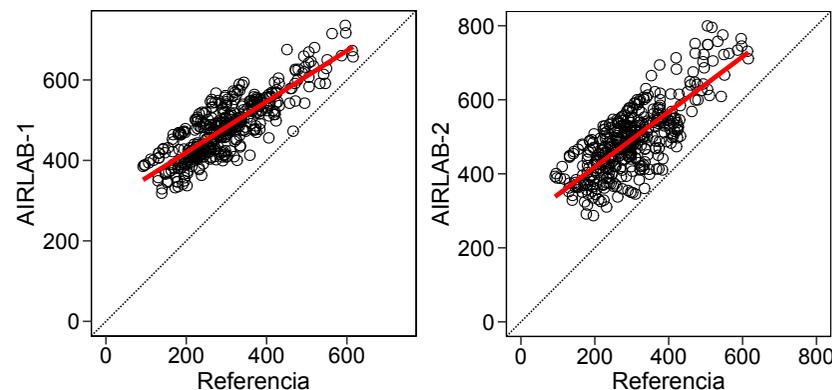
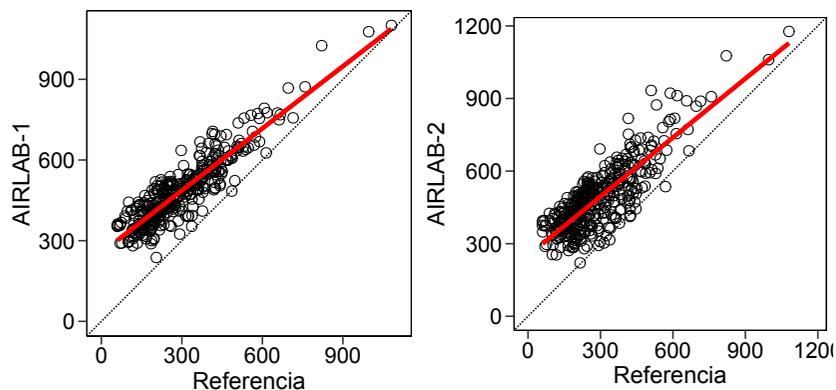
	Sesgo y linealidad							
	R ²		Pendiente		Intercepto (ppb)		Spearman (Kendall)	
	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas
Sensor-1	0.824	0.710	0.77	0.63	255.28	293.22	0.871 (0.692)	0.810 (0.624)
Sensor-2	0.694	0.604	0.81	0.75	251.14	269.22	0.766 (0.572)	0.716 (0.527)
---	---	---	---	---	---	---	---	---
Promedio del despliegue	0.790	0.715	0.79	0.69	253.21	281.22	0.843 (0.652)	0.799 (0.610)

Promedio del despliegue (ppb)		Error		Precisión				Captura de datos (%)	
		RMSE (ppb)		Desv. est. (ppb)		CV (%)			
1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas
484.7	486.1	205.5	197.9	30.3	27.9	6.3	5.7	44	48

Gráficos de regresión individuales para los dispositivos contra el equipo de referencia

Promedios de 1 hora (ppb)

Promedios de 8 horas (ppb)



Información del evaluador

Institución: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático-UNAM, Dirección de Monitoreo de la Calidad del Aire-SEDEMA

Ubicación del sitio de prueba: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Ciudad Universitaria, Coyoacán, Ciudad de México

Lat.: 19.326° Long.: -99.176° Altitud: 2290 m

Información del dispositivo KUNAK

Marca y modelo: Kunak modelo AIR Pro

Versión de firmware: 1.255.120 (algoritmo para gases 3.5)

Intervalo de muestreo: 5 minutos

Números de serie: 0321350086 y 0321240044

Problemas identificados durante el despliegue:
No se identificaron problemas durante la operación.

Información del equipo de referencia para CO

Marca y modelo: Teledyne API modelo T300

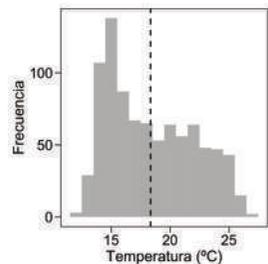
Número de serie: 1145

Intervalo de muestreo: 1 minuto

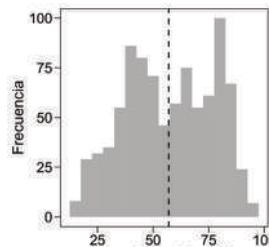
Fecha de calibración: 23 de mayo de 2022

Observaciones: El instrumento operó sin problemas, se realizaron verificaciones de la respuesta del instrumento una vez cada seis días.

Temperatura y humedad ambientales durante el despliegue

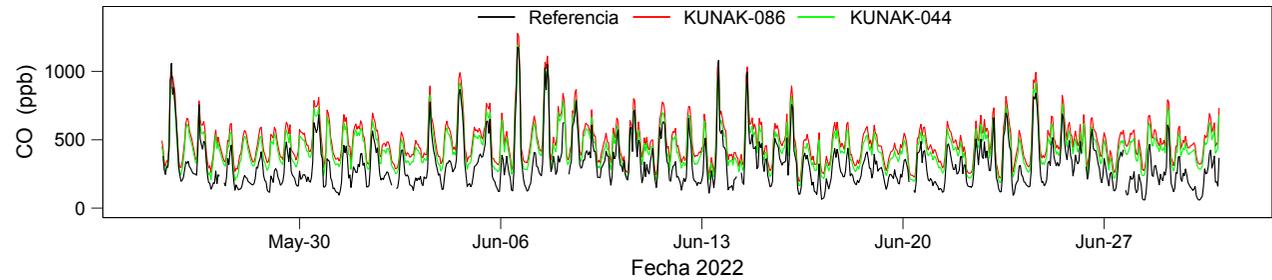


Número de periodos de 1 hora fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0

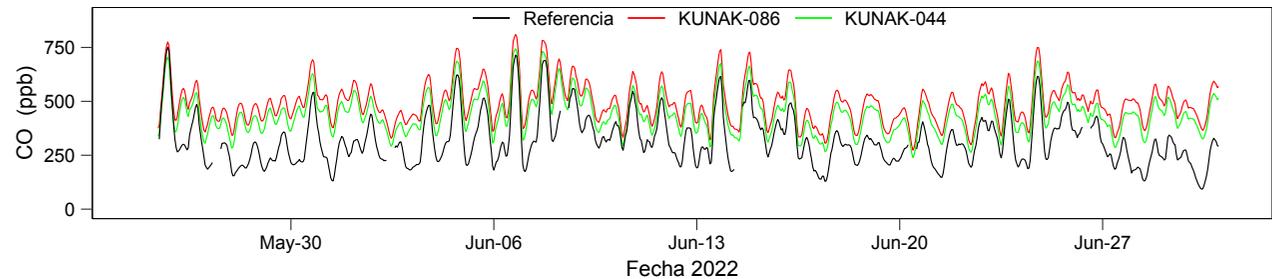


Número de periodos de 1 hora fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0

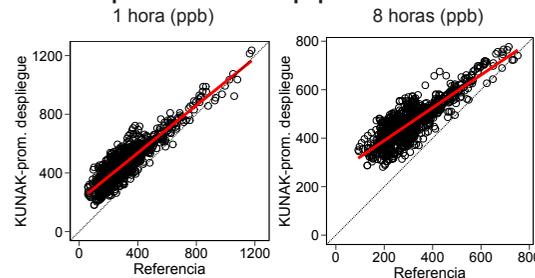
Serie de tiempo, promedio de 1 hora



Serie de tiempo, promedio de 8 horas

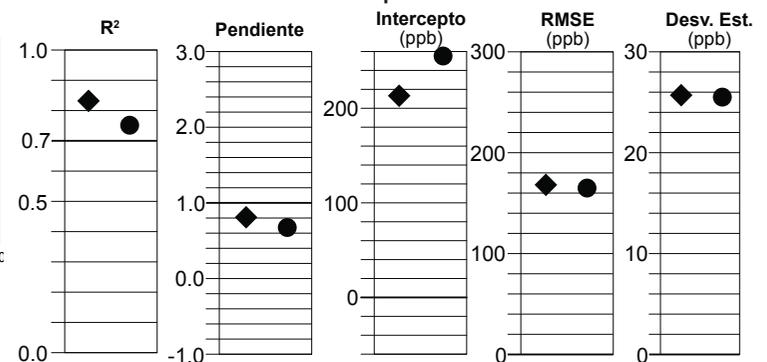


Comparación con el equipo de referencia

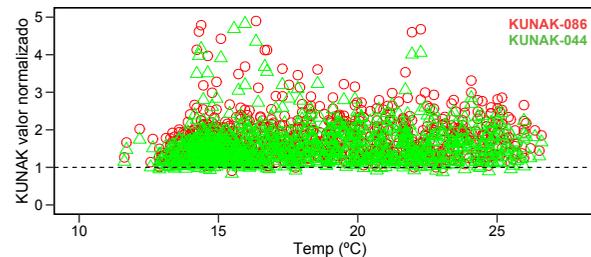


Intervalos de concentraciones medidas por el equipo de referencia (ppb): 59.6 a 1177.7 (1-h), 92.3 a 751.6 (8-h)
Número de periodos de 1 hora (8 horas) con concentraciones mayores a la NOM: 0 (0)

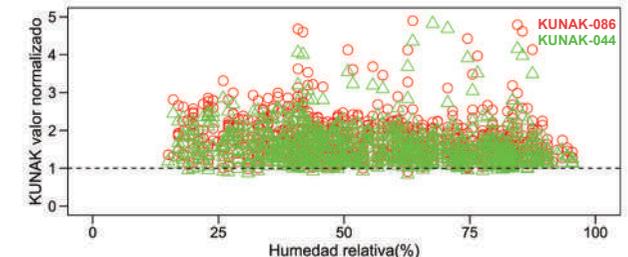
Métricas de desempeño ◆ 1-h ● 8-h



Efecto de las condiciones ambientales



Número de datos (prom. 1-h): KUNAK-086=877, KUNAK-044=875
Temperatura promedio: 18.3 °C



Número de datos (prom. 1-h): KUNAK-086=877, KUNAK-044=875
Humedad relativa promedio: 57 %

Dispositivos: KUNAK - AIR Pro

Estadísticas

	Número de datos pareados		Promedio ± desv. est.		Mediana		Mín (Máx)	
	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas
Referencia (ppb)	876	855	315.5 ± 168.2	316.5 ± 114.3	272.9	297.7	59.6 (1177.7)	92.3 (751.6)
KUNAK-086 (ppb)	876	855	493.2 ± 152.5	494.3 ± 91.3	470.4	488.8	197.7 (1277.5)	299.0 (810.0)
KUNAK-044 (ppb)	876	855	443.0 ± 145.7	443.9 ± 87.5	423.8	439.4	164.5 (1194.0)	263.1 (744.0)
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Resultados de la evaluación

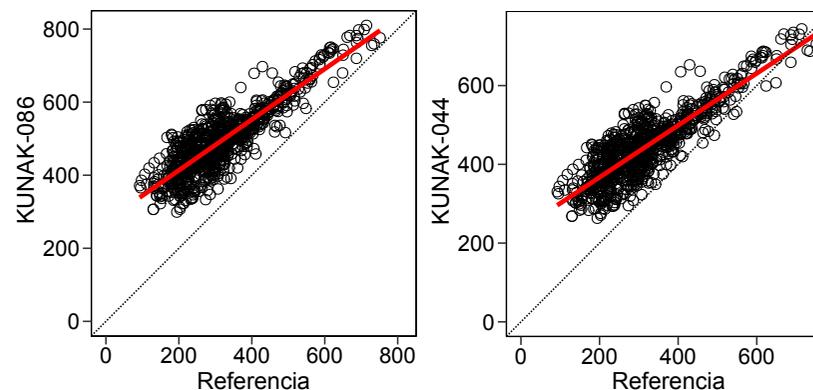
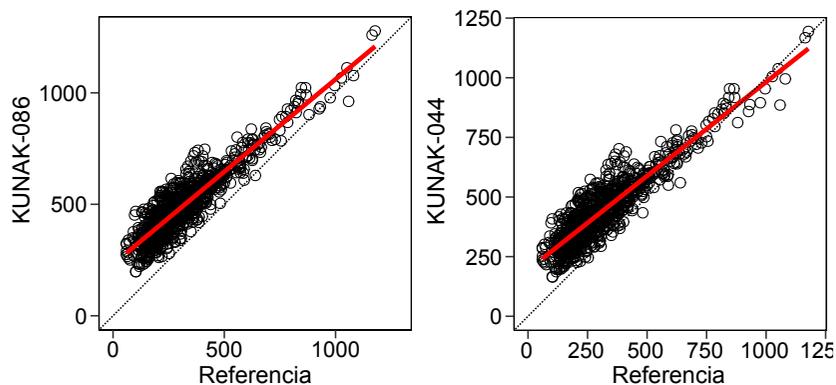
	Sesgo y linealidad							
	R ²		Pendiente		Intercepto (ppb)		Spearman (Kendall)	
	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas
KUNAK-086	0.837	0.754	0.83	0.69	231.60	274.68	0.863 (0.682)	0.811 (0.628)
KUNAK-044	0.827	0.744	0.79	0.66	194.55	235.03	0.859 (0.676)	0.806 (0.620)
---	---	---	---	---	---	---	---	---
Promedio del despliegue	0.833	0.750	0.81	0.68	213.07	254.86	0.862 (0.679)	0.809 (0.624)

Promedio del despliegue (ppb)		Error		Precisión				Captura de datos (%)	
		RMSE (ppb)		SD (ppb)		CV (%)			
1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas
468.1	469.1	169.4	165.2	25.7	25.5	5.5	5.4	100	100

Gráficos de regresión individuales para los dispositivos contra el equipo de referencia

Promedios de 1 hora (ppb)

Promedios de 8 horas (ppb)



Información del evaluador

Institución: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático-UNAM, Dirección de Monitoreo de la Calidad del Aire-SEDEMA

Ubicación del sitio de prueba: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Ciudad Universitaria, Coyoacán, Ciudad de México

Lat.: 19.326° Long.: -99.176° Altitud: 2290 m

Información del dispositivo SMABILITY

Marca y modelo: SMABILITY modelo SMAA

Versión de firmware: 0.1

Intervalo de muestreo: 5 minutos

Números de serie: SMAA-1, SMAA-2

Problemas identificados durante el despliegue:
No se identificaron problemas durante la operación.

Información del equipo de referencia para CO

Marca y modelo: Teledyne API modelo T300

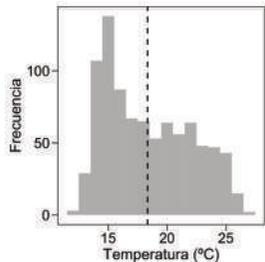
Número de serie: 1145

Intervalo de muestreo: 1 minuto

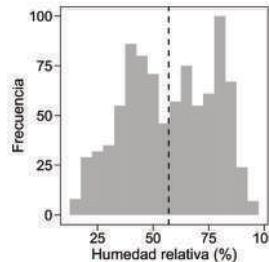
Fecha de calibración: 23 de mayo de 2022

Observaciones: El instrumento operó sin problemas, se realizaron verificaciones de la respuesta del instrumento una vez cada seis días.

Temperatura y humedad ambientales durante el despliegue

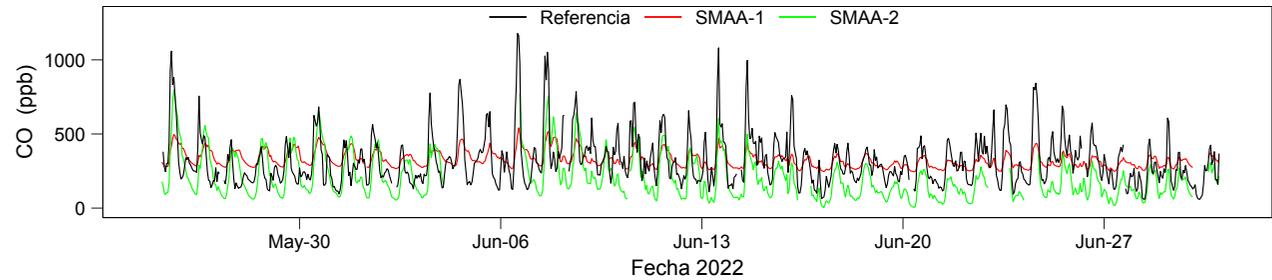


Número de periodos de 1 hora fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0

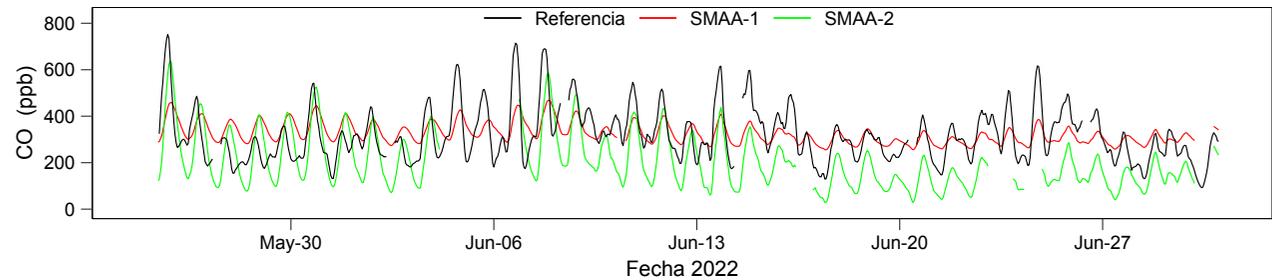


Número de periodos de 1 hora fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0

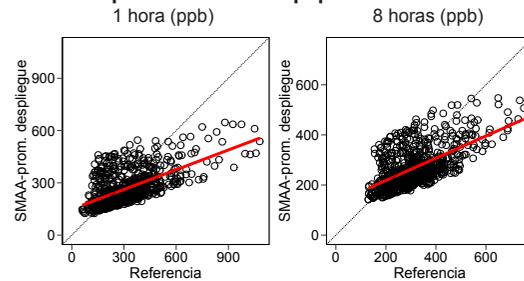
Serie de tiempo, promedio de 1 hora



Serie de tiempo, promedio de 8 horas

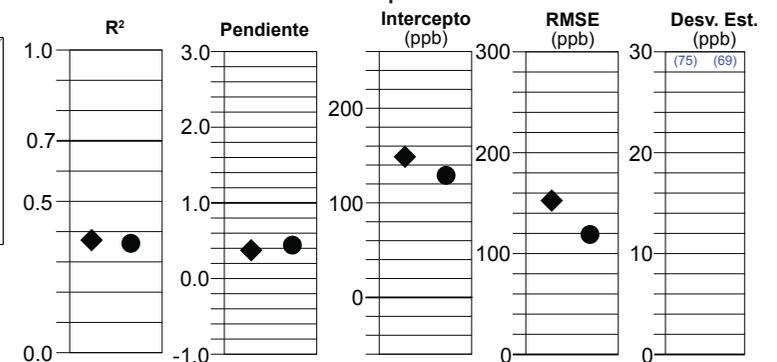


Comparación con el equipo de referencia

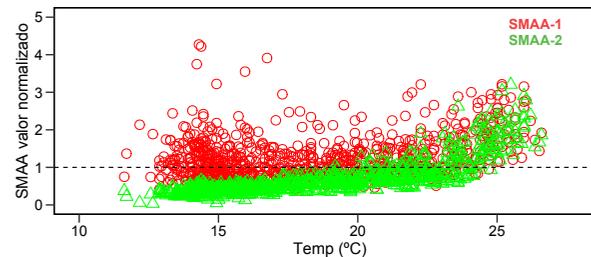


Intervalos de concentraciones medidas por el equipo de referencia (ppb): 59.6 a 1177.7 (1-h), 92.3 a 751.6 (8-h)
Número de periodos de 1 hora (8 horas) con concentraciones mayores a la NOM: 0 (0)

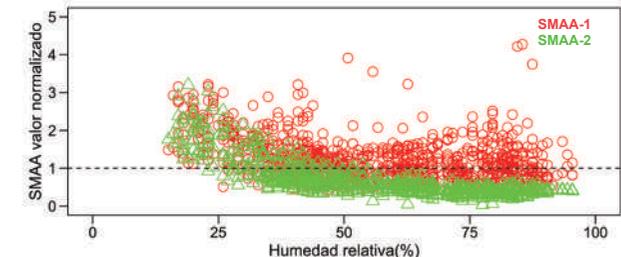
Métricas de desempeño ◆ 1-h ● 8-h



Efecto de las condiciones ambientales



Número de datos (prom. 1-h): SMAA-1=860, SMAA-2=753
Temperatura promedio: 18.3 °C



Número de datos (prom. 1-h): SMAA-1=860, SMAA-2=753
Humedad relativa promedio: 57 %

Dispositivos: SMABILITY - SMAA

Estadísticas

	Número de datos pareados		Promedio ± desv. est.		Mediana		Mín (Máx)	
	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas
Referencia (ppb)	749	713	310.9 ± 157.5	312.2 ± 108.1	271.7	296.8	59.6 (1080.6)	129.6 (751.6)
SMAA-1 (ppb)	749	713	325.3 ± 53.0	326.4 ± 43.9	312.3	316.7	245.2 (515.7)	255.5 (468.8)
SMAA-2 (ppb)	749	713	206.8 ± 142.4	209.6 ± 115.9	166.8	181.7	4.0 (796.6)	28.8 (637.1)
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Resultados de la evaluación

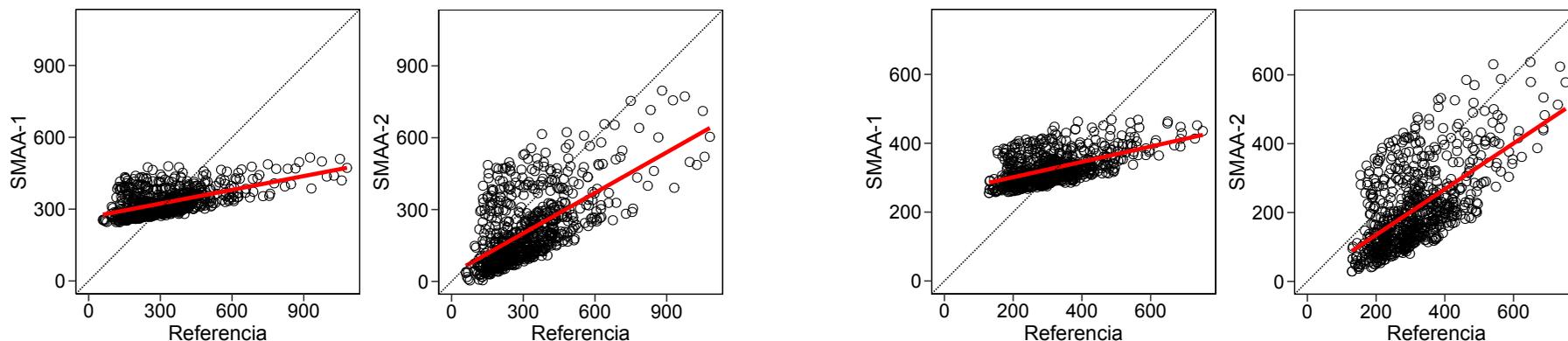
	Sesgo y linealidad							
	R ²		Pendiente		Intercepto (ppb)		Spearman (Kendall)	
	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas
SMAA-1	0.324	0.301	0.19	0.22	265.76	256.80	0.545 (0.405)	0.513 (0.371)
SMAA-2	0.389	0.384	0.56	0.66	31.55	2.19	0.605 (0.456)	0.582 (0.427)
---	---	---	---	---	---	---	---	---
Promedio del despliegue	0.373	0.362	0.38	0.44	148.65	129.50	0.589 (0.443)	0.565 (0.413)

Promedio del despliegue (ppb)	Error		Precisión				Captura de datos (%)			
	RMSE (ppb)		Desv. est. (ppb)		CV (%)					
	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas		
1 hora	266.0	268.0	152.0	119.8	74.7	68.9	28.1	25.7	85	83

Gráficos de regresión individuales para los dispositivos contra el equipo de referencia

Promedios de 1 hora (ppb)

Promedios de 8 horas (ppb)



Parametro: dióxido de nitrógeno (NO₂)

Sitio: ICAyCC

Información del evaluador

Institución: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático-UNAM, Dirección de Monitoreo de la Calidad del Aire-SEDEMA

Ubicación del sitio de prueba: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Ciudad Universitaria, Coyoacán, Ciudad de México

Lat.: 19.326° Long.: -99.176° Altitud: 2290 m

Información del dispositivo APIS

Marca y modelo: APIS modelo APM01

Versión de firmware: 6.4.3

Intervalo de muestreo: 1 minuto

Números de serie: 1021, 1065

Problemas identificados durante el despliegue:
No se identificaron problemas.

Información del equipo de referencia para NO₂

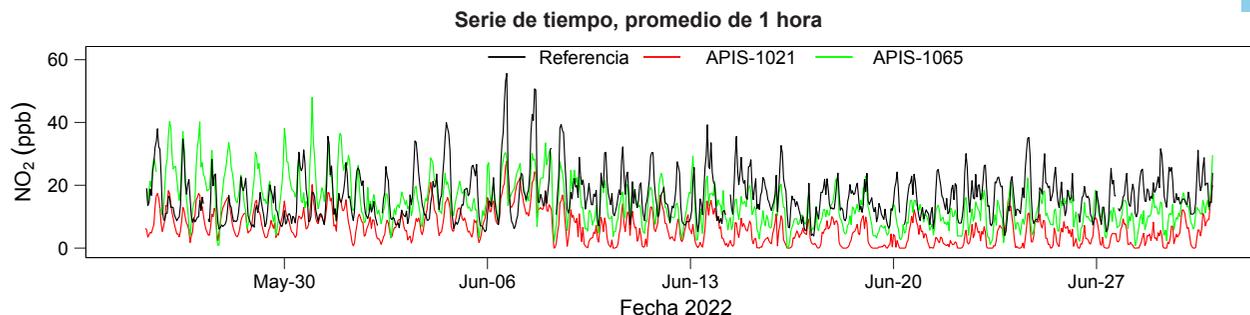
Marca y modelo: Teledyne API modelo T200

Número de serie: 73

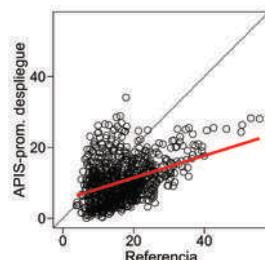
Intervalo de muestreo: 1 minuto

Fecha de calibración: 23 de mayo de 2022

Observaciones: El instrumento operó sin problemas, se realizaron verificaciones de la respuesta del instrumento una vez cada seis días..

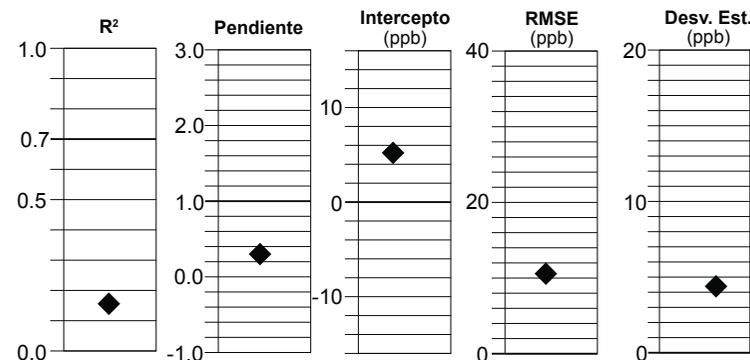


Comparación con el equipo de referencia
1 hora

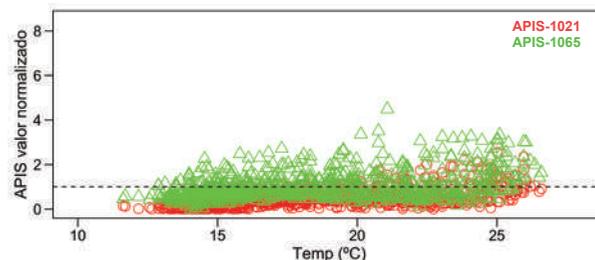


Intervalos de concentraciones medidas por el equipo de referencia (ppb): 3.8 a 55.6
Número de periodos de 1 hora con concentraciones mayores a la NOM (>106 ppb): 0

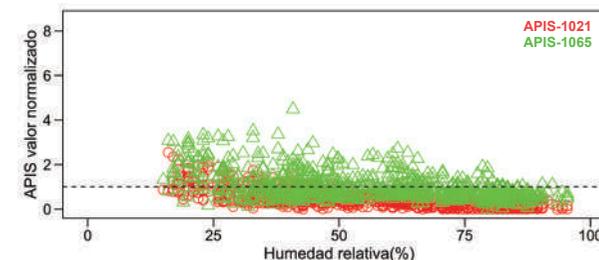
Métricas de desempeño



Efectos de las condiciones ambientales

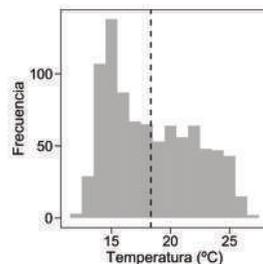


Número de datos (prom. 1-h): APIS-1021=877, APIS-1065=875
Temperatura promedio: 18.3 °C

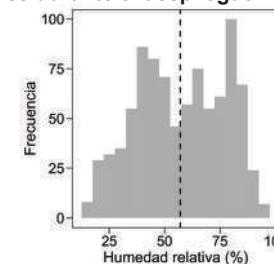


Número de datos (prom. 1-h): APIS-1021=877, APIS-1065=875
Humedad relativa promedio: 57 %

Temperatura y humedad ambientales durante el despliegue



Número de periodos de 1 hora fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0



Número de periodos de 1 hora fuera del límite de humedad relativa recomendado por el fabricante: 0

Dispositivo: APIS - APM01

Estadísticas

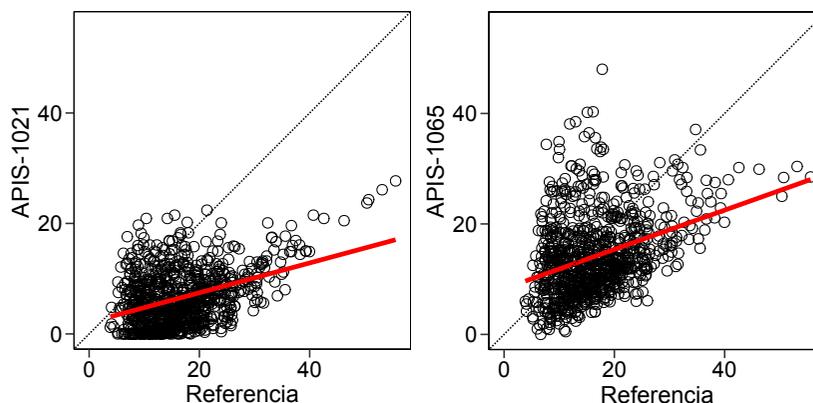
	Número de datos pareados 1 hora	Promedio ± desv. est. 1 hora	Mediana 1 hora	Mín (Máx) 1 hora
Referencia (ppb)	875	16.5 ± 7.4	15.4	3.8 (55.6)
APIS-1021 (ppb)	875	6.5 ± 5.0	5.8	0.0 (27.7)
APIS-1065 (ppb)	875	14.5 ± 7.2	13.0	0.0 (48.0)
---	---	---	---	---

Resultados de la evaluación

	Sesgo y linealidad			Spearman (Kendall)
	R ²	Pendiente	Intercepto (ppb)	
APIS-1021	0.158	0.270	2.1	0.287 (0.204)
APIS-1065	0.131	0.355	8.3	0.333 (0.236)
---	---	---	---	---
Promedio del despliegue	0.156	0.312	5.2	0.324 (0.231)

Promedio del despliegue (ppb)	Error	Precisión		Captura de datos (%)
	RMSE (ppb)	Desv. est. (ppb)	CV (%)	
10.3	10.6	4.4	42.4	100

Gráficos de regresión individuales para los dispositivos contra el equipo de referencia
Promedios de 1 hora (ppb)



Información del evaluador

Institución: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático-UNAM, Dirección de Monitoreo de la Calidad del Aire-SEDEMA

Ubicación del sitio de prueba: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Ciudad Universitaria, Coyoacán, Ciudad de México

Lat.: 19.326° Long.: -99.176° Altitud: 2290 m

Información del dispositivo CMM

Marca y modelo: CMM modelo AIRLAB

Versión de firmware: ---

Intervalo de muestreo: ~3 minutos

Números de serie: AIRLAB-1, AIRLAB-2

Problemas identificados durante el despliegue: Problemas de comunicación al inicio de la campaña.

Información del equipo de referencia para NO₂

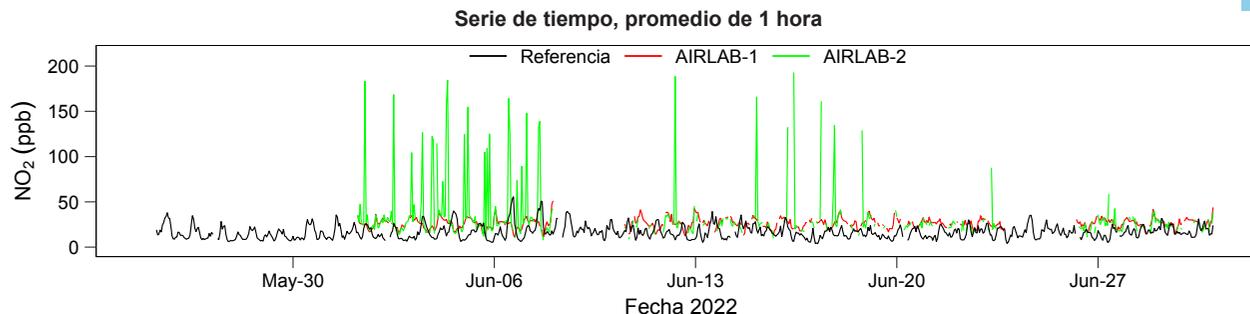
Marca y modelo: Teledyne API modelo T200

Número de serie: 73

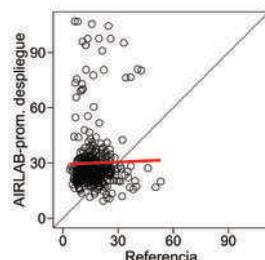
Intervalo de muestreo: 1 minuto

Fecha de calibración: 23 de mayo de 2022

Observaciones: El instrumento operó sin problemas, se realizaron verificaciones de la respuesta del instrumento una vez cada seis días..

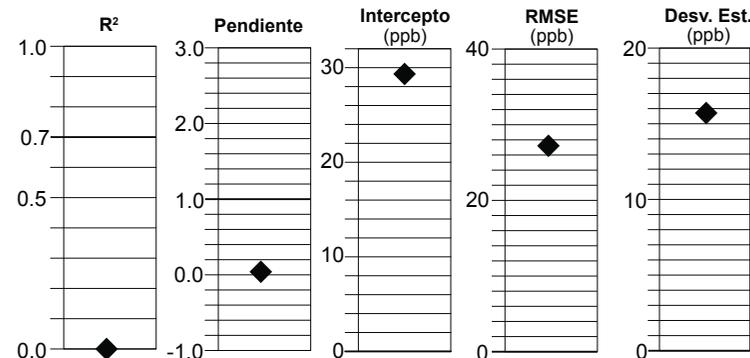


Comparación con el equipo de referencia
1 hora

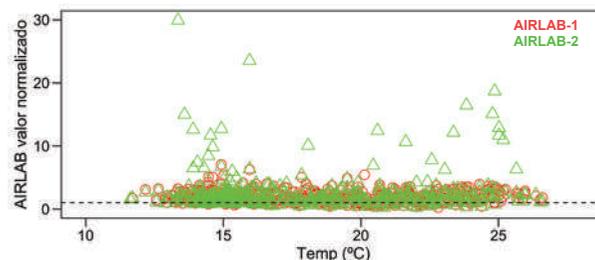


Intervalos de concentraciones medidas por el equipo de referencia (ppb): 3.8 a 55.6
Número de periodos de 1 hora con concentraciones mayores a la NOM (>106 ppb): 0

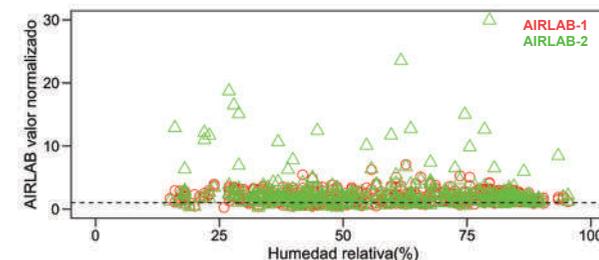
Métricas de desempeño



Efectos de las condiciones ambientales

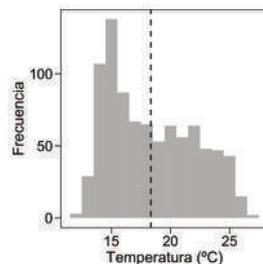


Número de datos (prom. 1-h): AIRLAB-1=555, AIRLAB-2=446
Temperatura promedio: 18.3 °C

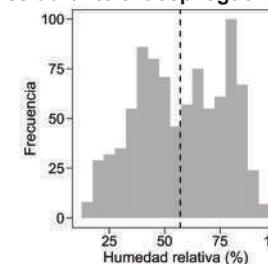


Número de datos (prom. 1-h): AIRLAB-1=555, AIRLAB-2=446
Humedad relativa promedio: 57 %

Temperatura y humedad ambientales durante el despliegue



Número de periodos de 1 hora fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0



Número de periodos de 1 hora fuera del límite de humedad relativa recomendado por el fabricante: 0

Dispositivo: CMM - AIRLAB

Estadísticas

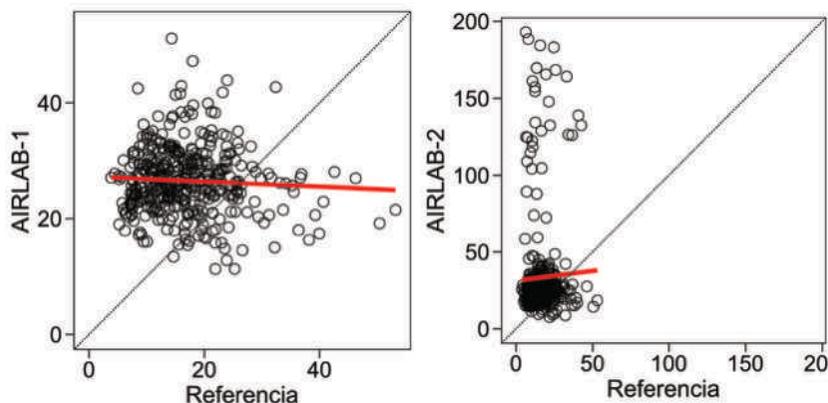
	Número de datos pareados 1 hora	Promedio ± desv. est. 1 hora	Mediana 1 hora	Mín (Máx) 1 hora
Referencia (ppb)	418	16.6 ± 7.5	15.5	3.8 (53.2)
AIRLAB-1 (ppb)	418	26.6 ± 5.7	26.4	11.3 (51.1)
AIRLAB-2 (ppb)	418	33.4 ± 31.1	25.3	7.6 (192.9)
---	---	---	---	---

Resultados de la evaluación

	Sesgo y linealidad			Spearman (Kendall)
	R ²	Pendiente	Intercepto (ppb)	
AIRLAB-1	0.004	-0.04	27.31	0.004 (0.005)
AIRLAB-2	0.001	0.13	31.31	0.018 (0.013)
---	---	---	---	---
Promedio del despliegue	0.000	0.04	29.31	-0.001 (0.000.)

Promedio del despliegue (ppb)	Error	Precisión		Captura de datos (%)
	RMSE (ppb)	Desv. est. (ppb)	CV (%)	
30.0	27.2	15.7	52.4	48

Gráficos de regresión individuales para los dispositivos contra el equipo de referencia
Promedios de 1 hora (ppb)



Información del evaluador

Institución: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático-UNAM, Dirección de Monitoreo de la Calidad del Aire-SEDEMA

Ubicación del sitio de prueba: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Ciudad Universitaria, Coyoacán, Ciudad de México

Lat.: 19.326° Long.: -99.176° Altitud: 2290 m

Información del dispositivo ELLONA

Marca y modelo: ELLONA modelo WT1

Versión de firmware: 1.19

Intervalo de muestreo: 1 minuto

Números de serie: 30062, 30063

Problemas identificados durante el despliegue:

Falla en el dispositivo 30062. No se realizó la evaluación de desempeño para el parámetro.

Información del equipo de referencia para NO₂

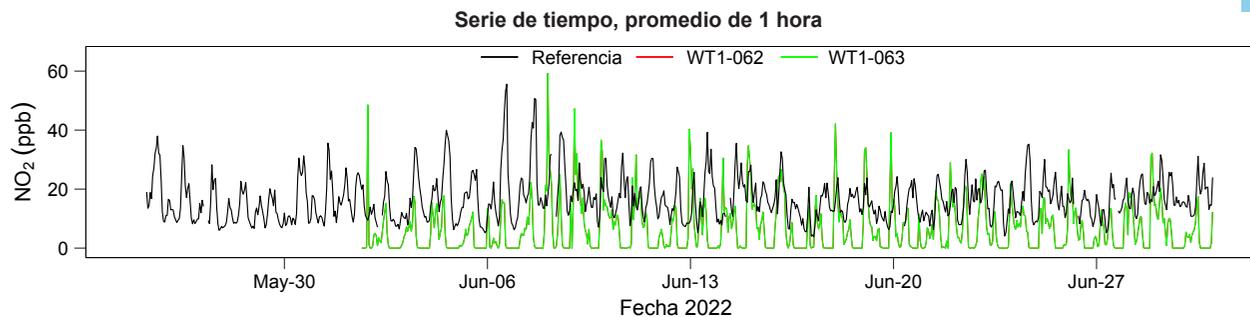
Marca y modelo: Teledyne API modelo T200

Número de serie: 73

Intervalo de muestreo: 1 minuto

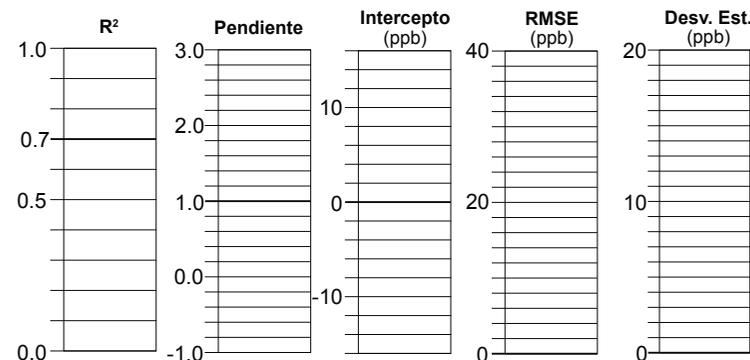
Fecha de calibración: 23 de mayo de 2022

Observaciones: El instrumento operó sin problemas, se realizaron verificaciones de la respuesta del instrumento una vez cada seis días..



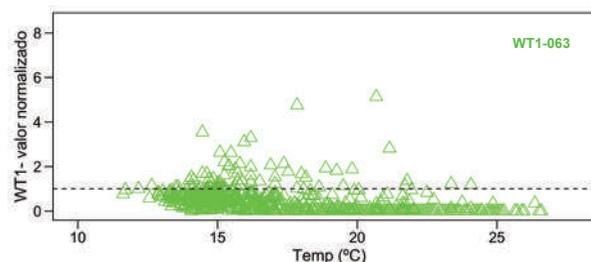
Comparación con el equipo de referencia
1 hora

Métricas de desempeño

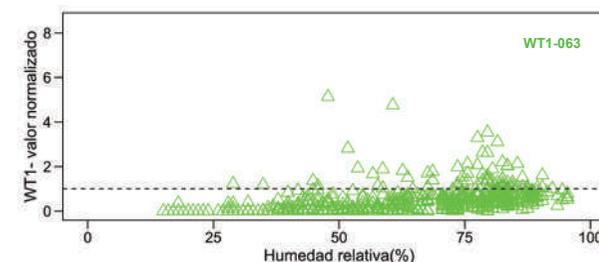


Intervalos de concentraciones medidas por el equipo de referencia (ppb): 3.8 a 55.6
Número de periodos de 1 hora con concentraciones mayores a la NOM (>106 ppb): 0

Efectos de las condiciones ambientales

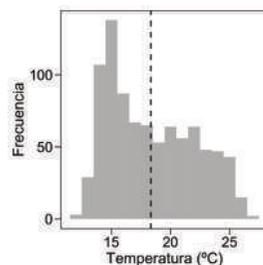


Número de datos (prom. 1-h): WT1-063=702
Temperatura promedio: 18.3 °C

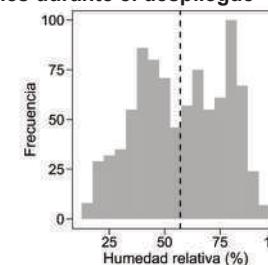


Número de datos (prom. 1-h): WT1-063=702
Humedad relativa promedio: 57 %

Temperatura y humedad ambientales durante el despliegue



Número de periodos de 1 hora fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0



Número de periodos de 1 hora fuera del límite de humedad relativa recomendado por el fabricante: 0

Dispositivo: ELLONA - WT1

Estadísticas

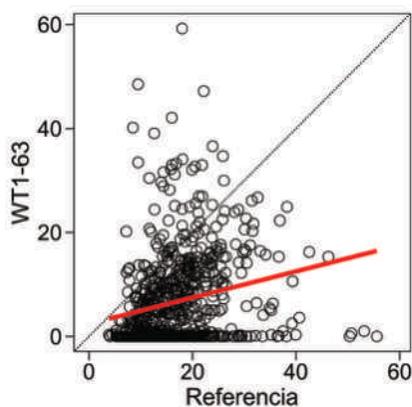
	Número de datos pareados 1 hora	Promedio ± desv. est. 1 hora	Mediana 1 hora	Mín (Máx) 1 hora
Referencia (ppb)	---	---	---	---
WT1-062 (ppb)	---	---	---	---
WT1-063 (ppb)	---	---	---	---
---	---	---	---	---

Resultados de la evaluación

	Sesgo y linealidad			Spearman (Kendall)
	R ²	Pendiente	Intercepto (ppb)	
WT1-062	---	---	---	---
WT1-063	---	---	---	---
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---

Promedio del despliegue (ppb)	Error	Precisión		Captura de datos (%)
	RMSE (ppb)	Desv. est. (ppb)	CV (%)	
---	---	---	---	---

Gráficos de regresión individuales para los dispositivos contra el equipo de referencia
Promedios de 1 hora (ppb)



Información del evaluador

Institución: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático-UNAM, Dirección de Monitoreo de la Calidad del Aire-SEDEMA

Ubicación del sitio de prueba: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Ciudad Universitaria, Coyoacán, Ciudad de México

Lat.: 19.326° Long.: -99.176° Altitud: 2290 m

Información del dispositivo ENVEA

Marca y modelo: ENVEA modelo CAIRNET

Versión de firmware: 1.2.3

Intervalo de muestreo: 1 minutos

Números de serie: CXM22020313, CXM22020314

Problemas identificados durante el despliegue:
No se identificaron problemas durante la operación.

Información del equipo de referencia para NO₂

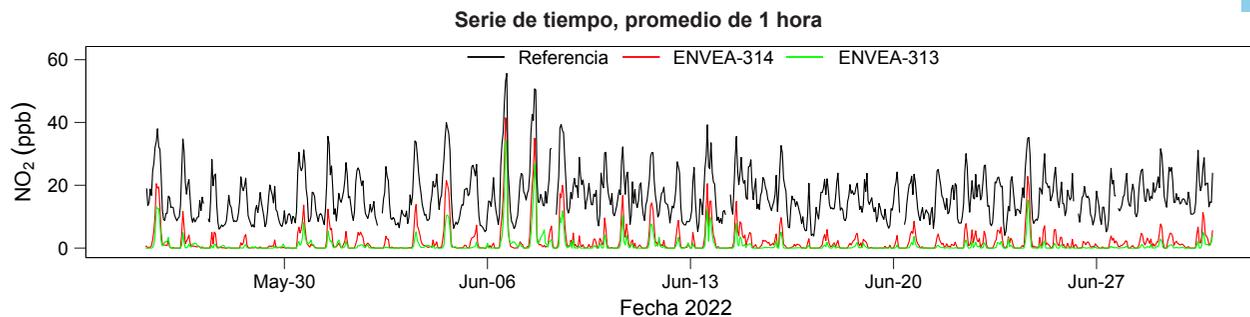
Marca y modelo: Teledyne API modelo T200

Número de serie: 73

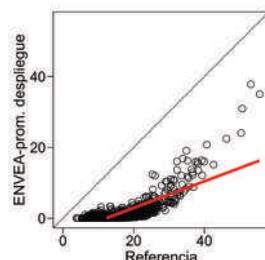
Intervalo de muestreo: 1 minuto

Fecha de calibración: 23 de mayo de 2022

Observaciones: El instrumento operó sin problemas, se realizaron verificaciones de la respuesta del instrumento una vez cada seis días..

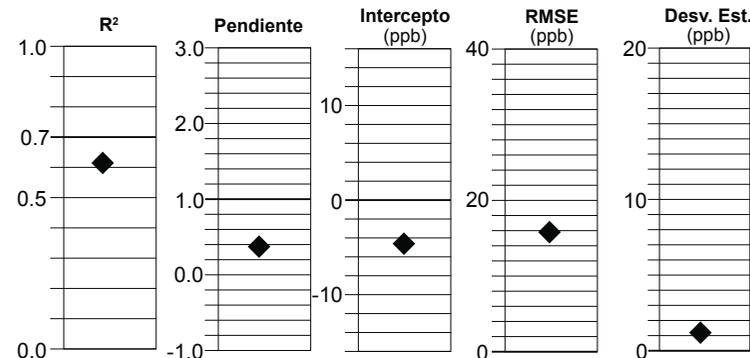


Comparación con el equipo de referencia
1 hora

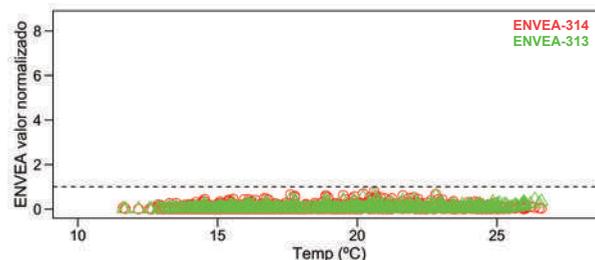


Intervalos de concentraciones medidas por el equipo de referencia (ppb): 3.8 a 55.6
Número de periodos de 1 hora con concentraciones mayores a la NOM (>106 ppb): 0

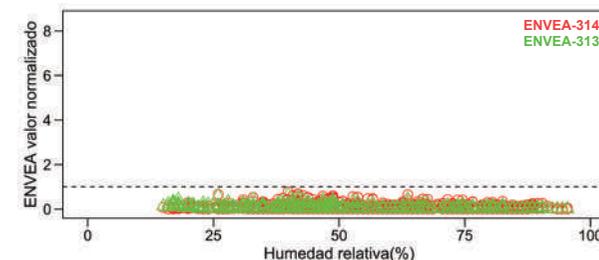
Métricas de desempeño



Efectos de las condiciones ambientales

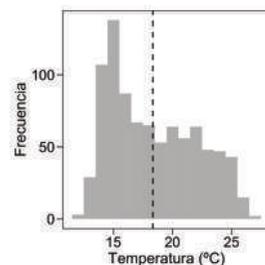


Número de datos (prom. 1-h): ENVEA-314=877, ENVEA-313=877
Temperatura promedio: 18.3 °C

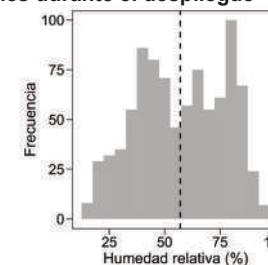


Número de datos (prom. 1-h): ENVEA-314=877, ENVEA-313=877
Humedad relativa promedio: 57 %

Temperatura y humedad ambientales durante el despliegue



Número de periodos de 1 hora fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0



Número de periodos de 1 hora fuera del límite de humedad relativa recomendado por el fabricante: 0

Dispositivo: ENVEA - CAIRNET

Estadísticas

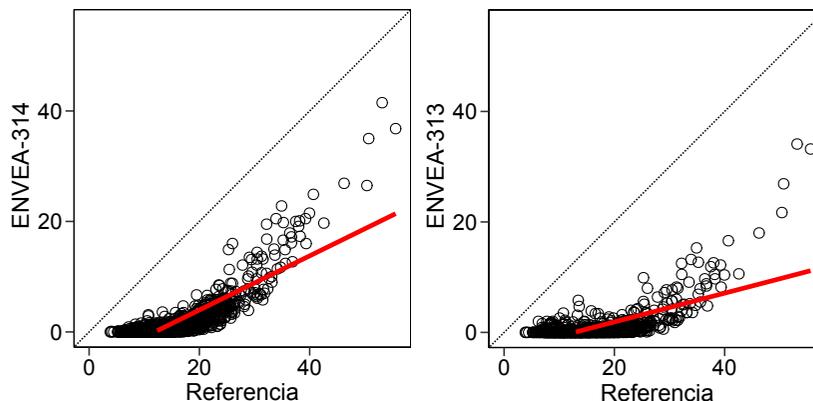
	Número de datos pareados 1 hora	Promedio ± desv. est. 1 hora	Mediana 1 hora	Mín (Máx) 1 hora
Referencia (ppb)	877	16.6 ± 7.4	15.4	3.8 (55.6)
ENVEA-314 (ppb)	877	2.3 ± 4.4	0.7	0.0 (41.5)
ENVEA-313 (ppb)	877	1.0 ± 2.8	0.1	0.0 (34.1)
---	---	---	---	---

Resultados de la evaluación

	Sesgo y linealidad			Spearman (Kendall)
	R ²	Pendiente	Intercepto (ppb)	
ENVEA-314	0.694	0.49	-5.83	0.826 (0.653)
ENVEA-313	0.462	0.26	-3.31	0.557 (0.433)
---	---	---	---	---
Promedio del despliegue	0.616	0.38	-4.57	0.769 (0.596)

Promedio del despliegue (ppb)	Error	Precisión		Captura de datos (%)
	RMSE (ppb)	Desv. est. (ppb)	CV (%)	
1.6	15.8	1.2	71.7	100

Gráficos de regresión individuales para los dispositivos contra el equipo de referencia
Promedios de 1 hora (ppb)



Información del evaluador

Institución: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático-UNAM, Dirección de Monitoreo de la Calidad del Aire-SEDEMA

Ubicación del sitio de prueba: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Ciudad Universitaria, Coyoacán, Ciudad de México

Lat.: 19.326° Long.: -99.176° Altitud: 2290 m

Información del dispositivo KUNAK

Marca y modelo: Kunak modelo AIR Pro

Versión de firmware: 1.255.120 (algoritmo para gases 3.5)

Intervalo de muestreo: 5 minutos

Números de serie: 0321350086 y 0321240044

Problemas identificados durante el despliegue:
No se identificaron problemas durante la operación.

Información del equipo de referencia para NO₂

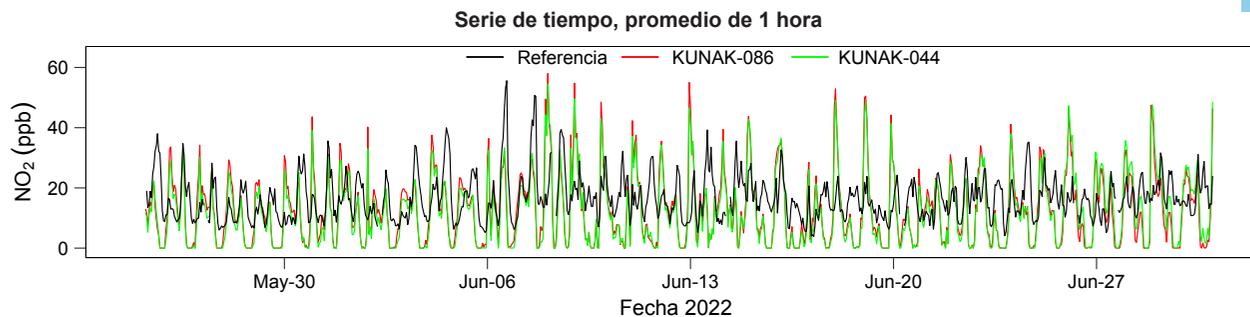
Marca y modelo: Teledyne API modelo T200

Número de serie: 73

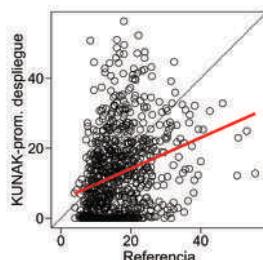
Intervalo de muestreo: 1 minuto

Fecha de calibración: 23 de mayo de 2022

Observaciones: El instrumento operó sin problemas, se realizaron verificaciones de la respuesta del instrumento una vez cada seis días..



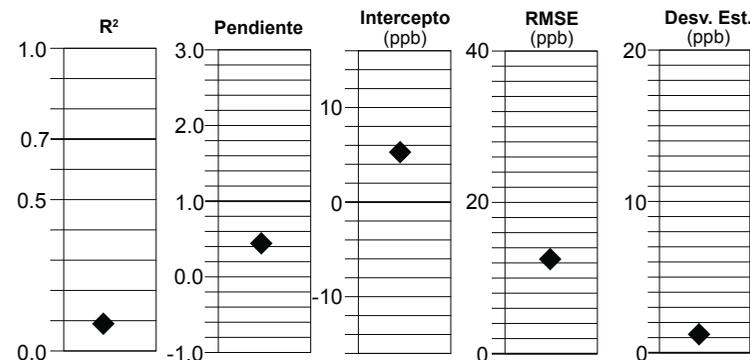
Comparación con el equipo de referencia
1 hora



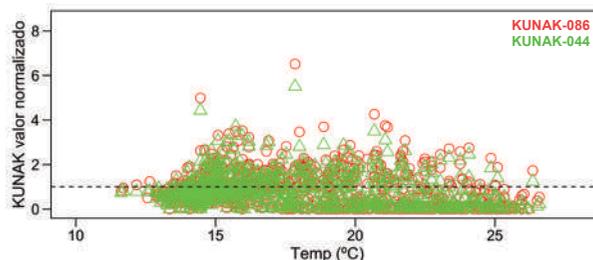
Intervalos de concentraciones medidas por el equipo de referencia (ppb): 3.8 a 55.6

Número de periodos de 1 hora con concentraciones mayores a la NOM (>106 ppb): 0

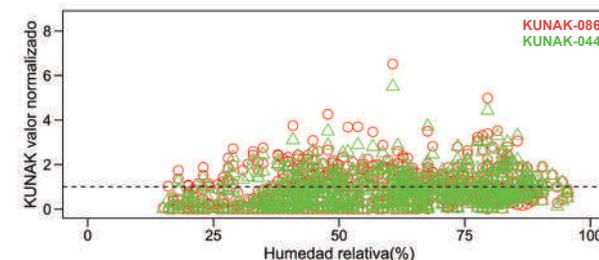
Métricas de desempeño



Efectos de las condiciones ambientales

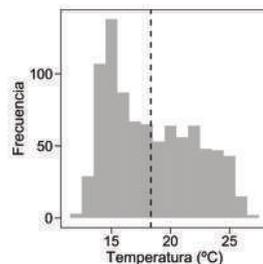


Número de datos (prom. 1-h): KUNAK-086=876, KUNAK-044=876
Temperatura promedio: 18.3 °C

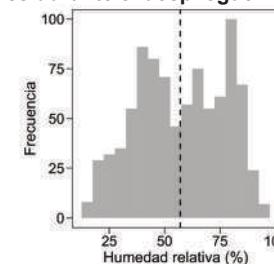


Número de datos (prom. 1-h): KUNAK-086=876, KUNAK-044=876
Humedad relativa promedio: 57 %

Temperatura y humedad ambientales durante el despliegue



Número de periodos de 1 hora fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0



Número de periodos de 1 hora fuera del límite de humedad relativa recomendado por el fabricante: 0

Dispositivo: KUNAK - AIR Pro

Estadísticas

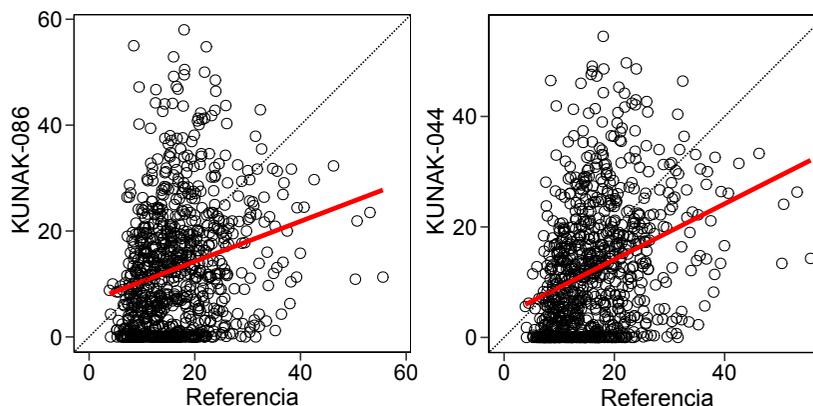
	Número de datos pareados 1 hora	Promedio ± desv. est. 1 hora	Mediana 1 hora	Mín (Máx) 1 hora
Referencia (ppb)	876	16.5 ± 7.4	15.4	3.8 (55.6)
KUNAK-086 (ppb)	876	12.9 ± 11.7	11.4	0.0 (58.0)
KUNAK-044 (ppb)	876	12.4 ± 11.5	10.8	0.0 (54.5)
---	---	---	---	---

Resultados de la evaluación

	Sesgo y linealidad			Spearman (Kendall)
	R ²	Pendiente	Intercepto (ppb)	
KUNAK-086	0.057	0.38	6.66	0.262 (0.178)
KUNAK-044	0.106	0.50	4.00	0.355 (0.244)
---	---	---	---	---
Promedio del despliegue	0.080	0.44	5.33	0.308 (0.210)

Promedio del despliegue (ppb)	Error	Precisión		Captura de datos (%)
	RMSE (ppb)	Desv. est. (ppb)	CV (%)	
12.6	12.5	1.2	9.7	100

Gráficos de regresión individuales para los dispositivos contra el equipo de referencia
Promedios de 1 hora (ppb)



Parametro: ozono (O₃)

Sitio: ICAyCC

Información del evaluador

Institución: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático-UNAM, Dirección de Monitoreo de la Calidad del Aire-SEDEMA

Ubicación del sitio de prueba: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Ciudad Universitaria, Coyoacán, Ciudad de México

Lat.: 19.326° Long.: -99.176° Altitud: 2290 m

Información del dispositivo APIS

Marca y modelo: APIS modelo APM01

Versión de firmware: 6.4.3

Intervalo de muestreo: 1 minuto

Números de serie: 1021, 1065

Problemas identificados durante el despliegue:
No se identificaron problemas durante la operación.

Información del equipo de referencia para O₃

Marca y modelo: Teledyne API modelo 400E

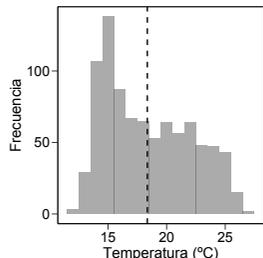
Número de serie: 1208

Intervalo de muestreo: 1 minuto

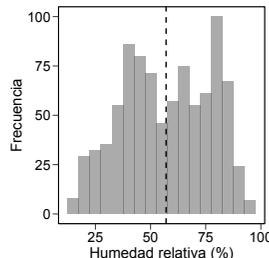
Fecha de calibración: 23 de mayo de 2022

Observaciones: El instrumento operó sin problemas, se realizaron verificaciones de la respuesta del instrumento una vez cada seis días.

Temperatura y humedad ambientales durante el despliegue

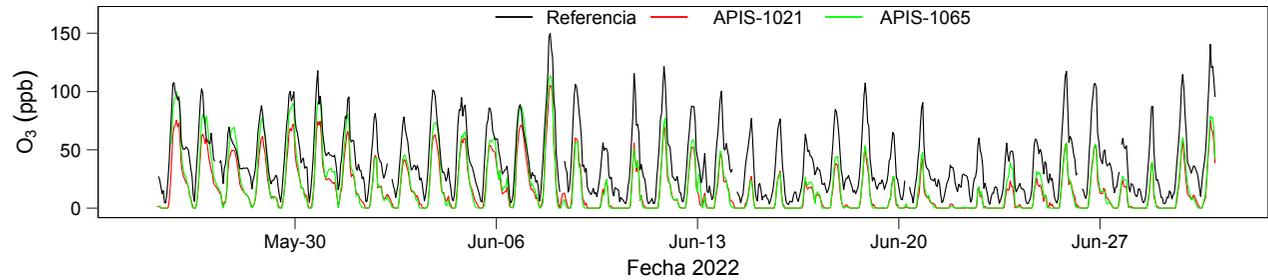


Número de periodos de 1 hora fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0

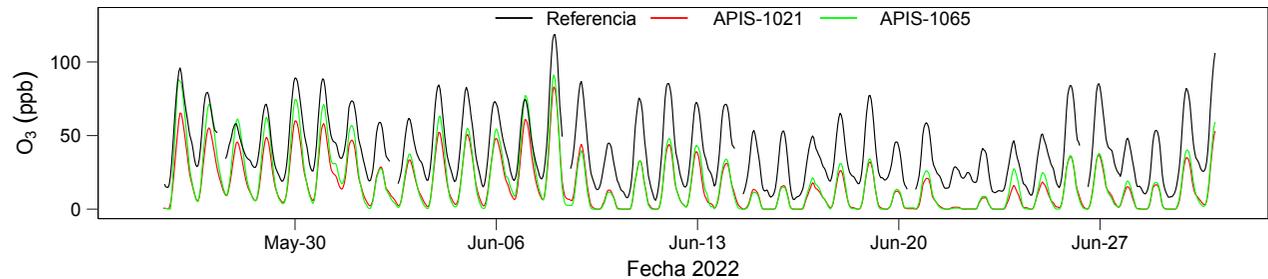


Número de periodos de 1 hora fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0

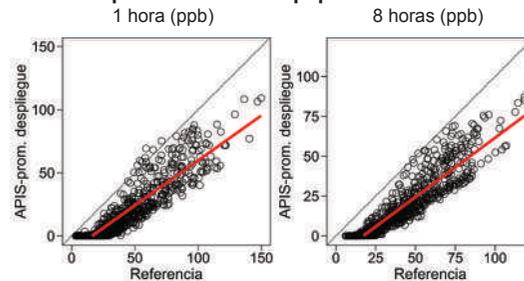
Serie de tiempo, promedio de 1 hora



Serie de tiempo, promedio de 8 horas

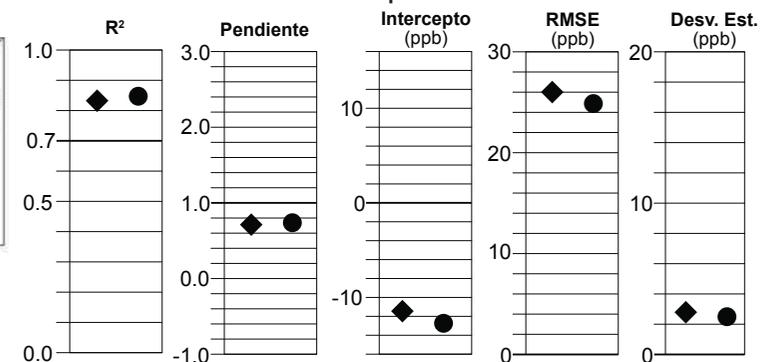


Comparación con el equipo de referencia

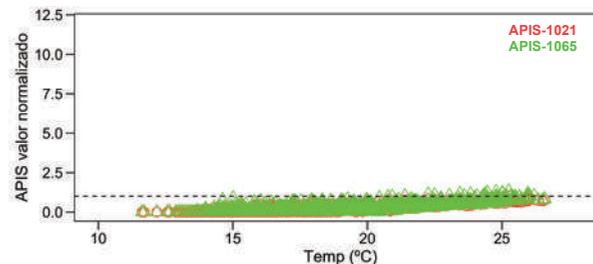


Intervalos de concentraciones medidas por el equipo de referencia (ppb): 3.1 a 149.8 (1-h), 6.0 a 118.6 (8-h)
Número de periodos de 24 horas con concentraciones mayores a la NOM: 61 (1-h, 90 ppb), 142 (8-h, 65 ppb)

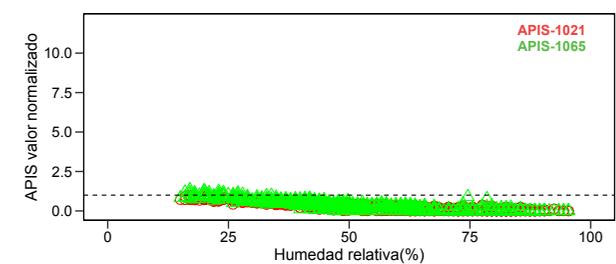
Métricas de desempeño ◆ 1-h ● 8-h



Efecto de las condiciones ambientales



Número de datos (prom. 1-h): APIS-1021=,877 APIS-1065=875
Temperatura promedio: 18.3 °C



Número de datos (prom. 1-h): APIS-1021=,877 APIS-1065=875
Humedad relativa promedio: 57 %

Dispositivos: APIS - APM01

Estadísticas

	Número de datos pareados		Promedio ± desv. est.		Mediana		Mín (Máx)	
	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas
Referencia (ppb)	875	855	40.0 ± 28.1	40.0 ± 22.3	33.5	36.0	3.1 (149.8)	6.0 (118.6)
APIS-1021 (ppb)	875	855	16.0 ± 20.1	16.3 ± 16.4	8.5	11.1	0.0 (105.2)	0.0 (83.0)
APIS-1065 (ppb)	875	855	18.0 ± 24.0	18.4 ± 19.8	7.2	11.6	0.0 (113.2)	0.0 (91.1)
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Resultados de la evaluación

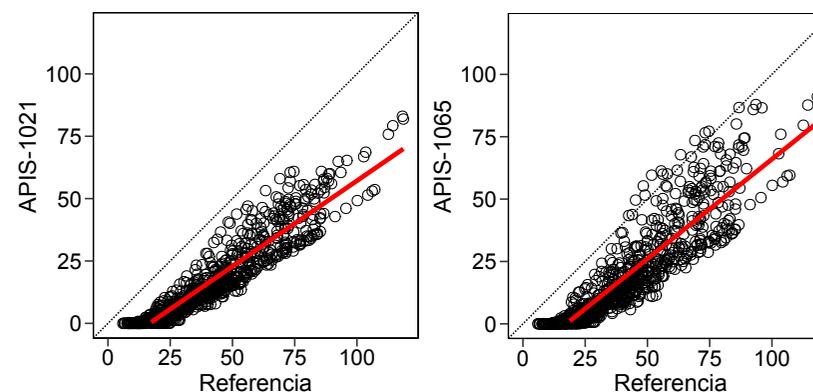
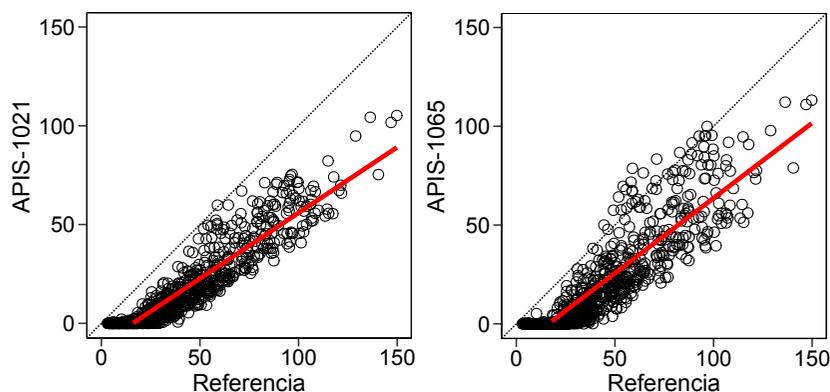
	Sesgo y linealidad							
	R ²		Pendiente		Intercepto (ppb)		Spearman (Kendall)	
	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas
APIS-1021	0.867	0.878	0.66	0.69	-10.6	-11.5	0.950 (0.811)	0.962 (0.831)
APIS-1065	0.796	0.812	0.76	0.80	-12.4	-13.9	0.938 (0.787)	0.949 (0.804)
---	---	---	---	---	---	---	---	---
Promedio del despliegue	0.833	0.847	0.71	0.74	-11.5	-12.7	0.950 (0.807)	0.957 (0.820)

Promedio del despliegue (ppb)	Error				Precisión				Captura de datos (%)	
	RMSE (ppb)		Desv. est. (ppb)		CV (%)				1 hora	8 horas
	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas
17.0	17.3	26.1	24.9	2.8	2.5	16.6	14.4	100	100	

Gráficos de regresión individuales para los dispositivos contra el equipo de referencia

Promedios de 1 hora (ppb)

Promedios de 8 horas (ppb)



Información del evaluador

Institución: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático-UNAM, Dirección de Monitoreo de la Calidad del Aire-SEDEMA

Ubicación del sitio de prueba: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Ciudad Universitaria, Coyoacán, Ciudad de México

Lat.: 19.326° Long.: -99.176° Altitud: 2290 m

Información del dispositivo CMM

Marca y modelo: CMM modelo Airlab

Versión de firmware: ---

Intervalo de muestreo: ~3 minuto

Números de serie: Airlab-1, Airlab-2

Problemas identificados durante el despliegue:

La respuesta de los sensores se encontraba fuera de un intervalo razonable para comparar contra el equipo de referencia.

Información del equipo de referencia para O₃

Marca y modelo: Teledyne API modelo 400E

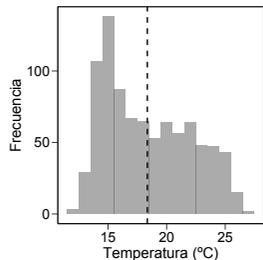
Número de serie: 1208

Intervalo de muestreo: 1 minuto

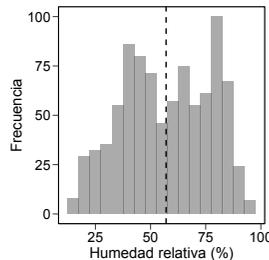
Fecha de calibración: 23 de mayo de 2022

Observaciones: El instrumento operó sin problemas, se realizaron verificaciones de la respuesta del instrumento una vez cada seis días.

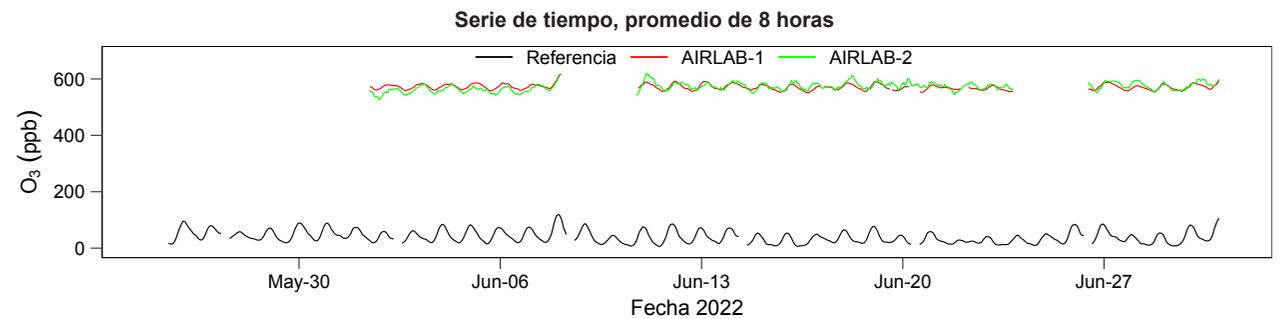
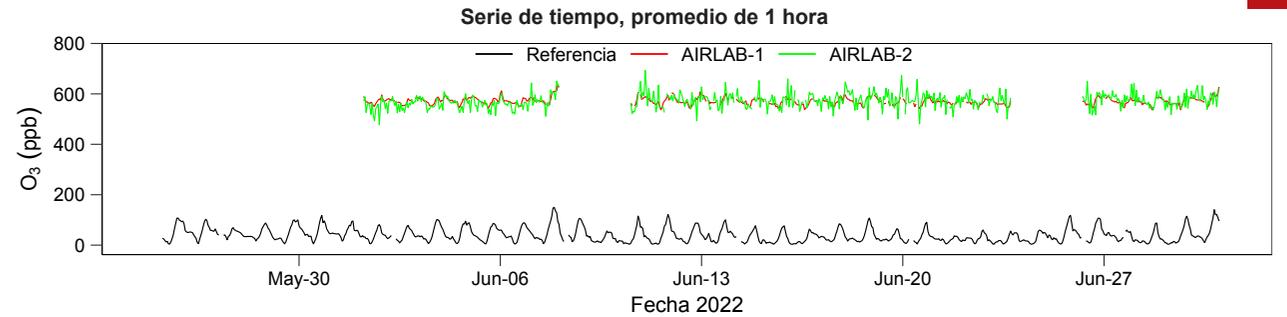
Temperatura y humedad ambientales durante el despliegue



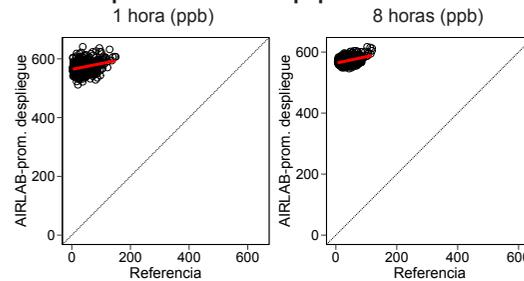
Número de periodos de 1 hora fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0



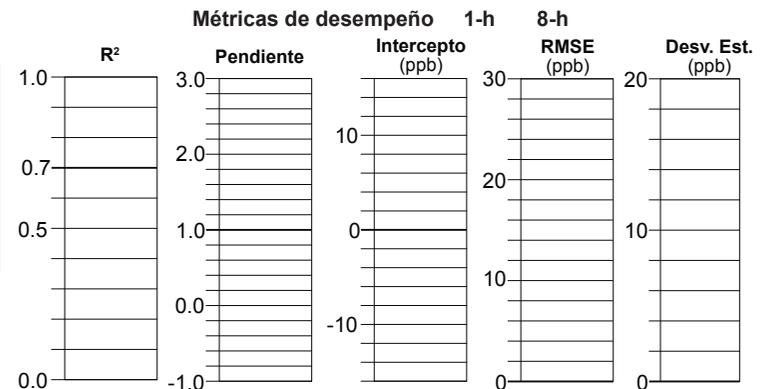
Número de periodos de 1 hora fuera del límite de humedad recomendado por el fabricante: 0



Comparación con el equipo de referencia



Intervalos de concentraciones medidas por el equipo de referencia (ppb): 3.1 a 149.8 (1-h), 6.0 a 118.6 (8-h)
 Número de periodos de 24 horas con concentraciones mayores a la NOM: 61 (1-h, 90 ppb), 142 (8-h, 65 ppb)



Efecto de las condiciones ambientales

SENSOR-1
SENSOR-2

SENSOR-1
SENSOR-2

Número de datos (prom. 1-h): Sensor-1=, Sensor-2=
 Temperatura promedio: 18.3 °C

Número de datos (prom. 24-h): Sensor-1=, Sensor-2=
 Humedad relativa promedio: 57 %

Dispositivos: CMM - AIRLAB

Estadísticas

	Número de datos pareados		Promedio ± desv. est.		Mediana		Mín (Máx)	
	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas
Referencia (ppb)	547	568	38.4 ± 28.7	38.6 ± 22.4	30.7	33.5	3.3 (149.8)	6.0 (118.6)
AIRLAB-1 (ppb)	547	568	571.4 ± 14.4	571.4 ± 10.6	570.3	570.0	536.8 (635.3)	551.2 (617.1)
AIRLAB-2 (ppb)	547	568	572.1 ± 28.8	572.3 ± 15.2	571.5	571.5	477.3 (692.8)	526.8 (619.1)
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Resultados de la evaluación

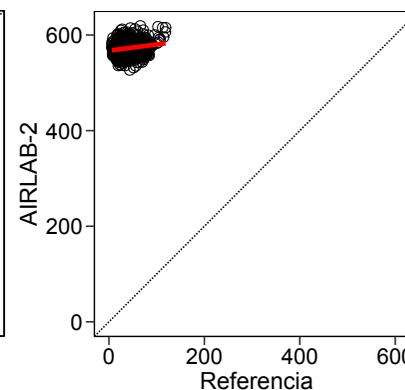
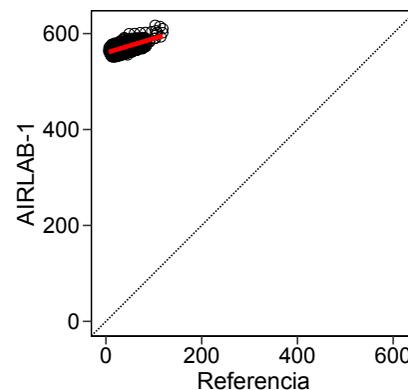
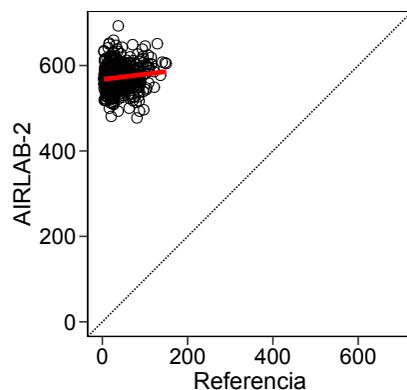
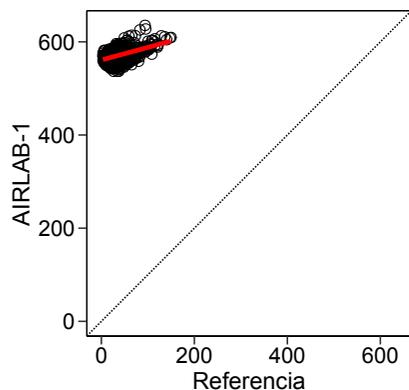
	Sesgo y linealidad							
	R ²		Pendiente		Intercepto (ppb)		Spearman (Kendall)	
	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas
AIRLAB-1	0.291	0.401	0.27	0.30	561.0	559.8	0.500 (0.345)	0.571 (0.397)
AIRLAB-2	0.015	0.037	0.12	0.13	567.5	567.3	0.133 (0.091)	0.151 (0.102)
---	---	---	---	---	---	---	---	---
Promedio del despliegue	0.088	0.170	0.20	0.21	564.2	563.5	0.270 (0.184)	0.350 (0.235)

Promedio del despliegue (ppb)		Error		Precisión				Captura de datos (%)	
		RMSE (ppb)		Desv. est. (ppb)		CV (%)			
1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas
571.8	571.8	534.3	533.7	12.6	6.0	2.2	1.0	62	66

Gráficos de regresión individuales para los dispositivos contra el equipo de referencia

Promedios de 1 hora (ppb)

Promedios de 8 horas (ppb)



Información del evaluador

Institución: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático-UNAM, Dirección de Monitoreo de la Calidad del Aire-SEDEMA

Ubicación del sitio de prueba: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Ciudad Universitaria, Coyoacán, Ciudad de México

Lat.: 19.326° Long.: -99.176° Altitud: 2290 m

Información del dispositivo ELLONA

Marca y modelo: Ellona modelo WT1

Versión de firmware: 1.19

Intervalo de muestreo: 1 minutos

Números de serie: 30062, 30063

Problemas identificados durante el despliegue:

Falla en el dispositivo 30062. No se realizó la evaluación de desempeño para el parámetro.

Información del equipo de referencia para O₃

Marca y modelo: Teledyne API modelo 400E

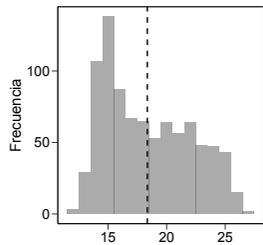
Número de serie: 1208

Intervalo de muestreo: 1 minuto

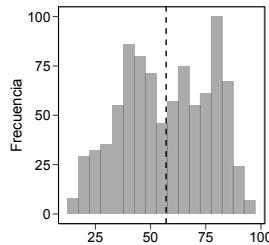
Fecha de calibración: 23 de mayo de 2022

Observaciones: El instrumento operó sin problemas, se realizaron verificaciones de la respuesta del instrumento una vez cada seis días.

Temperatura y humedad ambientales durante el despliegue

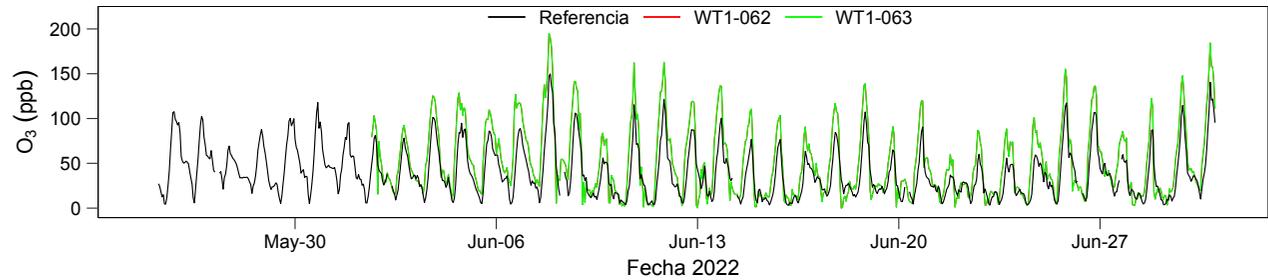


Número de periodos de 1 hora fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0

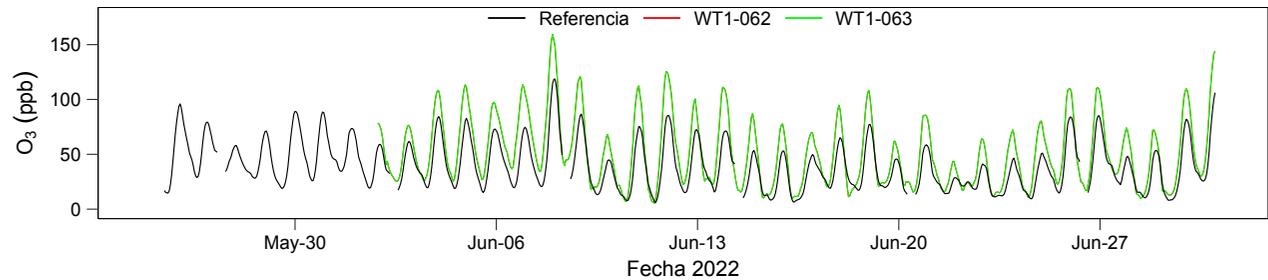


Número de periodos de 1 hora fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0

Serie de tiempo, promedio de 1 hora

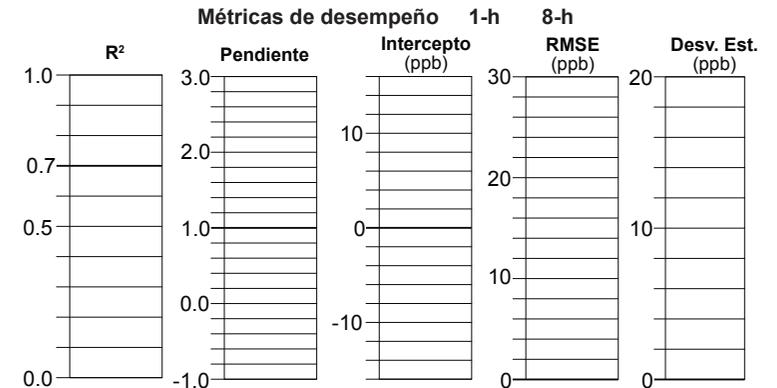


Serie de tiempo, promedio de 8 horas



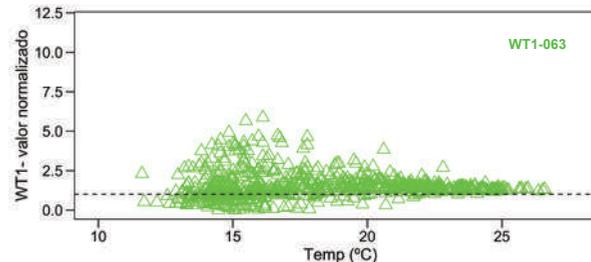
Comparación con el equipo de referencia

1 hora (ppb) 8 horas (ppb)

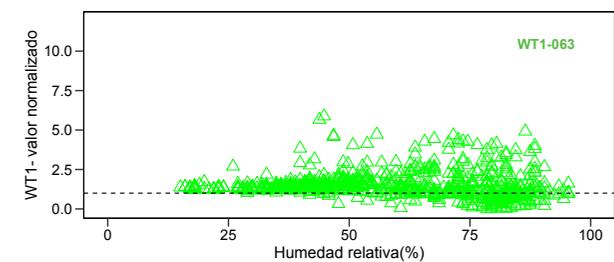


Intervalos de concentraciones medidas por el equipo de referencia (ppb): 3.1 a 149.8 (1-h), 6.0 a 118.6 (8-h)
 Número de periodos de 24 horas con concentraciones mayores a la NOM: 61 (1-h, 90 ppb), 142 (8-h, 65 ppb)

Efecto de las condiciones ambientales



Número de datos (prom. 1-h): WT1-063 = 702
 Temperatura promedio: 18.3 °C



Número de datos (prom. 24-h): WT-063=702
 Humedad relativa promedio: 57 %

Dispositivos: ELLONA - WT1

Estadísticas

	Número de datos pareados		Promedio ± desv. est.		Mediana		Mín (Máx)	
	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas
Referencia (ppb)	---	---	---	---	---	---	---	---
WT1-062 (ppb)	---	---	---	---	---	---	---	---
WT1-063 (ppb)	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---

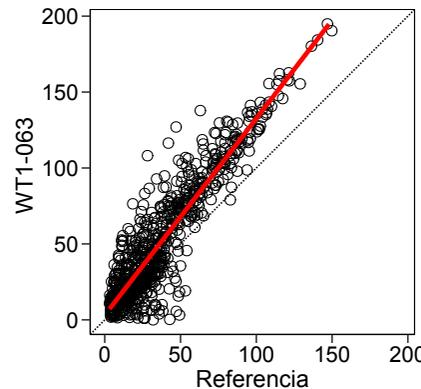
Resultados de la evaluación

	Sesgo y linealidad							
	R ²		Pendiente		Intercepto (ppb)		Spearman (Kendall)	
	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas
WT1-062	---	---	---	---	---	---	---	---
WT1-063	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---

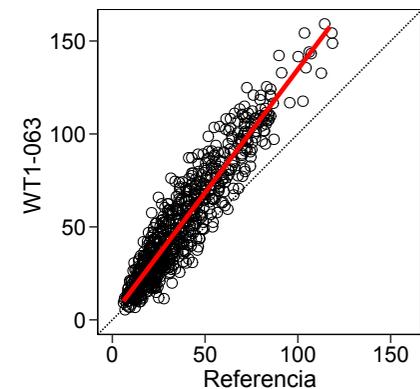
Promedio del despliegue (ppb)		Error		Precisión				Captura de datos (%)	
		RMSE (ppb)		Desv. est. (ppb)		CV (%)			
1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Gráficos de regresión individuales para los dispositivos contra el equipo de referencia

Promedios de 1 hora (ppb)



Promedios de 8 horas (ppb)



Información del evaluador

Institución: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático-UNAM, Dirección de Monitoreo de la Calidad del Aire-SEDEMA

Ubicación del sitio de prueba: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Ciudad Universitaria, Coyoacán, Ciudad de México

Lat.: 19.326° Long.: -99.176° Altitud: 2290 m

Información del dispositivo ENVEA

Marca y modelo: ENVEA modelo CAIRNET

Versión de firmware: 1.2.3

Intervalo de muestreo: 1 minutos

Números de serie: CXM22020313, CXM22020314

Problemas identificados durante el despliegue:
No se identificaron problemas durante la operación.

Información del equipo de referencia para O₃

Marca y modelo: Teledyne API modelo 400E

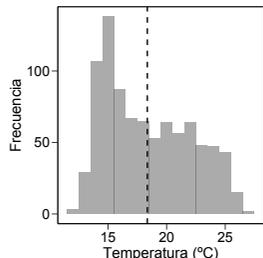
Número de serie: 1208

Intervalo de muestreo: 1 minuto

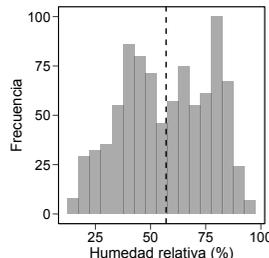
Fecha de calibración: 23 de mayo de 2022

Observaciones: El instrumento operó sin problemas, se realizaron verificaciones de la respuesta del instrumento una vez cada seis días.

Temperatura y humedad ambientales durante el despliegue

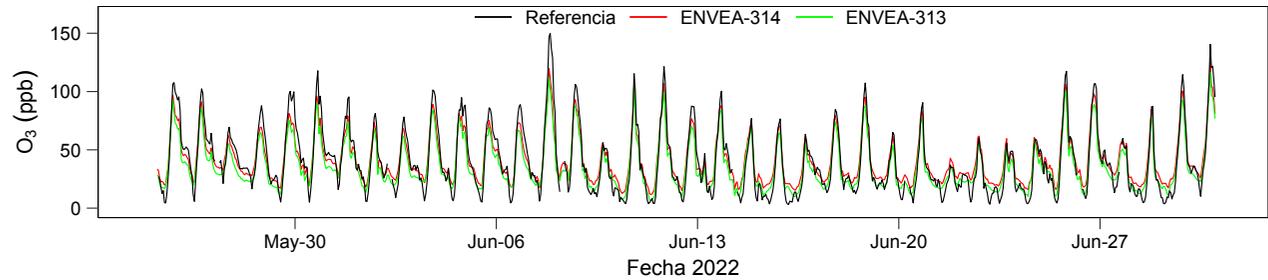


Número de periodos de 1 hora fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0

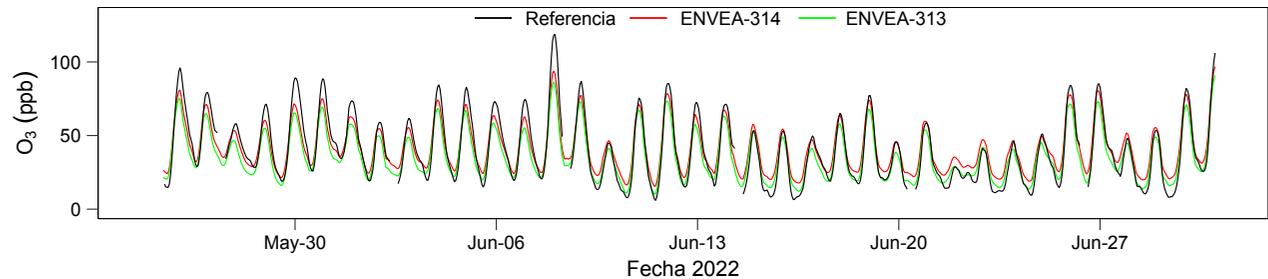


Número de periodos de 1 hora fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0

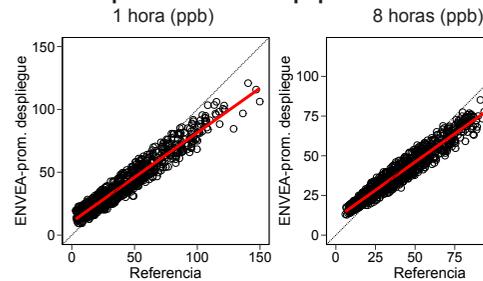
Serie de tiempo, promedio de 1 hora



Serie de tiempo, promedio de 8 horas

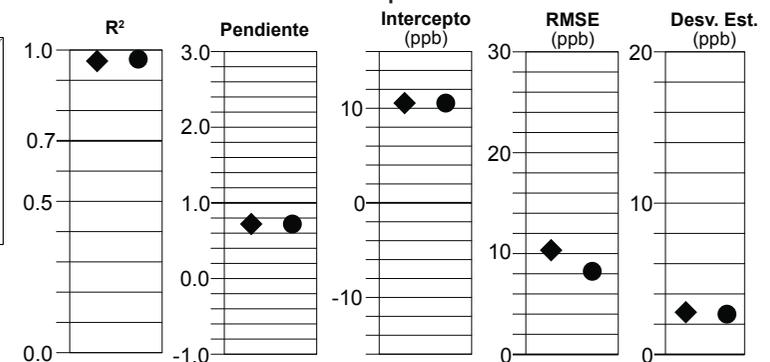


Comparación con el equipo de referencia

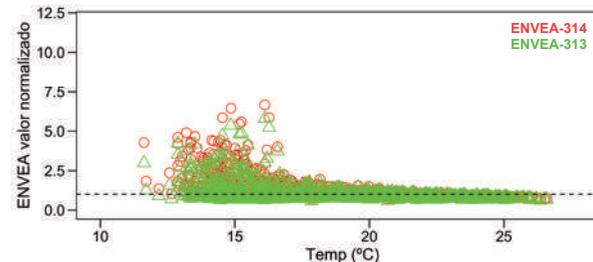


Intervalos de concentraciones medidas por el equipo de referencia (ppb): 3.1 a 149.8 (1-h), 6.0 a 118.6 (8-h)
Número de periodos de 24 horas con concentraciones mayores a la NOM: 61 (1-h, 90 ppb), 142 (8-h, 65 ppb)

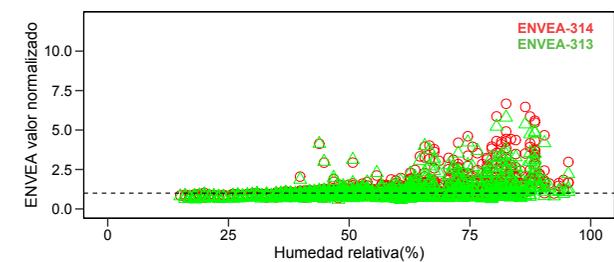
Métricas de desempeño



Efecto de las condiciones ambientales



Número de datos (prom. 1-h): ENVEA-313=877, ENVEA-314=877
Temperatura promedio: 18.3 °C



Número de datos (prom. 1-h): ENVEA-313=877, ENVEA-314=877
Humedad relativa promedio: 57 %

Dispositivos: ENVEA - CAIRNET

Estadísticas

	Número de datos pareados		Promedio ± desv. est.		Mediana		Mín (Máx)	
	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas
Referencia (ppb)	877	855	40.0 ± 28.1	40.4 ± 22.3	33.5	36.0	3.1 (149.8)	6.0 (118.6)
ENVEA-314 (ppb)	877	855	41.6 ± 20.9	42.0 ± 16.5	34.9	38.7	11.8 (125.0)	15.5 (96.8)
ENVEA-313 (ppb)	877	855	36.2 ± 20.6	36.6 ± 16.3	30.0	33.3	6.6 (116.8)	10.1 (90.8)
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Resultados de la evaluación

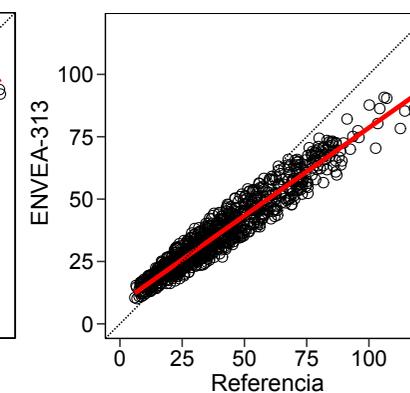
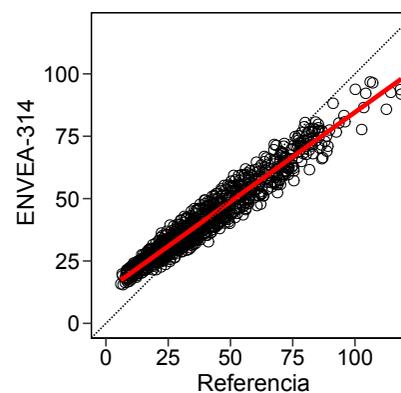
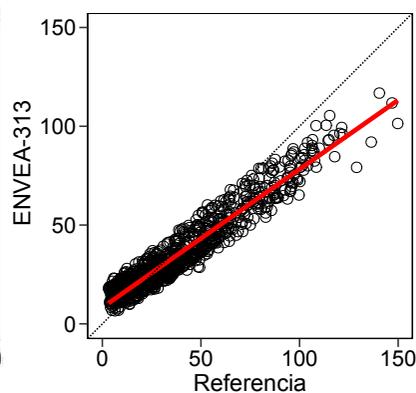
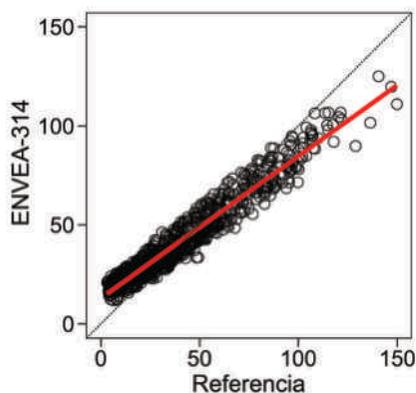
	Sesgo y linealidad							
	R ²		Pendiente		Intercepto (ppb)		Spearman (Kendall)	
	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas
ENVEA-314	0.937	0.945	0.72	0.72	12.85	13.00	0.958 (0.822)	0.970 (0.848)
ENVEA-313	0.916	0.931	0.70	0.71	8.25	8.10	0.938 (0.784)	0.961 (0.827)
---	---	---	---	---	---	---	---	---
Promedio del despliegue	0.928	0.939	0.71	0.71	10.55	10.55	0.950 (0.804)	0.967 (0.839)

Promedio del despliegue (ppb)	Error				Precisión					
	RMSE (ppb)		Desv. est. (ppb)		CV (%)		Captura de datos (%)			
	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas		
1 hora	38.9	39.3	10.3	8.2	2.8	2.7	7.2	7.0	100	100

Gráficos de regresión individuales para los dispositivos contra el equipo de referencia

Promedios de 1 hora (ppb)

Promedios de 8 horas (ppb)



Información del evaluador

Institución: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático-UNAM, Dirección de Monitoreo de la Calidad del Aire-SEDEMA

Ubicación del sitio de prueba: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Ciudad Universitaria, Coyoacán, Ciudad de México

Lat.: 19.326° Long.: -99.176° Altitud: 2290 m

Información del dispositivo KUNAK

Marca y modelo: KUNAK modelo AIR Pro

Versión de firmware: 1.255.120 (algoritmo para gases 3.5)

Intervalo de muestreo: 5 minutos

Números de serie: 0321350086 y 0321240044

Problemas identificados durante el despliegue:
No se identificaron problemas durante la operación.

Información del equipo de referencia para O₃

Marca y modelo: Teledyne API modelo 400E

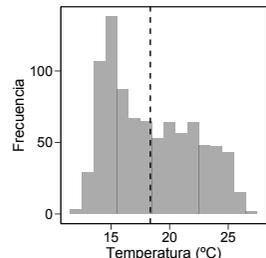
Número de serie: 1208

Intervalo de muestreo: 1 minuto

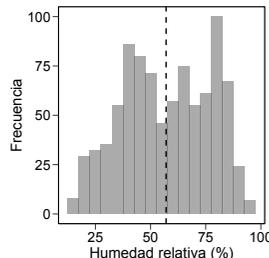
Fecha de calibración: 23 de mayo de 2022

Observaciones: El instrumento operó sin problemas, se realizaron verificaciones de la respuesta del instrumento una vez cada seis días.

Temperatura y humedad ambientales durante el despliegue

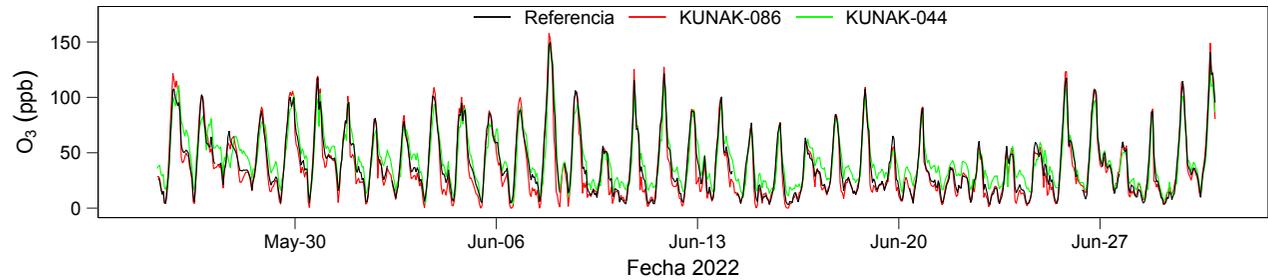


Número de periodos de 1 hora fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0

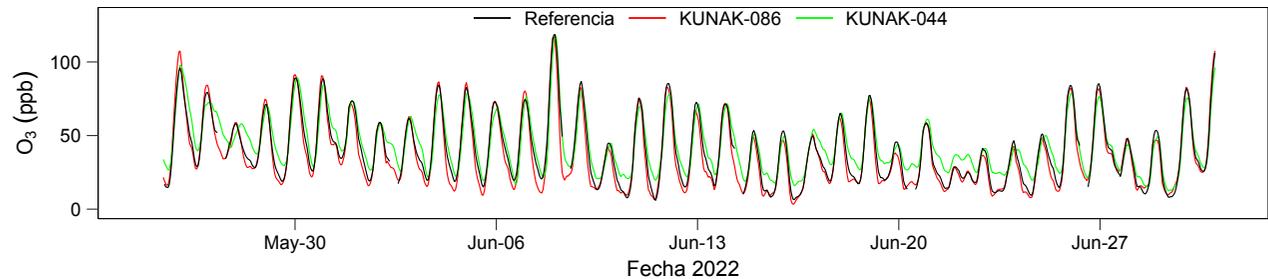


Número de periodos de 1 hora fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0

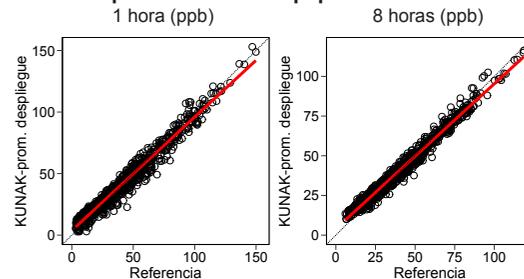
Serie de tiempo, promedio de 1 hora



Serie de tiempo, promedio de 8 horas

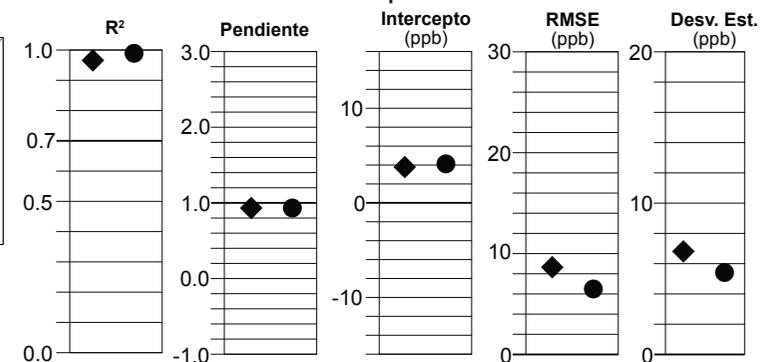


Comparación con el equipo de referencia

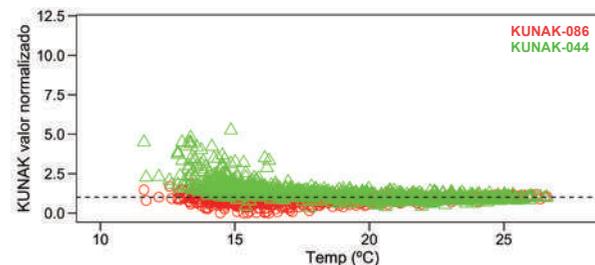


Intervalos de concentraciones medidas por el equipo de referencia (ppb): 3.1 a 149.8 (1-h), 6.0 a 118.6 (8-h)
Número de periodos de 24 horas con concentraciones mayores a la NOM: 61 (1-h, 90 ppb), 142 (8-h, 65 ppb)

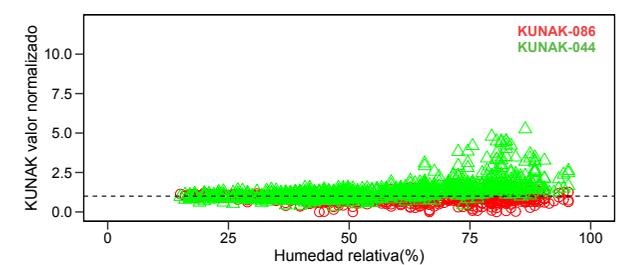
Métricas de desempeño ◆ 1-h ● 8-h



Efecto de las condiciones ambientales



Número de datos (prom. 1-h): KUNAK-086=876, KUNAK-044=876
Temperatura promedio: 18.3 °C



Número de datos (prom. 1-h): KUNAK-086=876, KUNAK-044=876
Humedad relativa promedio: 57 %

Dispositivos: KUNAK - AIR Pro

Estadísticas

	Número de datos pareados		Promedio ± desv. est.		Mediana		Mín (Máx)	
	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas
Referencia (ppb)	876	855	40.0 ± 28.1	40.4 ± 22.3	33.6	36.0	3.1 (149.8)	6.0 (118.6)
KUNAK-086 (ppb)	876	855	37.4 ± 29.8	37.9 ± 23.0	27.5	31.8	0.0 (157.7)	3.3 (116.9)
KUNAK-044 (ppb)	876	855	43.8 ± 24.0	44.1 ± 19.0	38.6	40.7	4.1 (148.3)	12.4 (118.5)
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Resultados de la evaluación

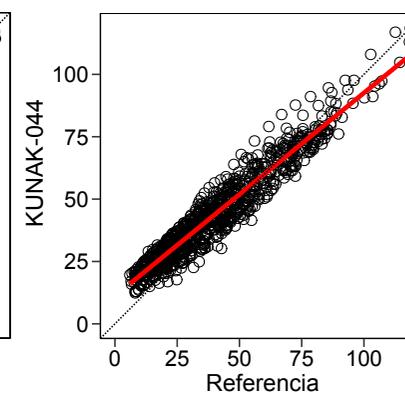
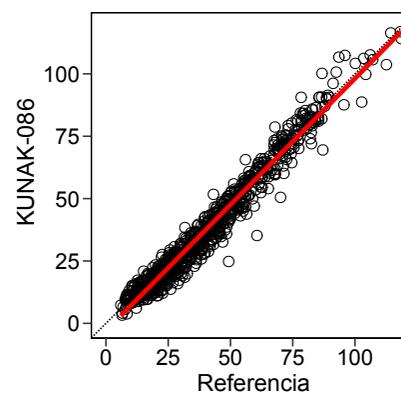
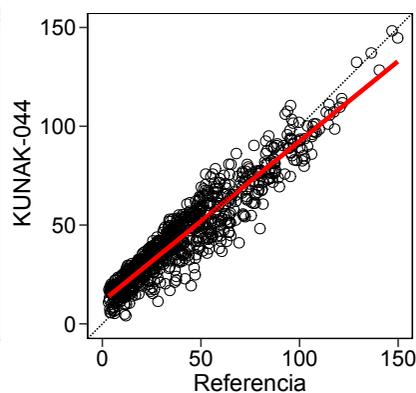
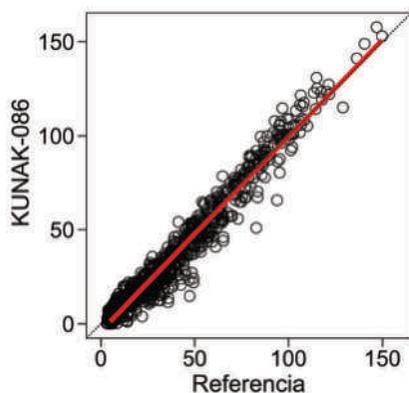
	Sesgo y linealidad							
	R ²		Pendiente		Intercepto (ppb)		Spearman (Kendall)	
	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas
KUNAK-086	0.953	0.965	1.03	1.01	-3.96	-3.04	0.963 (0.842)	0.979 (0.877)
KUNAK-044	0.899	0.920	0.81	0.81	11.38	11.16	0.938 (0.790)	0.951 (0.808)
---	---	---	---	---	---	---	---	---
Promedio del despliegue	0.966	0.978	0.92	0.91	3.71	4.06	0.978 (0.875)	0.987 (0.902)

Promedio del despliegue (ppb)	Error				Precisión				Captura de datos (%)	
	RMSE (ppb)		Desv. est. (ppb)		CV (%)					
	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas
40.6	41.0	8.7	6.5	6.8	5.4	16.8	13.2	100	100	

Gráficos de regresión individuales para los dispositivos contra el equipo de referencia

Promedios de 1 hora (ppb)

Promedios de 8 horas (ppb)



Información del evaluador

Institución: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático-UNAM, Dirección de Monitoreo de la Calidad del Aire-SEDEMA

Ubicación del sitio de prueba: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Ciudad Universitaria, Coyoacán, Ciudad de México

Lat.: 19.326° Long.: -99.176° Altitud: 2290 m

Información del dispositivo SMABILITY

Marca y modelo: SMABILITY modelo SMAA

Versión de firmware: 0.1

Intervalo de muestreo: 5 minutos

Números de serie: SMAA-1, SMAA-2

Problemas identificados durante el despliegue:
No se identificaron problemas durante la operación.

Información del equipo de referencia para O₃

Marca y modelo: Teledyne API modelo 400E

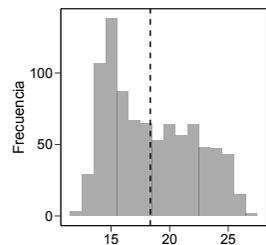
Número de serie: 1208

Intervalo de muestreo: 1 minuto

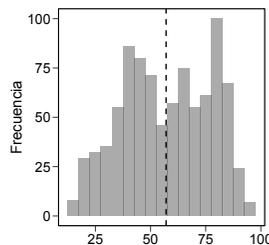
Fecha de calibración: 23 de mayo de 2022

Observaciones: El instrumento operó sin problemas, se realizaron verificaciones de la respuesta del instrumento una vez cada seis días.

Temperatura y humedad ambientales durante el despliegue

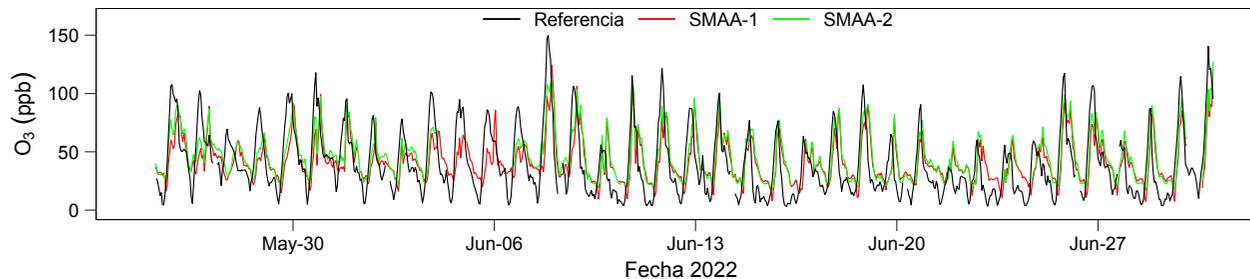


Número de periodos de 1 hora fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0

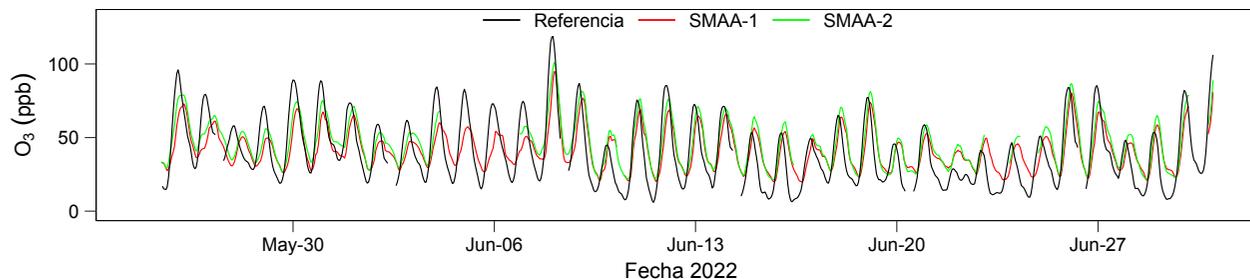


Número de periodos de 1 hora fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0

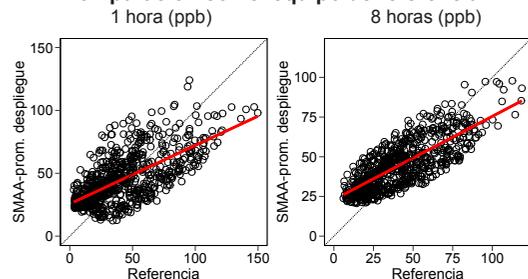
Serie de tiempo, promedio de 1 hora



Serie de tiempo, promedio de 8 horas

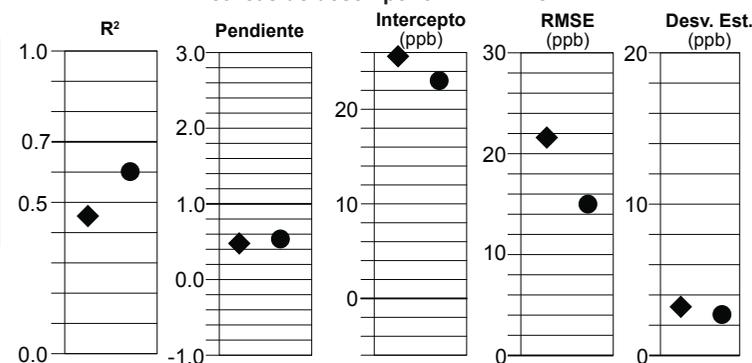


Comparación con el equipo de referencia

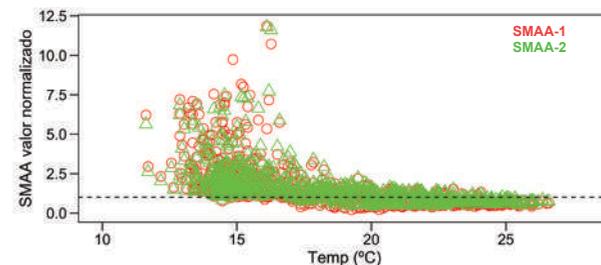


Intervalos de concentraciones medidas por el equipo de referencia (ppb): 3.1 a 149.8 (1-h), 6.0 a 118.6 (8-h)
Número de periodos de 24 horas con concentraciones mayores a la NOM: 61 (1-h, 90 ppb), 142 (8-h, 65 ppb)

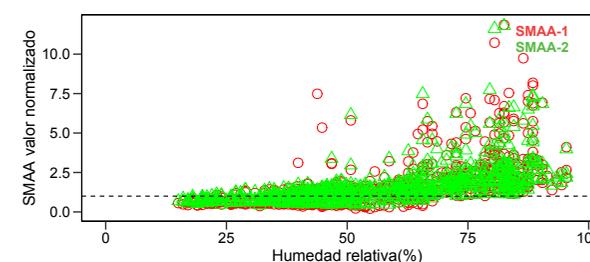
Métricas de desempeño ◆ 1-h ● 8-h



Efecto de las condiciones ambientales



Número de datos (prom. 1-h): SMAA-1=860, SMAA-2=753
Temperatura promedio: 18.3 °C



Número de datos (prom. 1-h): SMAA-1=860, SMAA-2=753
Humedad relativa promedio: 57 %

Dispositivos: SMABILITY - SMAA

Estadísticas

	Número de datos pareados		Promedio ± desv. est.		Mediana		Mín (Máx)	
	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas
Referencia (ppb)	749	713	41.8 ± 28.5	42.0 ± 22.6	35.1	38.2	3.1 (149.8)	6.0 (118.6)
SMAA-1 (ppb)	749	713	43.0 ± 18.9	42.9 ± 14.2	38.3	40.7	7.5 (124.2)	20.0 (94.7)
SMAA-2 (ppb)	749	713	47.1 ± 20.8	47.2 ± 16.4	43.4	45.8	17.2 (127.4)	21.2 (102.6)
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Resultados de la evaluación

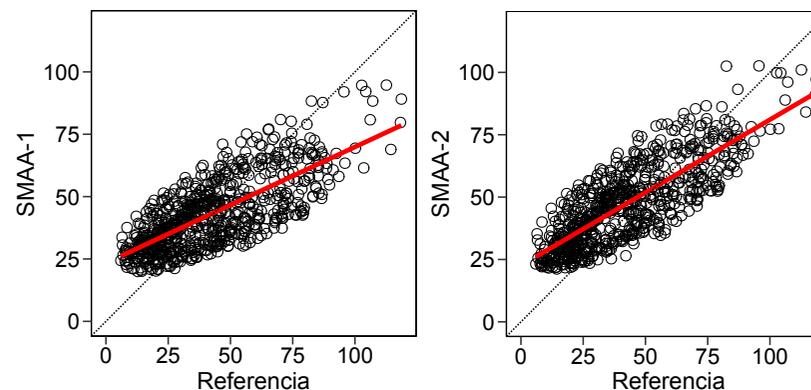
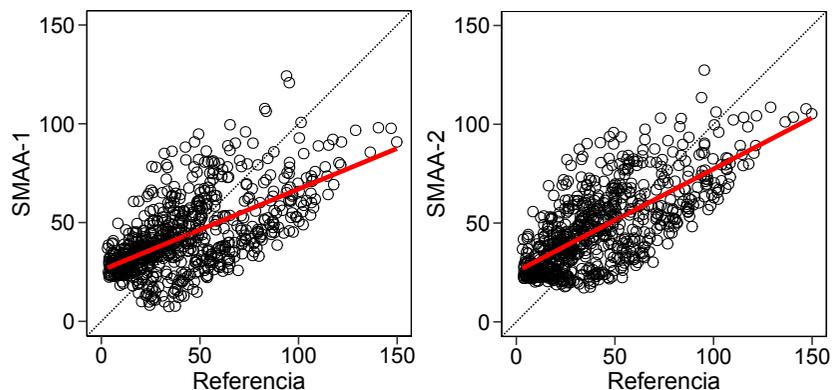
	Sesgo y linealidad							
	R ²		Pendiente		Intercepto (ppb)		Spearman (Kendall)	
	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas
SMAA-1	0.385	0.544	0.411	0.465	25.81	23.39	0.606 (0.429)	0.715 (0.518)
SMAA-2	0.506	0.650	0.519	0.584	25.44	22.59	0.688 (0.495)	0.793 (0.593)
---	---	---	---	---	---	---	---	---
Promedio del despliegue	0.452	0.604	0.465	0.525	25.63	22.99	0.652 (0.464)	0.760 (0.560)

Promedio del despliegue (ppb)		Error		Precisión				Captura de datos (%)	
		RMSE (ppb)		Desv. est. (ppb)		CV (%)			
1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas	1 hora	8 horas
45.1	45.0	21.6	15.0	3.2	2.7	7.0	6.0	85	83

Gráficos de regresión individuales para los dispositivos contra el equipo de referencia

Promedios de 1 hora (ppb)

Promedios de 8 horas (ppb)



Parametro: partículas menores a 10 μm (PM₁₀)

Sitio: ICAYCC

Información del evaluador

Institución: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático-UNAM, Dirección de Monitoreo de la Calidad del Aire-SEDEMA

Ubicación del sitio de prueba: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Ciudad Universitaria, Coyoacán, Ciudad de México

Lat.: 19.º Long.: -99.º Altitud: 2 m

Información del dispositivo CMM

Marca y modelo: CMM modelo AIRLAB

Versión de firmware: ---

Intervalo de muestreo: ~3 minutos

Números de serie: AIRLAB-1, AIRLAB-2

Problemas identificados durante el despliegue: Problemas de comunicación al inicio de la campaña.

Información del equipo de referencia para PM₁₀

Marca y modelo: Teledyne API modelo T-API640x

Número de serie: 492

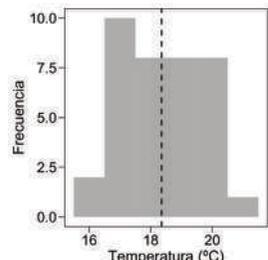
Intervalo de muestreo: 1 minuto

Fecha de calibración: 20 de enero de 2022

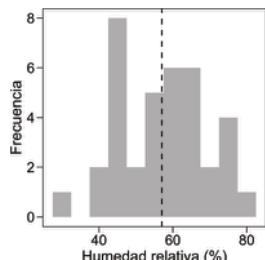
Fecha de verificación del flujo: 23 de mayo de 2022

Observaciones: La respuesta del equipo se ajustó contra un FRM.

Temperatura y humedad ambientales durante el despliegue

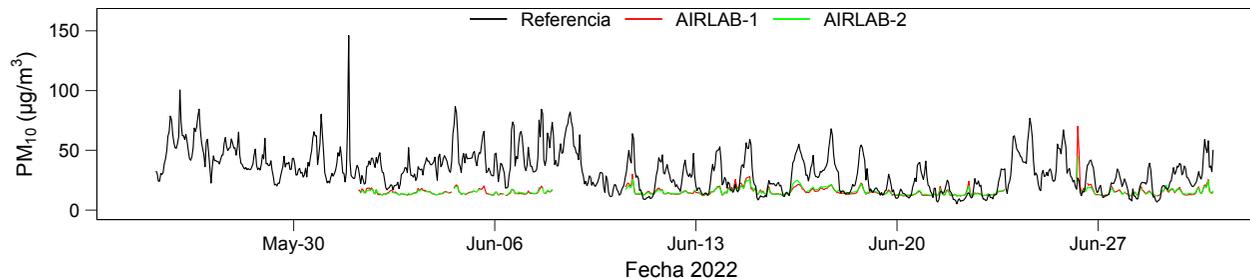


Número de periodos de 24 horas fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0

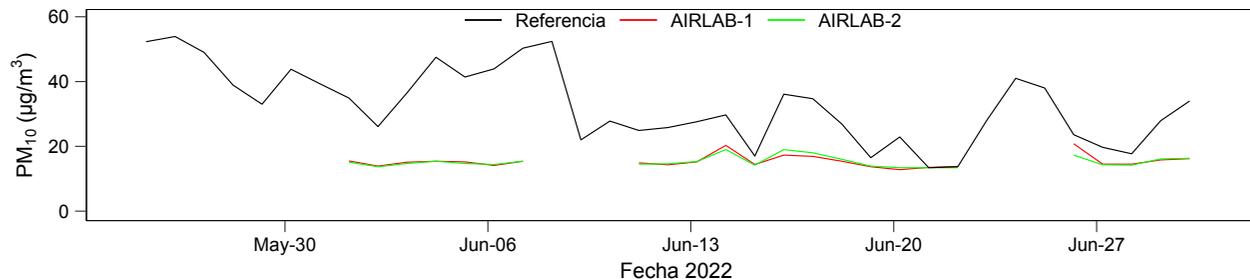


Número de periodos de 24 horas fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0

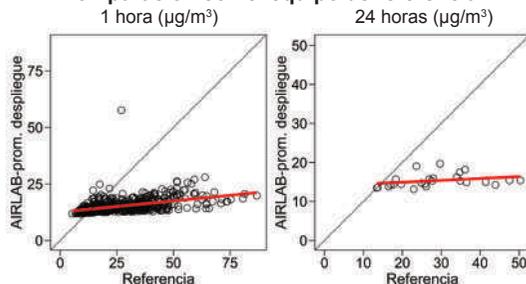
Serie de tiempo, promedio de 1 hora



Serie de tiempo, promedio de 24 horas

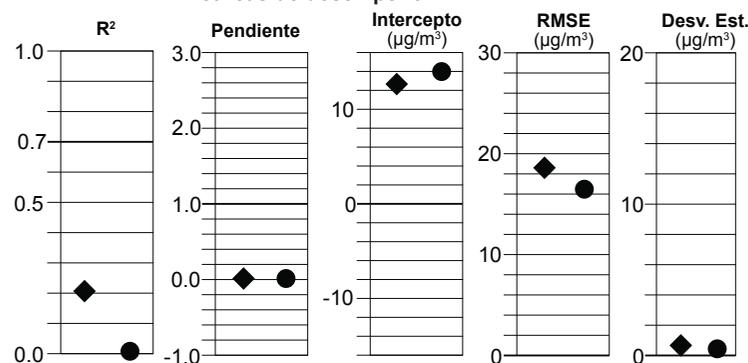


Comparación con el equipo de referencia

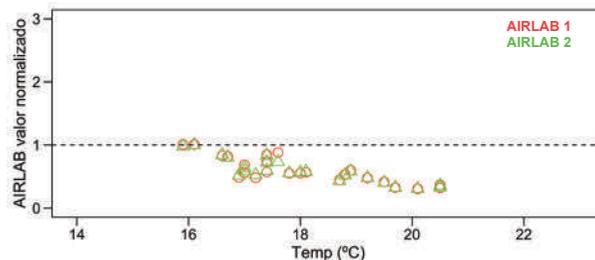


Intervalos de concentraciones medidas por el equipo de referencia (µg/m³): 5.2 a 146.1 (1-h), 13.4 a 53.9 (24-h)
 Número de periodos de 24 horas con concentraciones mayores a la NOM (>70 µg/m³): 0

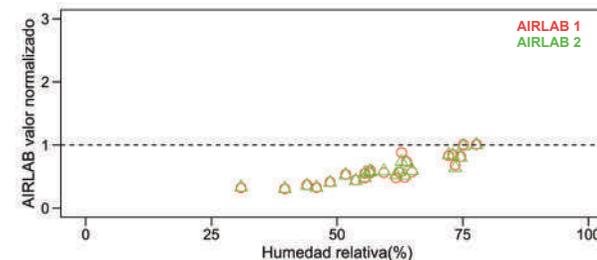
Métricas de desempeño ◆1-h ●24-h



Efecto de las condiciones ambientales



Número de datos (prom. 24-h): AIRLAB-1=25, AIRLAB-2=25
 Temperatura promedio: 18.3 °C



Número de datos (prom. 24-h): AIRLAB-1=25, AIRLAB-2=25
 Humedad relativa promedio: 57 %

Dispositivos: CMM - AIRLAB

Estadísticas

	Número de datos pareados		Promedio ± desv. est.		Mediana		Mín (Máx)	
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas
Referencia (µg/m³)	569	25	28.2 ± 14.6	28.4 ± 10.4	25.5	26.9	5.2 (86.8)	13.4 (50.3)
AIRLAB-1 (µg/m³)	569	25	15.4 ± 3.7	15.4 ± 1.9	14.4	15.2	11.7 (70.1)	12.8 (20.8)
AIRLAB-2 (µg/m³)	569	25	15.3 ± 2.8	15.3 ± 1.6	14.5	14.7	11.7 (45.1)	13.4 (19.0)
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Resultados de la evaluación

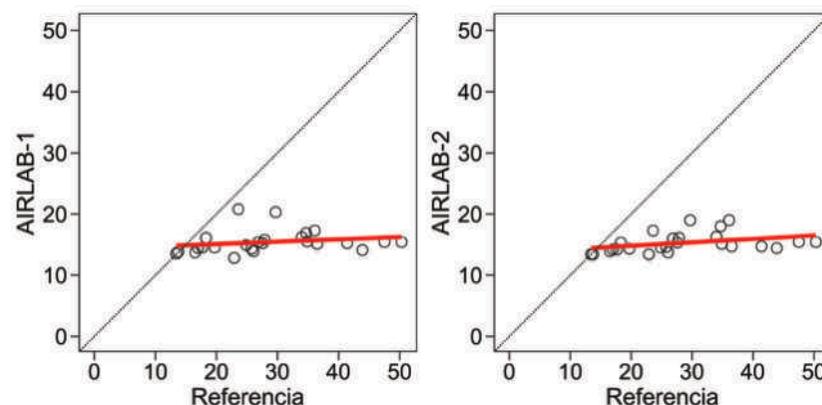
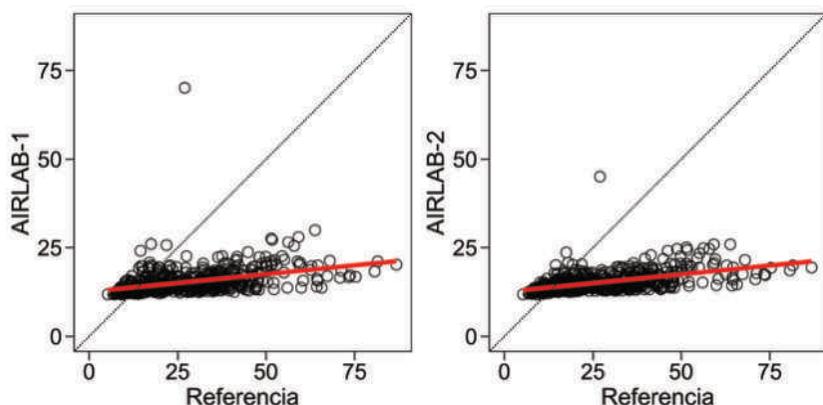
	Sesgo y linealidad							
	R ²		Pendiente		Intercepto (µg/m³)		Spearman (Kendall)	
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas
AIRLAB-1	0.156	0.047	0.10	0.04	12.57	14.29	0.538 (0.385)	0.487 (0.346)
AIRLAB-2	0.263	0.133	0.10	0.06	12.53	13.65	0.582 (0.418)	0.594 (0.439)
---	---	---	---	---	---	---	---	---
Promedio del despliegue	0.206	0.087	0.10	0.05	12.55	13.97	0.562 (0.401)	0.502 (0.381)

Promedio del despliegue (µg/m³)	Error				Precisión				Captura de datos (%)		
	RMSE (µg/m³)		NRMSE (%)		Desv. est. (µg/m³)		CV (%)				
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	
15.3	15.3	18.6	16.4	66.0	57.6	0.7	0.5	4.7	3.0	66	63

Gráficos de regresión individuales para los dispositivos contra el equipo de referencia

Promedios de 1 hora (µg/m³)

Promedios de 24 horas (µg/m³)



Información del evaluador

Institución: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático-UNAM, Dirección de Monitoreo de la Calidad del Aire-SEDEMA

Ubicación del sitio de prueba: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Ciudad Universitaria, Coyoacán, Ciudad de México

Lat.: 19.326° Long.: -99.176° Altitud: 2290 m

Información del dispositivo ELLONA

Marca y modelo: ELLONA modelo WT1

Versión de firmware: 1.19

Intervalo de muestreo: 1 minutos

Números de serie: WT1-062, WT1-063

Problemas identificados durante el despliegue: Problemas de comunicación al inicio de la campaña.

Información del equipo de referencia para PM₁₀

Marca y modelo: Teledyne API modelo T-API640x

Número de serie: 492

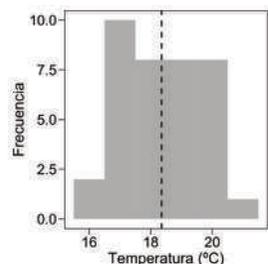
Intervalo de muestreo: 1 minuto

Fecha de calibración: 20 de enero de 2022

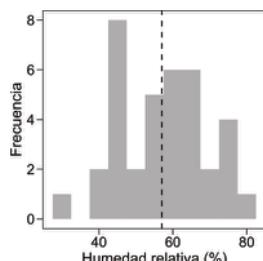
Fecha de verificación del flujo: 23 de mayo de 2022

Observaciones: La respuesta del equipo se ajustó contra un FRM.

Temperatura y humedad ambientales durante el despliegue

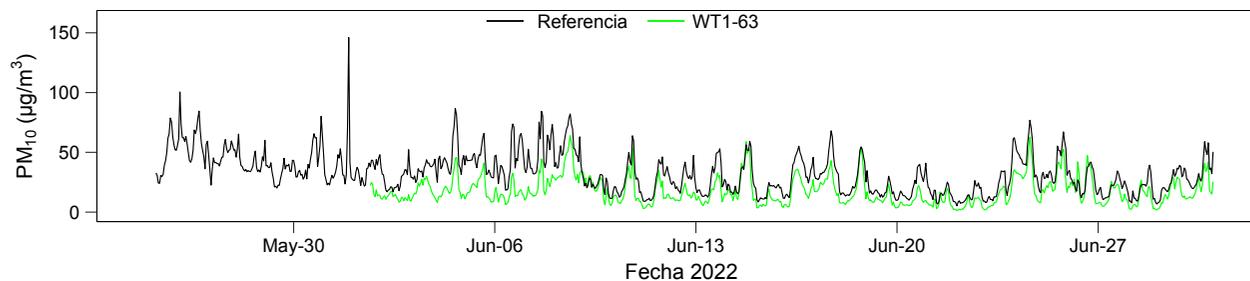


Número de periodos de 24 horas fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0

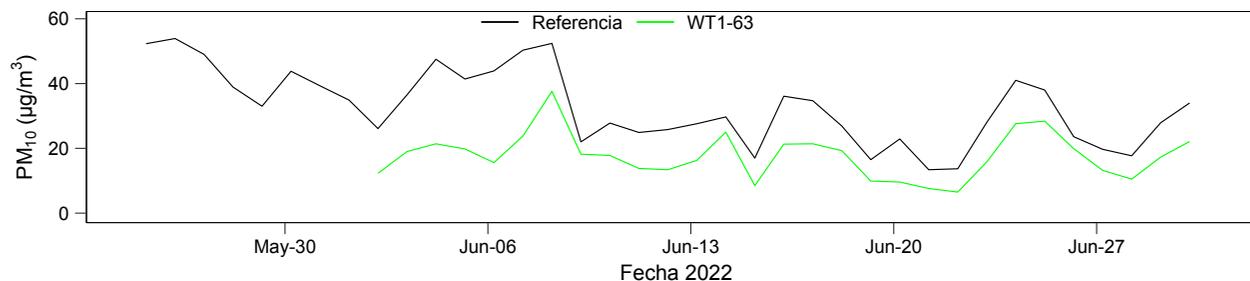


Número de periodos de 24 horas fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0

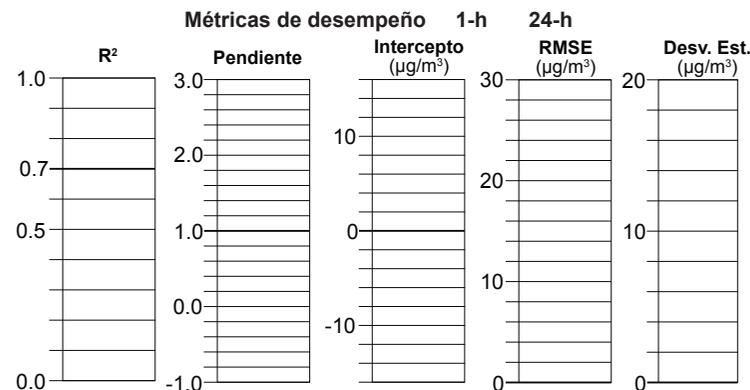
Serie de tiempo, promedio de 1 hora



Serie de tiempo, promedio de 24 horas

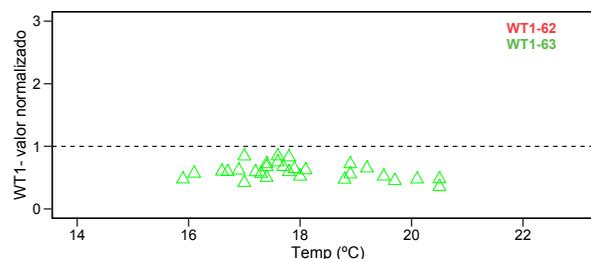


Comparación con el equipo de referencia
1 hora (µg/m³) 24 horas (µg/m³)

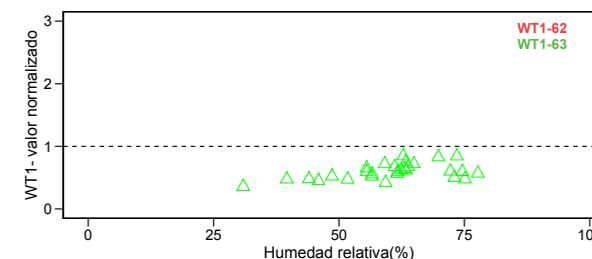


Intervalos de concentraciones medidas por el equipo de referencia (µg/m³): 5.2 a 146.1 (1-h), 13.4 a 53.9 (24-h)
Número de periodos de 24 horas con concentraciones mayores a la NOM (>70 µg/m³): 0

Efecto de las condiciones ambientales



Número de datos (prom. 24-h): WT1-063=30
Temperatura promedio: 18.3 °C



Número de datos (prom. 24-h): WT1-063=30
Humedad relativa promedio: 57 %

Dispositivos: ELLONA - WT1

Estadísticas

	Número de datos pareados		Promedio ± desv. est.		Mediana		Mín (Máx)	
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas
Referencia (µg/m³)	---	---	---	---	---	---	---	---
WT1-062 (µg/m³)	---	---	---	---	---	---	---	---
WT1-063 (µg/m³)	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---

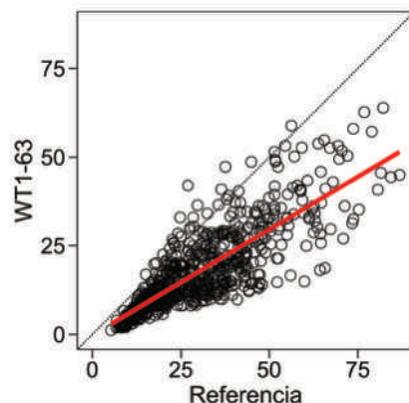
Resultados de la evaluación

	Sesgo y linealidad							
	R ²		Pendiente		Intercepto (µg/m³)		Spearman (Kendall)	
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas
WT1-062	---	---	---	---	---	---	---	---
WT1-063	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---
Promedio del despliegue	---	---	---	---	---	---	---	---

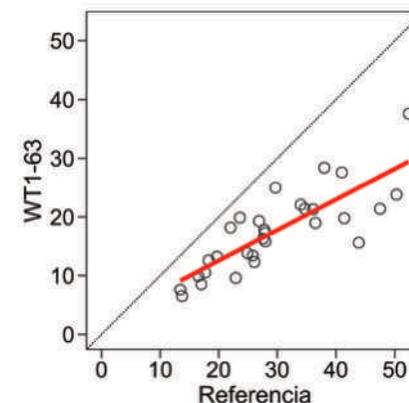
Promedio del despliegue (µg/m³)	Error				Precisión				Captura de datos (%)		
	RMSE (µg/m³)		NRMSE (%)		Desv. est. (µg/m³)		CV (%)				
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Gráficos de regresión individuales para los dispositivos contra el equipo de referencia

Promedios de 1 hora (µg/m³)



Promedios de 24 horas (µg/m³)



Información del evaluador

Institución: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático-UNAM, Dirección de Monitoreo de la Calidad del Aire-SEDEMA

Ubicación del sitio de prueba: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Ciudad Universitaria, Coyoacán, Ciudad de México

Lat.: 19.326° Long.: -99.176° Altitud: 2290 m

Información del dispositivo ENVEA

Marca y modelo: ENVEA modelo CAIRNET

Versión de firmware: 1.2.3

Intervalo de muestreo: 1 minutos

Números de serie: CXM22020313, CXM22020314

Problemas identificados durante el despliegue:
No se identificaron problemas durante la operación.

Información del equipo de referencia para PM₁₀

Marca y modelo: Teledyne API modelo T-API640x

Número de serie: 492

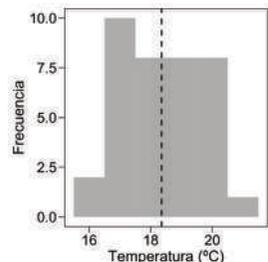
Intervalo de muestreo: 1 minuto

Fecha de calibración: 20 de enero de 2022

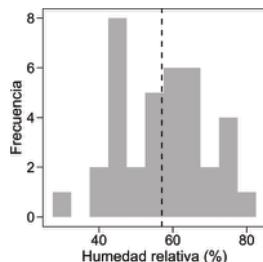
Fecha de verificación del flujo: 23 de mayo de 2022

Observaciones: La respuesta del equipo se ajustó contra un FRM.

Temperatura y humedad ambientales durante el despliegue

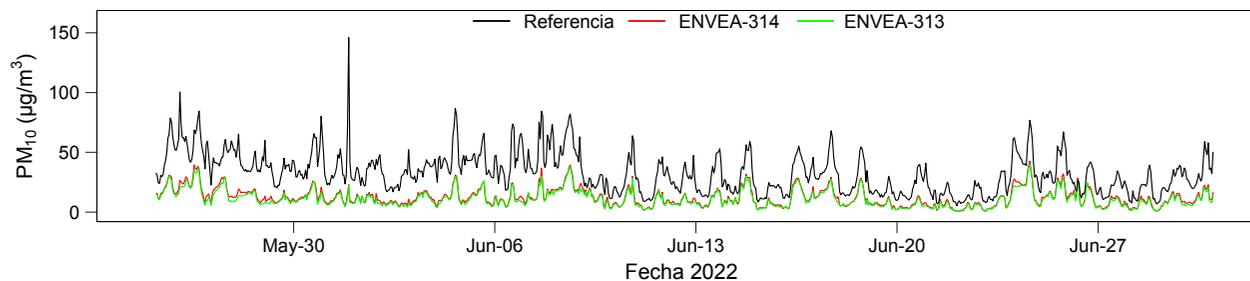


Número de periodos de 24 horas fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0

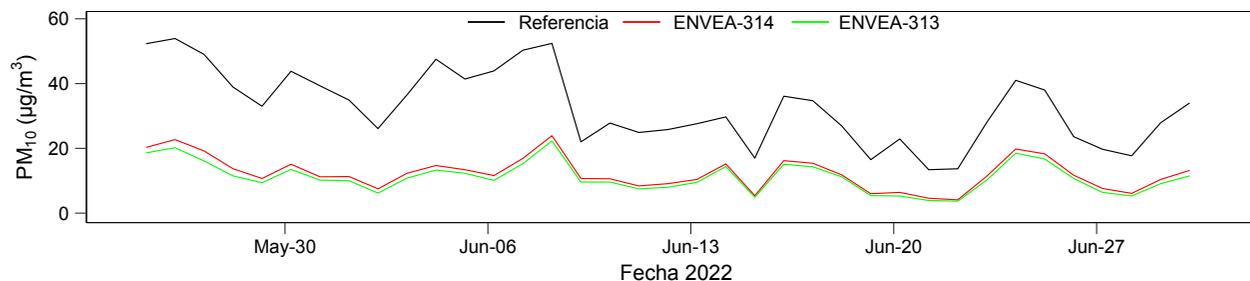


Número de periodos de 24 horas fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0

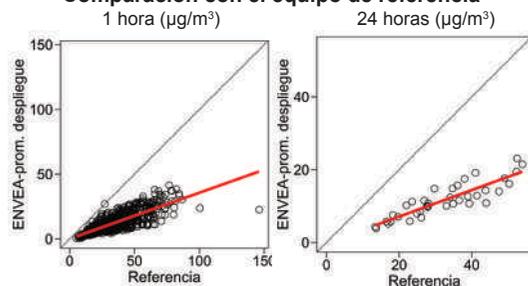
Serie de tiempo, promedio de 1 hora



Serie de tiempo, promedio de 24 horas

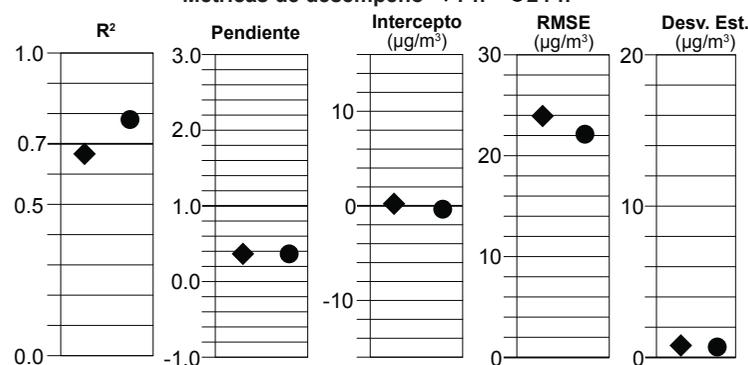


Comparación con el equipo de referencia

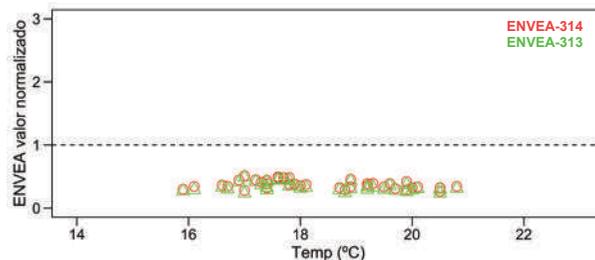


Intervalos de concentraciones medidas por el equipo de referencia (µg/m³): 5.2 a 146.1 (1-h), 13.4 a 53.9 (24-h)
Número de periodos de 24 horas con concentraciones mayores a la NOM (>70 µg/m³): 0

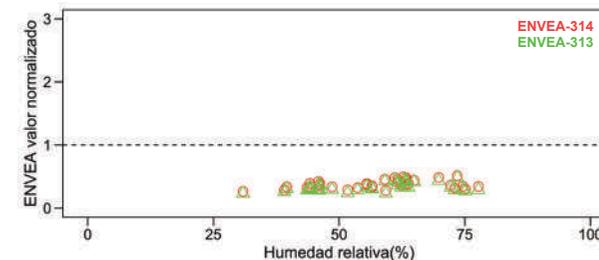
Métricas de desempeño ◆1-h ●24-h



Efecto de las condiciones ambientales



Número de datos (prom. 24-h): ENVEA-313=38, ENVEA-314=38
Temperatura promedio: 18.3 °C



Número de datos (prom. 24-h): ENVEA-313=38, ENVEA-314=38
Humedad relativa promedio: 57 %

Dispositivos: ENVEA - CAIRNET

Estadísticas

	Número de datos pareados		Promedio ± desv. est.		Mediana		Mín (Máx)	
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas
Referencia (µg/m³)	897	38	32.6 ± 16.7	32.4 ± 11.6	30.7	31.4	5.2 (146.1)	13.4 (53.9)
ENVEA-314 (µg/m³)	897	38	12.3 ± 7.5	12.2 ± 5.0	10.7	11.5	0.5 (42.6)	4.1 (23.9)
ENVEA-313 (µg/m³)	897	38	11.1 ± 7.1	11.0 ± 4.6	9.2	10.2	0.4 (40.2)	4.6 (22.3)
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Resultados de la evaluación

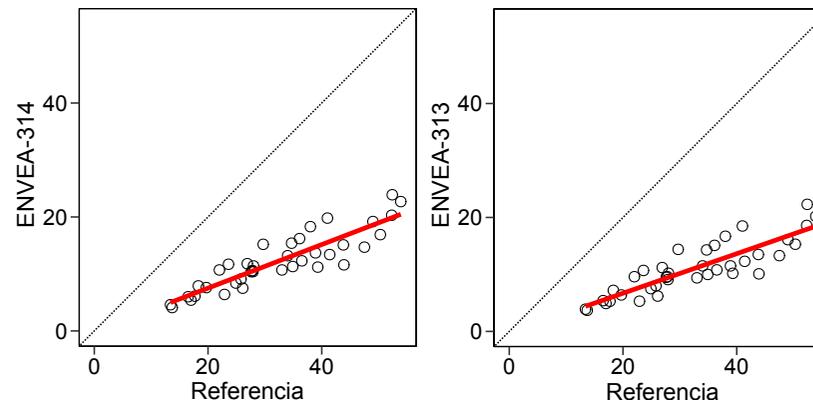
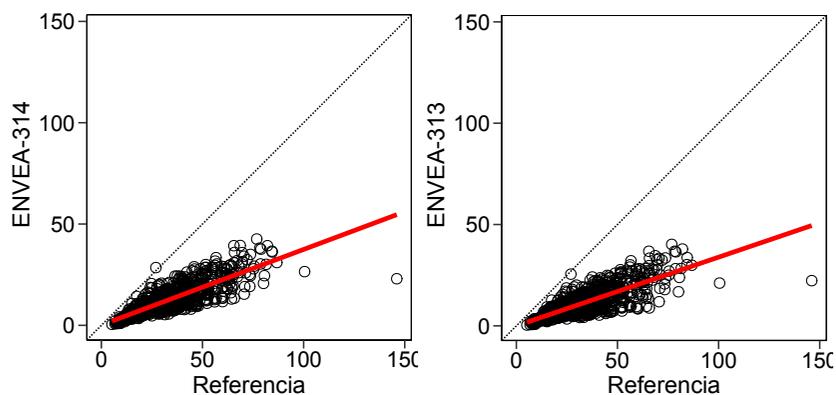
	Sesgo y linealidad							
	R ²		Pendiente		Intercepto (µg/m³)		Spearman (Kendall)	
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas
ENVEA-314	0.697	0.795	0.37	0.38	0.16	-0.13	0.862 (0.685)	0.887 (0.736)
ENVEA-313	0.645	0.760	0.34	0.35	0.01	-0.24	0.821 (0.640)	0.875 (0.715)
---	---	---	---	---	---	---	---	---
Promedio del despliegue	0.675	0.779	0.36	0.36	0.08	-0.19	0.845 (0.665)	0.885 (0.733)

Promedio del despliegue (µg/m³)	Error				Precisión				Captura de datos (%)			
	RMSE (µg/m³)		NRMSE (%)		Desv. est. (µg/m³)		CV (%)					
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas		
	11.7	11.6	23.9	22.1	73.3	68.3	0.8	0.7	7.1	5.9	100	100

Gráficos de regresión individuales para los dispositivos contra el equipo de referencia

Promedios de 1 hora (µg/m³)

Promedios de 24 horas (µg/m³)



Información del evaluador

Institución: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático-UNAM, Dirección de Monitoreo de la Calidad del Aire-SEDEMA

Ubicación del sitio de prueba: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Ciudad Universitaria, Coyoacán, Ciudad de México

Lat.: 19.326° Long.: -99.176° Altitud: 2290 m

Información del dispositivo KUNAK

Marca y modelo: Kunak modelo AIR Pro

Versión de firmware: 1.255.120

Intervalo de muestreo: 5 minutos

Números de serie: 0321350086 y 0321240044

Problemas identificados durante el despliegue:
No se identificaron problemas durante la operación.

Información del equipo de referencia para PM₁₀

Marca y modelo: Teledyne API modelo T-API640x

Número de serie: 492

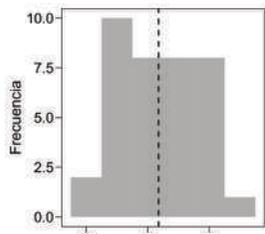
Intervalo de muestreo: 1 minuto

Fecha de calibración: 20 de enero de 2022

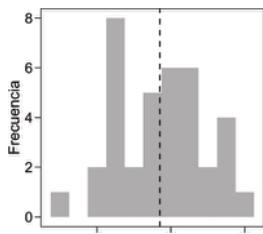
Fecha de verificación del flujo: 23 de mayo de 2022

Observaciones: La respuesta del equipo se ajustó contra un FRM.

Temperatura y humedad ambientales durante el despliegue

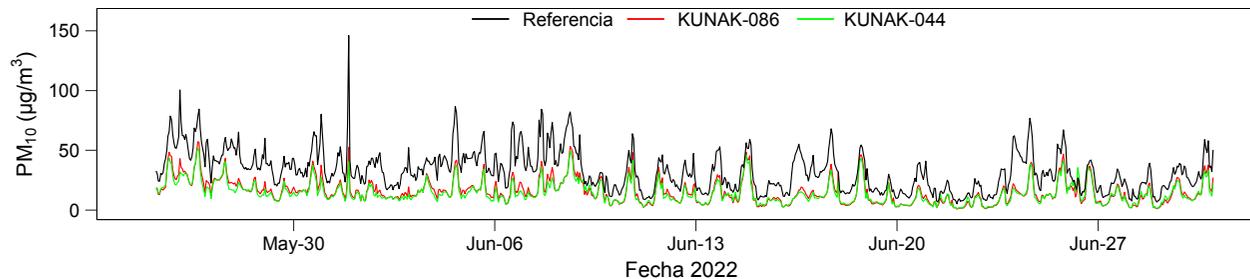


Número de periodos de 24 horas fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0

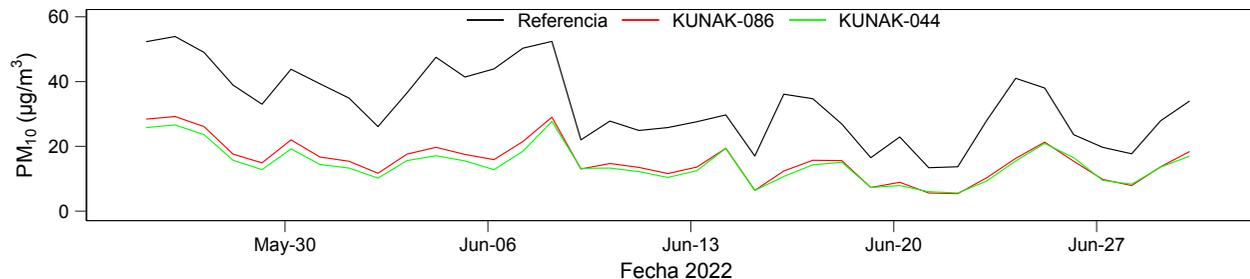


Número de periodos de 24 horas fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0

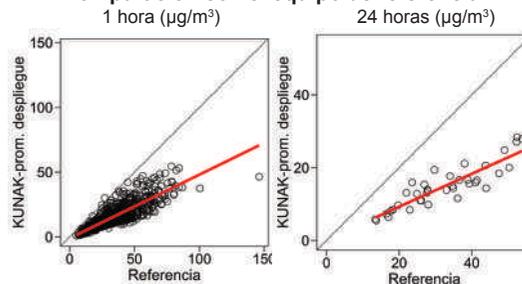
Serie de tiempo, promedio de 1 hora



Serie de tiempo, promedio de 24 horas

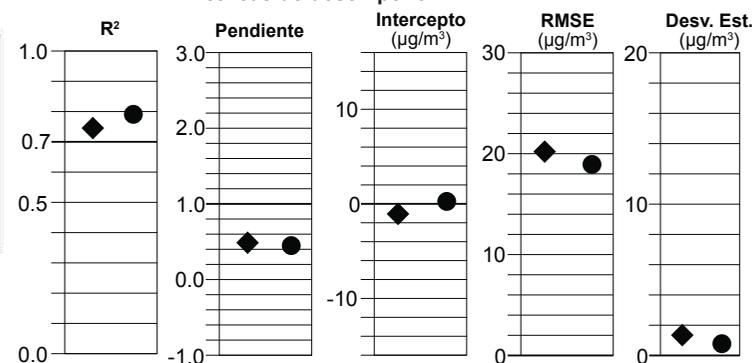


Comparación con el equipo de referencia

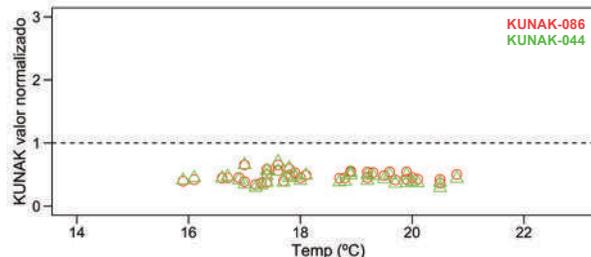


Intervalos de concentraciones medidas por el equipo de referencia (µg/m³): 5.2 a 146.1 (1-h), 13.4 a 53.9 (24-h)
Número de periodos de 24 horas con concentraciones mayores a la NOM (>70 µg/m³): 0

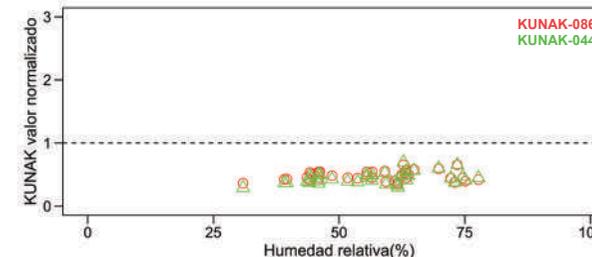
Métricas de desempeño ◆1-h ●24-h



Efecto de las condiciones ambientales



Número de datos (prom. 24-h): KUNAK-086=38, KUNAK-044=38
Temperatura promedio: 18.3 °C



Número de datos (prom. 24-h): KUNAK-086=38, KUNAK-044=38
Humedad relativa promedio: 57 %

Dispositivos: KUNAK - AIR Pro

Estadísticas

	Número de datos pareados		Promedio ± desv. est.		Mediana		Mín (Máx)	
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas
Referencia (µg/m³)	896	38	32.6 ± 16.8	32.4 ± 11.6	30.7	31.4	5.2 (146.1)	13.4 (53.9)
KUNAK-086 (µg/m³)	896	38	15.6 ± 10.1	15.5 ± 6.3	13.4	15.4	0.8 (57.2)	5.4 (29.2)
KUNAK-044 (µg/m³)	896	38	14.4 ± 9.0	14.3 ± 5.6	12.1	13.5	1.0 (51.8)	5.6 (27.7)
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Resultados de la evaluación

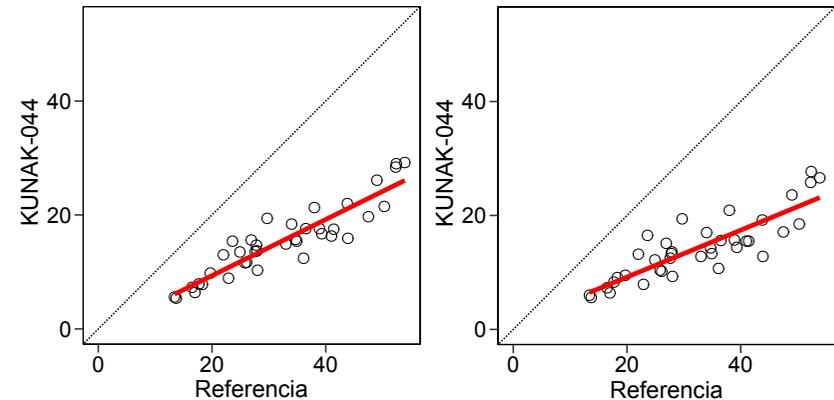
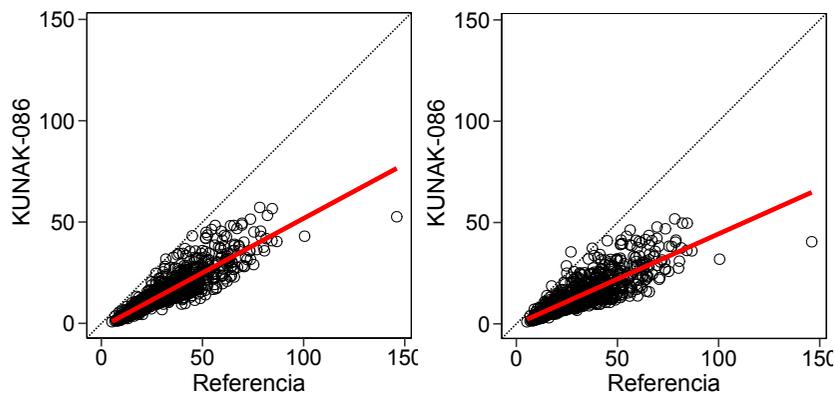
	Sesgo y linealidad							
	R ²		Pendiente		Intercepto (µg/m³)		Spearman (Kendall)	
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas
KUNAK-086	0.788	0.838	0.54	0.49	-1.93	-0.51	0.925 (0.770)	0.911 (0.759)
KUNAK-044	0.683	0.729	0.45	0.41	-0.15	0.96	0.867 (0.690)	0.831 (0.673)
---	---	---	---	---	---	---	---	---
Promedio del despliegue	0.746	0.791	0.49	0.45	-1.04	0.23	0.904 (0.737)	0.875 (0.715)

Promedio del despliegue (µg/m³)	Error				Precisión				Captura de datos (%)		
	RMSE (µg/m³)		NRMSE (%)		Desv. est. (µg/m³)		CV (%)				
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	
15.0	14.9	20.2	18.8	61.9	58.1	1.3	0.8	8.6	5.6	100	100

Gráficos de regresión individuales para los dispositivos contra el equipo de referencia

Promedios de 1 hora (µg/m³)

Promedios de 24 horas (µg/m³)



Información del evaluador

Institución: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático-UNAM, Dirección de Monitoreo de la Calidad del Aire-SEDEMA

Ubicación del sitio de prueba: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Ciudad Universitaria, Coyoacán, Ciudad de México

Lat.: 19.326° Long.: -99.176° Altitud: 2290 m

Información del dispositivo PurpleAir

Marca y modelo: PurpleAir modelo PA-II-SD

Versión de firmware: 6.01

Intervalo de muestreo: 2 minutos

Números de serie (MAC): 10:52:1C:41:35:CB, C4:5B:BE:44:89:66, 10:52:1C:4D:E0:C0.

Problemas identificados durante el despliegue: No se reportaron problemas.

Información del equipo de referencia para PM₁₀

Marca y modelo: Teledyne API modelo T-API640x

Número de serie: 492

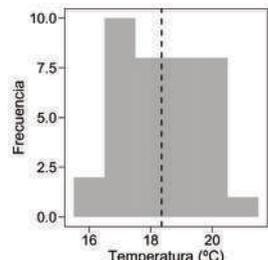
Intervalo de muestreo: 1 minuto

Fecha de calibración: 20 de enero de 2022

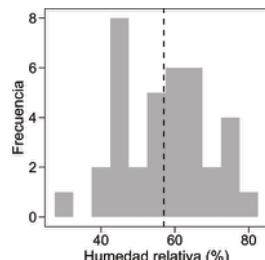
Fecha de verificación del flujo: 23 de mayo de 2022

Observaciones: La respuesta del equipo se ajustó contra un FRM.

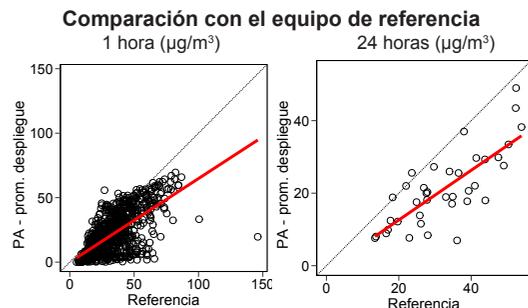
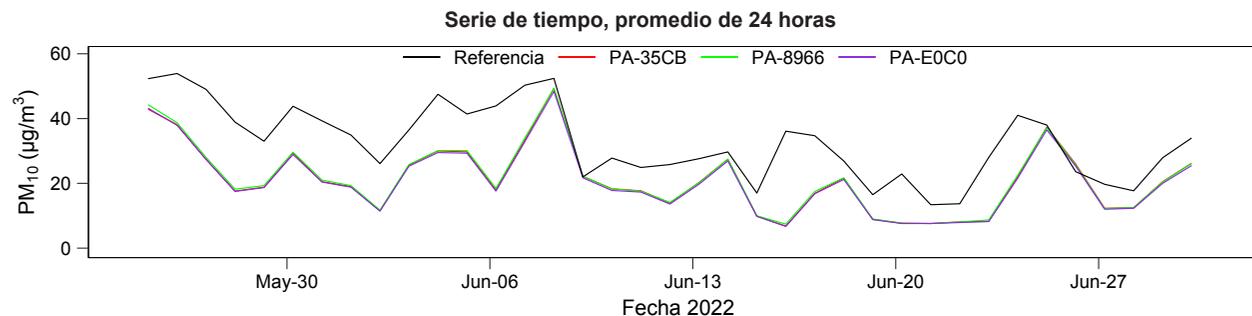
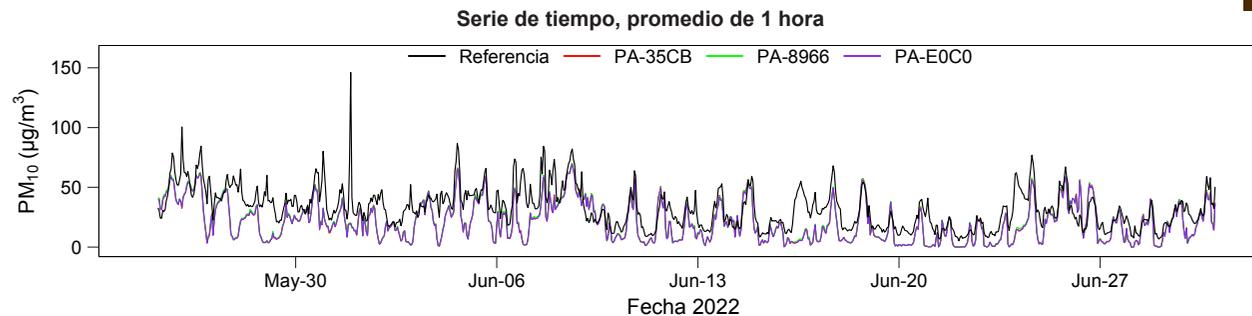
Temperatura y humedad ambientales durante el despliegue



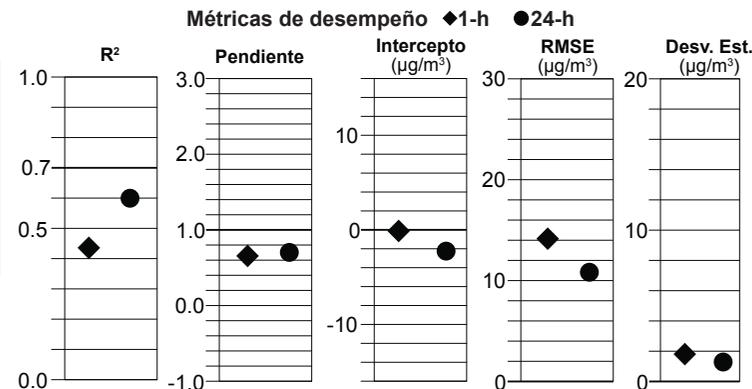
Número de períodos de 24 horas fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0



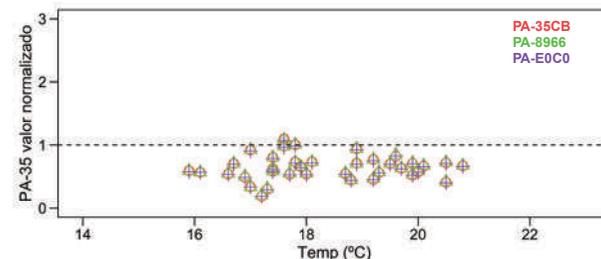
Número de períodos de 24 horas fuera del límite de humedad relativa recomendado por el fabricante: 0



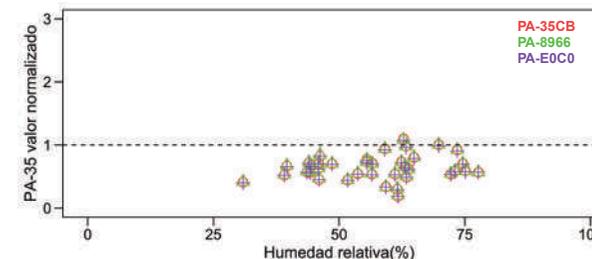
Intervalos de concentraciones medidas por el equipo de referencia (µg/m³): 5.2 a 146.1 (1-h), 13.4 a 53.9 (24-h)
Número de períodos de 24 horas con concentraciones mayores a la NOM (>70 µg/m³): 0



Efecto de las condiciones ambientales



Número de datos (prom. 24-h): PA-35CB=38, PA-8966=38, PA-E0C0=38
Temperatura promedio: 18.3 °C



Número de datos (prom. 24-h): PA-35CB=38, PA-8966=38, PA-E0C0=38
Humedad relativa promedio: 57 %

Dispositivos: PurpleAir - PA-II-SD

Estadísticas

	Número de datos pareados		Promedio ± desv. est.		Mediana		Mín (Máx)	
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas
Referencia (µg/m³)	895	38	32.6 ± 16.7	32.4 ± 11.6	30.7	31.4	5.2 (146.1)	13.4 (53.9)
PA-35CB (µg/m³)	895	38	21.1 ± 16.0	21.1 ± 10.3	19.0	19.7	0.0 (70.1)	6.8 (49.3)
PA-8966 (µg/m³)	895	38	21.3 ± 16.0	21.3 ± 10.3	19.2	19.7	0.0 (69.7)	7.4 (49.3)
PA-E0C0 (µg/m³)	895	38	20.8 ± 15.7	20.8 ± 10.1	18.6	19.3	0.0 (68.9)	6.7 (48.4)

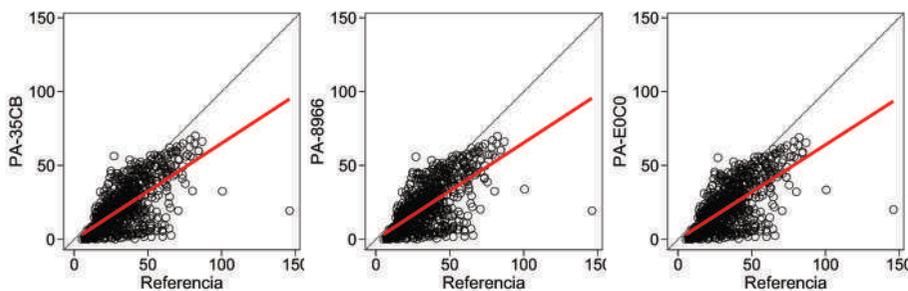
Resultados de la evaluación

	Sesgo y linealidad							
	R ²		Pendiente		Intercepto (µg/m³)		Spearman (Kendall)	
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas
PA-35CB	0.462	0.592	0.65	0.68	-0.09	-0.89	0.675 (0.511)	0.710 (0.548)
PA-8966	0.466	0.614	0.65	0.70	0.04	-1.28	0.680 (0.515)	0.734 (0.566)
PA-E0C0	0.465	0.599	0.64	0.68	-0.09	-1.12	0.676 (0.512)	0.722 (0.559)
Promedio del despliegue	0.465	0.602	0.65	0.69	-0.05	-1.09	0.677 (0.513)	0.727 (0.562)

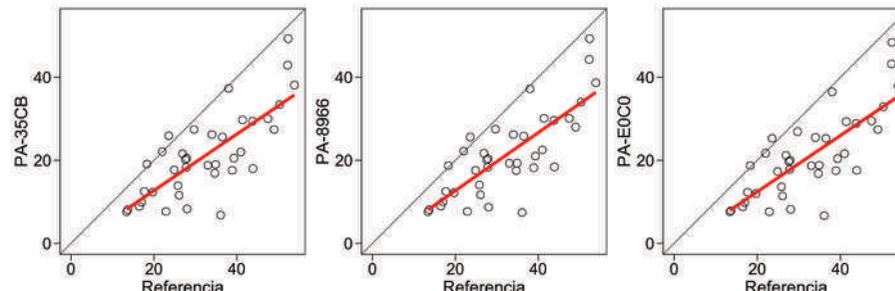
Promedio del despliegue (µg/m³)	Error				Precisión				Captura de datos (%)		
	RMSE (µg/m³)		NRMSE (%)		Desv. est. (µg/m³)		CV (%)				
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	
21.1	21.1	14.1	10.9	43.4	33.7	0.4	0.3	1.8	1.3	100	100

Gráficos de regresión individuales para los dispositivos contra el equipo de referencia

Promedios de 1 hora (µg/m³)



Promedios de 24 horas (µg/m³)



Información del evaluador

Institución: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático-UNAM, Dirección de Monitoreo de la Calidad del Aire-SEDEMA

Ubicación del sitio de prueba: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Ciudad Universitaria, Coyoacán, Ciudad de México

Lat.: 19.326° Long.: -99.176° Altitud: 2290 m

Información del dispositivo SMABILITY

Marca y modelo: SMABILITY modelo SMAA

Versión de firmware: 0.1

Intervalo de muestreo: 5 minutos

Números de serie: SMAA-1, SMAA-2

Problemas identificados durante el despliegue:

El dispositivo SMAA-2 presentó algunas intermitencias en la transmisión de datos.

Información del equipo de referencia para PM₁₀

Marca y modelo: Teledyne API modelo T-API640x

Número de serie: 492

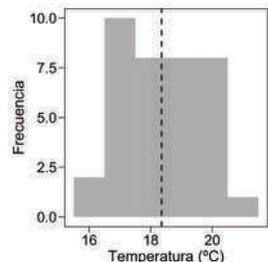
Intervalo de muestreo: 1 minuto

Fecha de calibración: 20 de enero de 2022

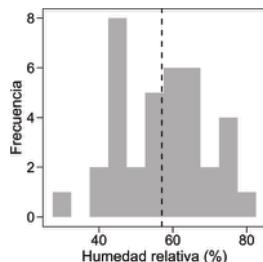
Fecha de verificación del flujo: 23 de mayo de 2022

Observaciones: La respuesta del equipo se ajustó contra un FRM.

Temperatura y humedad ambientales durante el despliegue

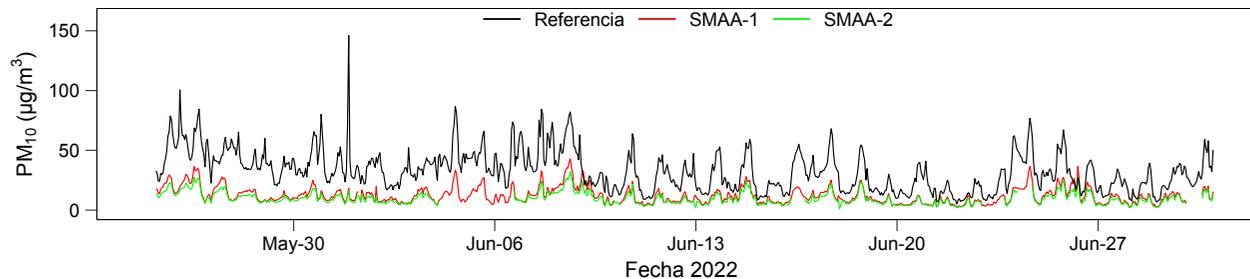


Número de periodos de 24 horas fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0

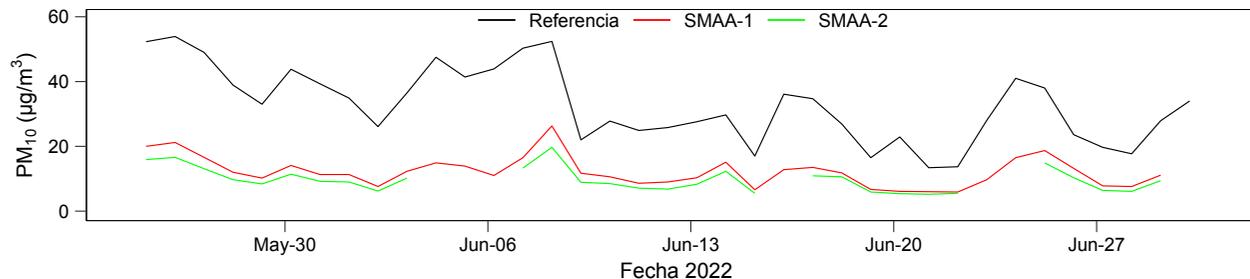


Número de periodos de 24 horas fuera del límite de humedad relativa recomendado por el fabricante: 0

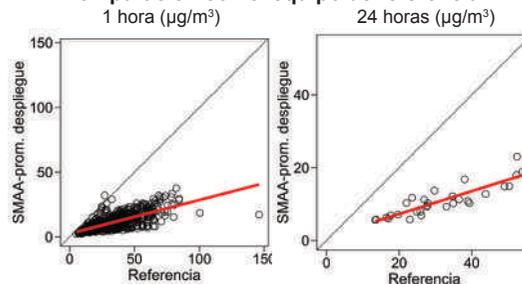
Serie de tiempo, promedio de 1 hora



Serie de tiempo, promedio de 24 horas

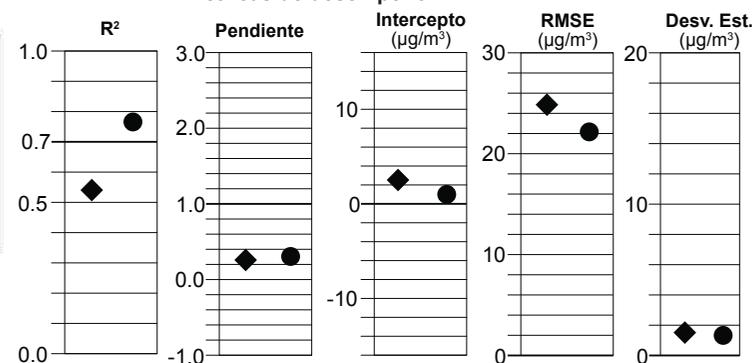


Comparación con el equipo de referencia

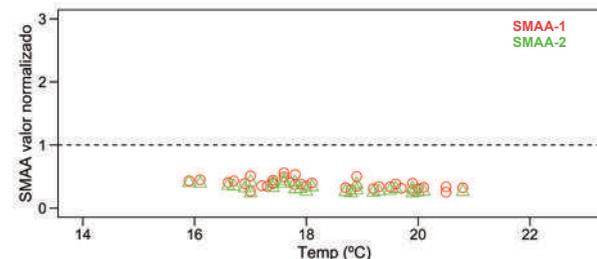


Intervalos de concentraciones medidas por el equipo de referencia (µg/m³): 5.2 a 146.1 (1-h), 13.4 a 53.9 (24-h)
 Número de periodos de 24 horas con concentraciones mayores a la NOM (>70 µg/m³): 0

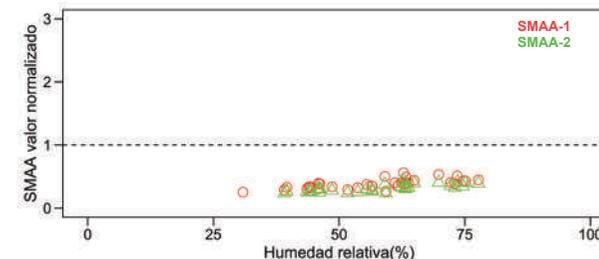
Métricas de desempeño ◆1-h ●24-h



Efecto de las condiciones ambientales



Número de datos (prom. 24-h): SMAA-1=37, SMAA-2=30
 Temperatura promedio: 18.3 °C



Número de datos (prom. 24-h): SMAA-1=37, SMAA-2=30
 Humedad relativa promedio: 57 %

Dispositivos: SMABILITY - SMAA

Estadísticas

	Número de datos pareados		Promedio ± desv. est.		Mediana		Mín (Máx)	
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas
Referencia (µg/m³)	769	30	32.1 ± 16.7	31.3 ± 12.0	30.0	27.9	5.2 (146.1)	13.4 (53.9)
SMAA-1 (µg/m³)	769	30	12.0 ± 6.7	12.0 ± 5.0	10.2	11.3	2.2 (43.0)	5.9 (26.3)
SMAA-2 (µg/m³)	769	30	9.7 ± 5.1	9.7 ± 3.7	8.5	9.1	1.0 (32.2)	5.2 (19.7)
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Resultados de la evaluación

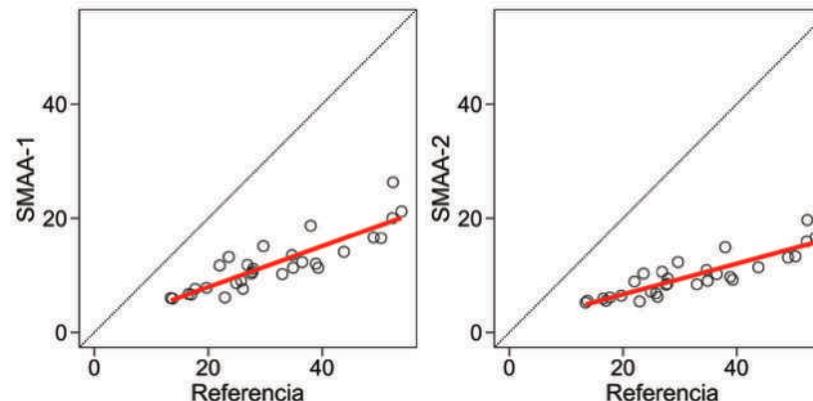
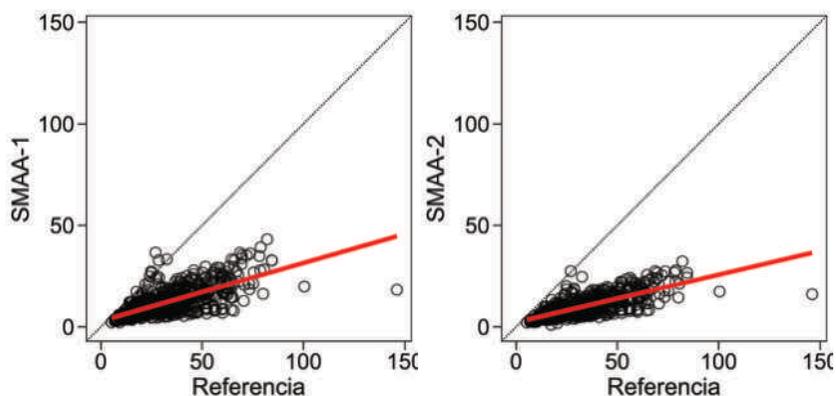
	Sesgo y linealidad							
	R ²		Pendiente		Intercepto (µg/m³)		Spearman (Kendall)	
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas
SMAA-1	0.504	0.761	0.29	0.36	2.87	0.75	0.736 (0.557)	0.866 (0.717)
SMAA-2	0.584	0.767	0.23	0.27	2.21	1.25	0.783 (0.600)	0.873 (0.723)
---	---	---	---	---	---	---	---	---
Promedio del despliegue	0.543	0.765	0.26	0.31	2.54	1.00	0.761 (0.579)	0.862 (0.721)

Promedio del despliegue (µg/m³)	Error				Precisión				Captura de datos (%)		
	RMSE (µg/m³)		NRMSE (%)		Desv. est. (µg/m³)		CV (%)				
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	
10.9	10.8	24.9	22.2	77.7	70.8	1.5	1.3	13.9	12.3	86	79

Gráficos de regresión individuales para los dispositivos contra el equipo de referencia

Promedios de 1 hora (µg/m³)

Promedios de 24 horas (µg/m³)



Información del evaluador

Institución: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático-UNAM, Dirección de Monitoreo de la Calidad del Aire-SEDEMA

Ubicación del sitio de prueba: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Ciudad Universitaria, Coyoacán, Ciudad de México

Lat.: 19.326° Long.: -99.176° Altitud: 2290 m

Información del dispositivo DIY

Marca y modelo: DIY modelo MPBU

Versión de firmware: ---

Intervalo de muestreo: 1 minuto

Números de serie: MPBU-1, MPBU-2

Problemas identificados durante el despliegue:

Los dispositivos de bloqueaban y dejaban de grabar/transmitir datos.

Información del equipo de referencia para PM₁₀

Marca y modelo: Teledyne API modelo T-API640x

Número de serie: 492

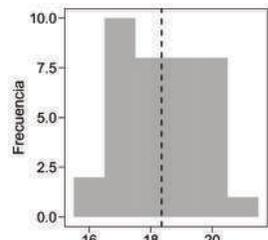
Intervalo de muestreo: 1 minuto

Fecha de calibración: 20 de enero de 2022

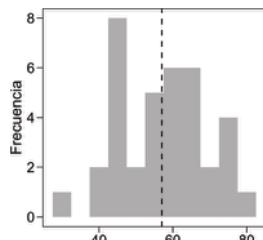
Fecha de verificación del flujo: 23 de mayo de 2022

Observaciones: La respuesta del equipo se ajustó contra un FRM.

Temperatura y humedad ambientales durante el despliegue

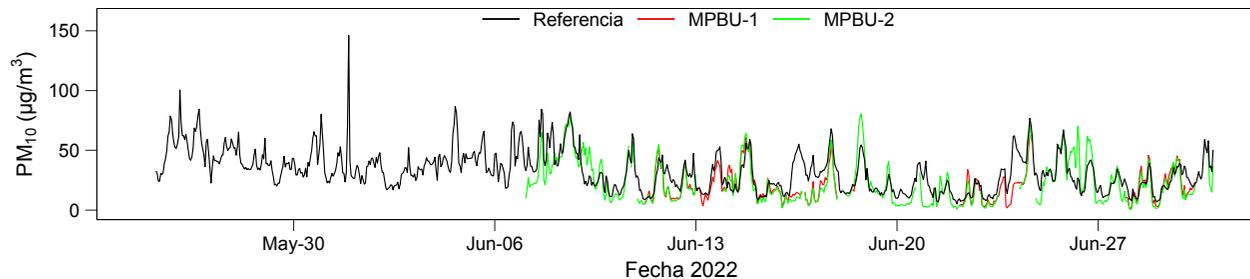


Número de periodos de 24 horas fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0

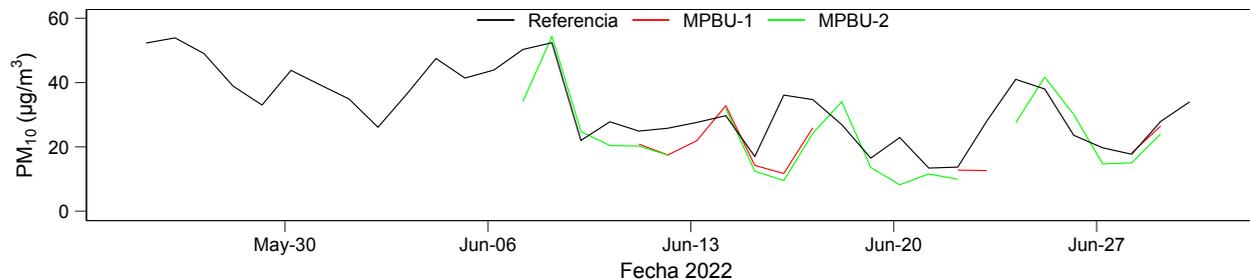


Número de periodos de 24 horas fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0

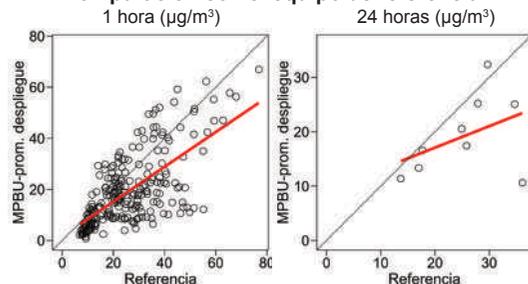
Serie de tiempo, promedio de 1 hora



Serie de tiempo, promedio de 24 horas

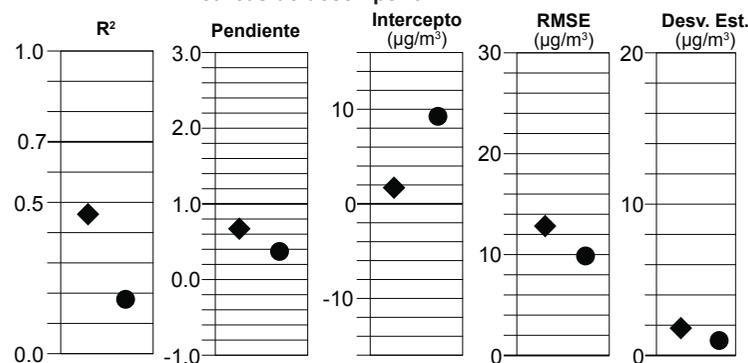


Comparación con el equipo de referencia

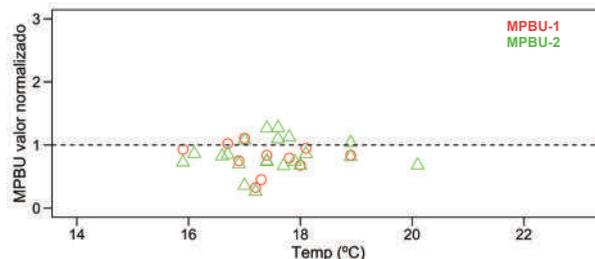


Intervalos de concentraciones medidas por el equipo de referencia (µg/m³): 5.2 a 146.1 (1-h), 13.4 a 53.9 (24-h)
Número de periodos de 24 horas con concentraciones mayores a la NOM (>70 µg/m³): 0

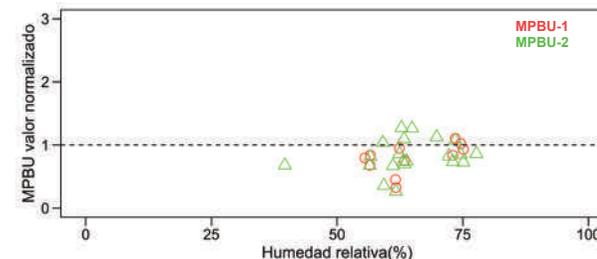
Métricas de desempeño ◆1-h ●24-h



Efecto de las condiciones ambientales



Número de datos (prom. 24-h): MPBU-1=11, MPBU-2=22
Temperatura promedio: 18.3 °C



Número de datos (prom. 24-h): MPBU-1=11, MPBU-2=22
Humedad relativa promedio: 57 %

Dispositivos: DIY - MPBU

Estadísticas

	Número de datos pareados		Promedio ± desv. est.		Mediana		Mín (Máx)	
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas
Referencia (µg/m³)	245	9	25.7 ± 13.6	25.3 ± 7.9	22.8	25.8	6.8 (76.8)	13.7 (36.1)
MPBU-1 (µg/m³)	245	9	19.7 ± 13.2	20.0 ± 7.1	16.9	18.1	1.1 (62.8)	11.7 (32.8)
MPBU-2 (µg/m³)	245	9	18.4 ± 14.2	18.3 ± 7.5	14.9	17.4	0.5 (71.1)	9.5 (31.9)
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Resultados de la evaluación

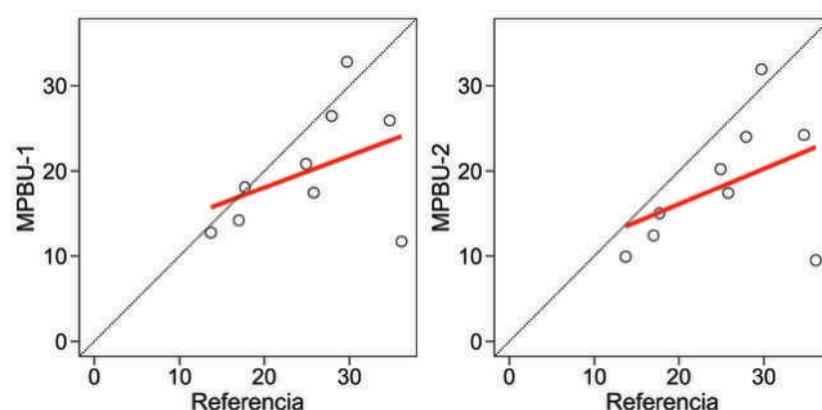
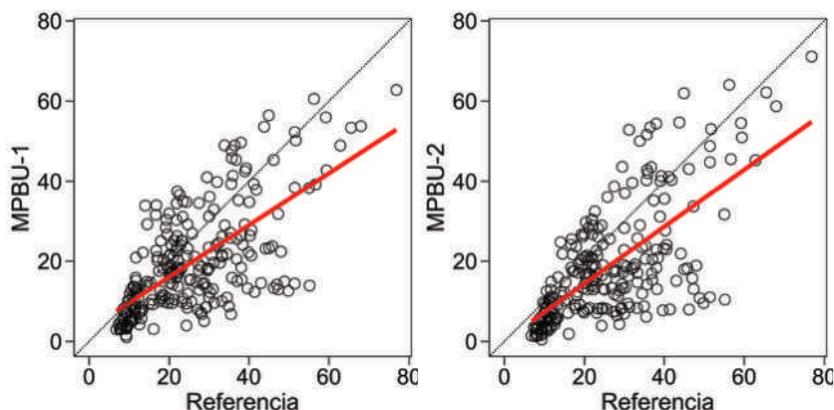
	Sesgo y linealidad							
	R ²		Pendiente		Intercepto (µg/m³)		Spearman (Kendall)	
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas
MPBU-1	0.448	0.169	0.65	0.37	3.11	10.59	0.650 (0.478)	0.300 (0.333)
MPBU-2	0.463	0.189	0.71	0.42	0.18	7.78	0.655 (0.483)	0.367 (0.444)
---	---	---	---	---	---	---	---	---
Promedio del despliegue	0.462	0.180	0.68	0.39	1.65	9.19	0.654 (0.481)	0.333 (0.389)

Promedio del despliegue (µg/m³)	Error				Precisión				Captura de datos (%)			
	RMSE (µg/m³)		NRMSE (%)		Desv. est. (µg/m³)		CV (%)					
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas		
	19.1	19.2	12.8	9.9	50.0	39.0	1.8	1.0	9.6	5.3	27	24

Gráficos de regresión individuales para los dispositivos contra el equipo de referencia

Promedios de 1 hora (µg/m³)

Promedios de 24 horas (µg/m³)



Información del evaluador

Institución: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático-UNAM, Dirección de Monitoreo de la Calidad del Aire-SEDEMA

Ubicación del sitio de prueba: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Ciudad Universitaria, Coyoacán, Ciudad de México

Lat.: 19.326° Long.: -99.176° Altitud: 2290 m

Información del dispositivo DIY

Marca y modelo: DIY modelo YERA

Versión de firmware: 0.1.0

Intervalo de muestreo: 1 minuto

Números de serie: YERA-1, YERA-2, YERA-3

Problemas identificados durante el despliegue:

Problemas con el almacenamiento de datos en el dispositivo YERA-2.

Información del equipo de referencia para PM₁₀

Marca y modelo: Teledyne API modelo T-API640x

Número de serie: 492

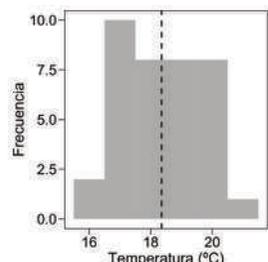
Intervalo de muestreo: 1 minuto

Fecha de calibración: 20 de enero de 2022

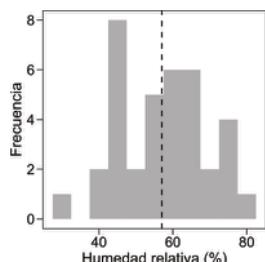
Fecha de verificación del flujo: 23 de mayo de 2022

Observaciones: La respuesta del equipo se ajustó contra un FRM.

Temperatura y humedad ambientales durante el despliegue

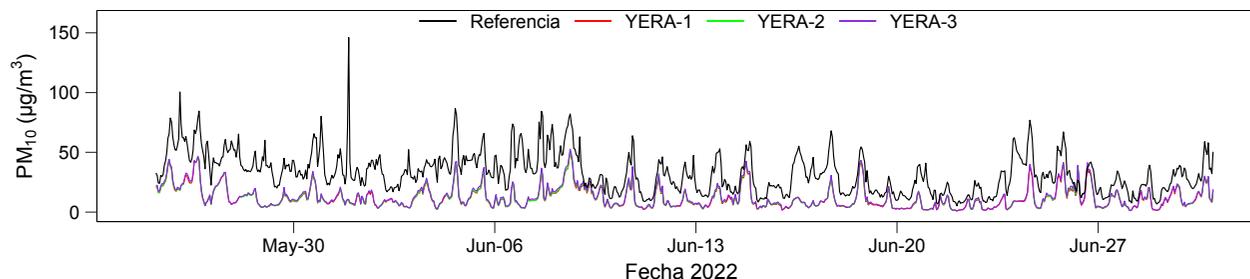


Número de periodos de 24 horas fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0

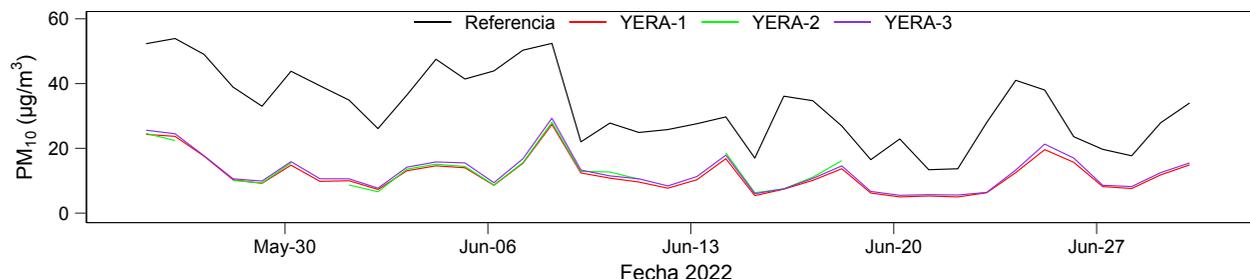


Número de periodos de 24 horas fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0

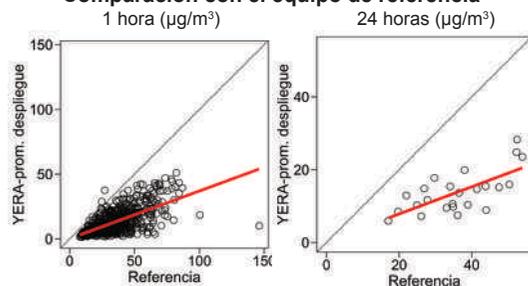
Serie de tiempo, promedio de 1 hora



Serie de tiempo, promedio de 24 horas

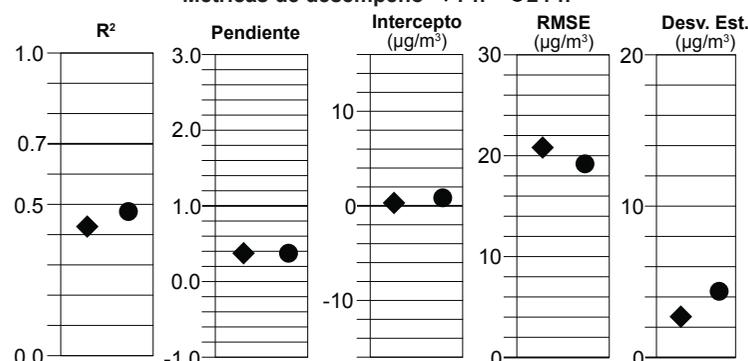


Comparación con el equipo de referencia

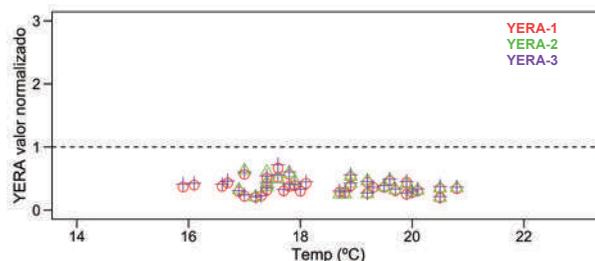


Intervalos de concentraciones medidas por el equipo de referencia (µg/m³): 5.2 a 146.1 (1-h), 13.4 a 53.9 (24-h)
Número de periodos de 24 horas con concentraciones mayores a la NOM (>70 µg/m³): 0

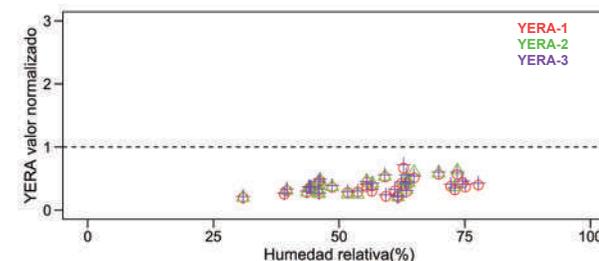
Métricas de desempeño ◆1-h ●24-h



Efecto de las condiciones ambientales



Número de datos (prom. 24-h): YERA-1=38, YERA-2=24, YERA-3=38
Temperatura promedio: 18.3 °C



Número de datos (prom. 24-h): YERA-1=38, YERA-2=24, YERA-3=38
Humedad relativa promedio: 57 %

Dispositivos: DIY - YERA

Estadísticas

	Número de datos pareados		Promedio ± desv. est.		Mediana		Mín (Máx)	
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas
Referencia (µg/m³)	691	24	35.0 ± 16.4	36.1 ± 10.7	32.7	35.5	7.8 (146.1)	17.0 (53.9)
YERA-1 (µg/m³)	691	24	12.7 ± 9.0	13.4 ± 5.7	9.9	12.8	1.2 (50.3)	5.4 (27.4)
YERA-2 (µg/m³)	691	24	13.0 ± 9.3	13.8 ± 5.7	10.1	13.3	1.2 (50.6)	6.3 (28.0)
YERA-3 (µg/m³)	691	24	13.6 ± 9.5	14.3 ± 6.0	10.7	13.8	1.4 (52.7)	6.0 (29.3)

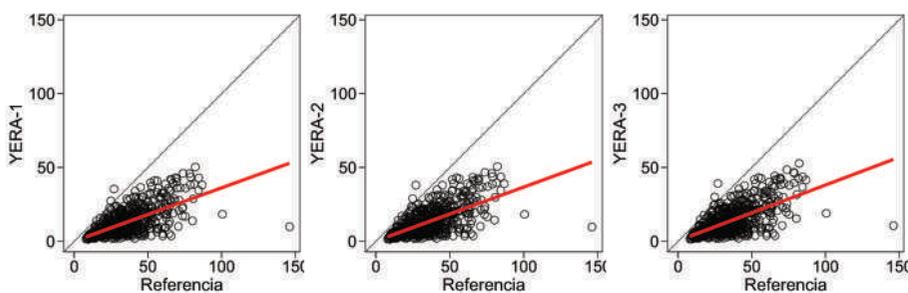
Resultados de la evaluación

	Sesgo y linealidad							
	R ²		Pendiente		Intercepto (µg/m³)		Spearman (Kendall)	
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas
YERA-1	0.432	0.499	0.36	0.38	0.07	-0.18	0.643 (0.473)	0.643 (0.486)
YERA-2	0.418	0.423	0.37	0.35	0.22	1.33	0.632 (0.463)	0.564 (0.417)
YERA-3	0.423	0.497	0.38	0.40	0.41	-0.04	0.631 (0.463)	0.641 (0.482)
Promedio del despliegue	0.424	0.475	0.37	0.37	0.23	0.37	0.635 (0.465)	0.630 (0.471)

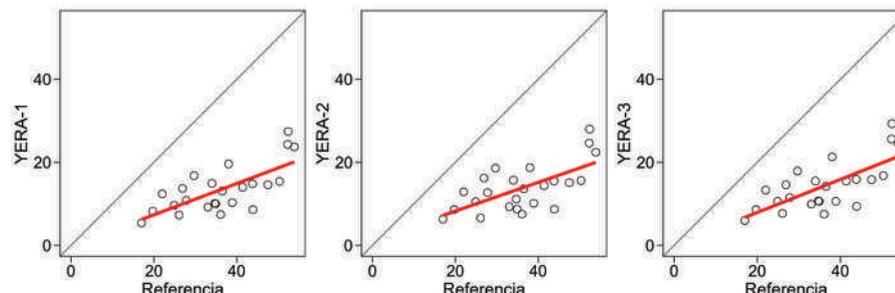
Promedio del despliegue (µg/m³)	Error				Precisión				Captura de datos (%)			
	RMSE (µg/m³)		NRMSE (%)		Desv. est. (µg/m³)		CV (%)					
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas		
	13.1	13.8	20.8	19.4	59.4	53.8	0.4	0.6	2.7	4.3	77	63

Gráficos de regresión individuales para los dispositivos contra el equipo de referencia

Promedios de 1 hora (µg/m³)



Promedios de 24 horas (µg/m³)



Parametro: partículas menores a 2.5 μm (PM_{2.5})
Sitio: ICAyCC

Información del evaluador

Institución: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático-UNAM, Dirección de Monitoreo de la Calidad del Aire-SEDEMA

Ubicación del sitio de prueba: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Ciudad Universitaria, Coyoacán, Ciudad de México

Lat.: 19.º Long.: -99.º Altitud: 2 m

Información del dispositivo CMM

Marca y modelo: CMM modelo AIRLAB

Versión de firmware: ---

Intervalo de muestreo: ~3 minutos

Números de serie: AIRLAB-1, AIRLAB-2

Problemas identificados durante el despliegue: Problemas de comunicación al inicio de la campaña.

Información del equipo de referencia para PM_{2.5}

Marca y modelo: Teledyne API modelo T-API640x

Número de serie: 492

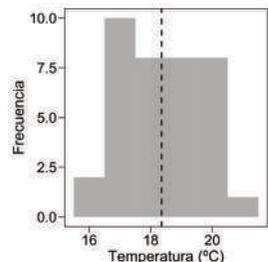
Intervalo de muestreo: 1 minuto

Fecha de calibración: 20 de enero de 2022

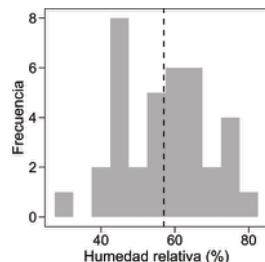
Fecha de verificación del flujo: 23 de mayo de 2022

Observaciones: La respuesta del equipo se ajustó contra un FRM.

Temperatura y humedad ambientales durante el despliegue

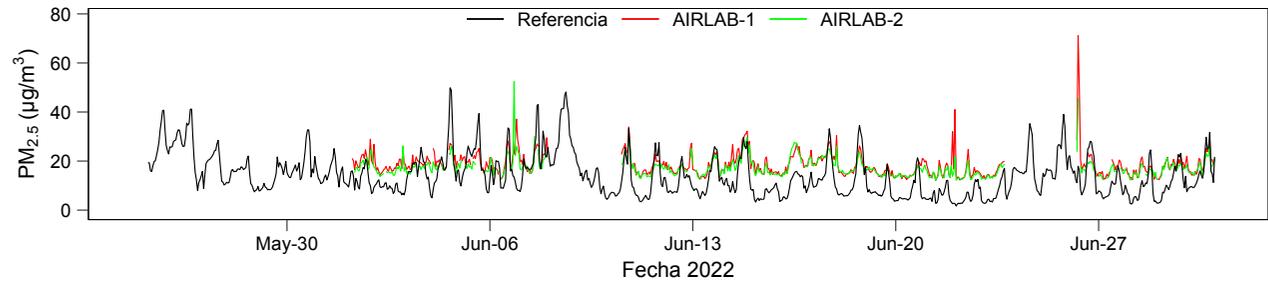


Número de periodos de 24 horas fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0

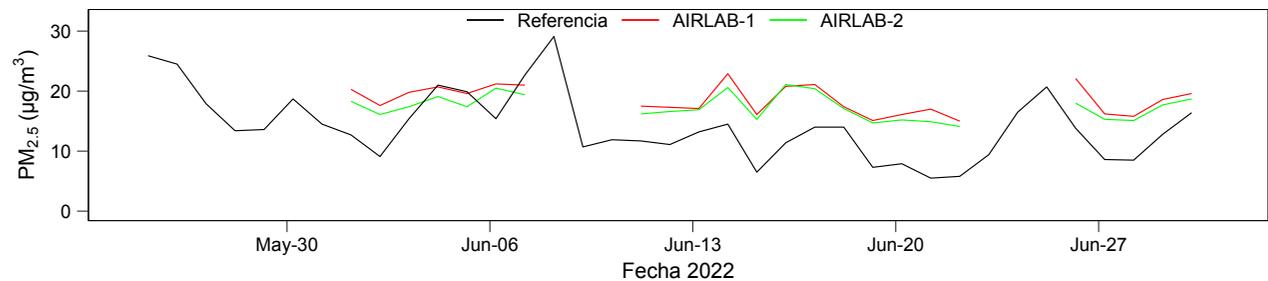


Número de periodos de 24 horas fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0

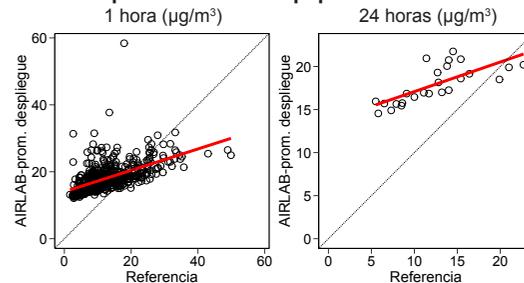
Serie de tiempo, promedio de 1 hora



Serie de tiempo, promedio de 24 horas

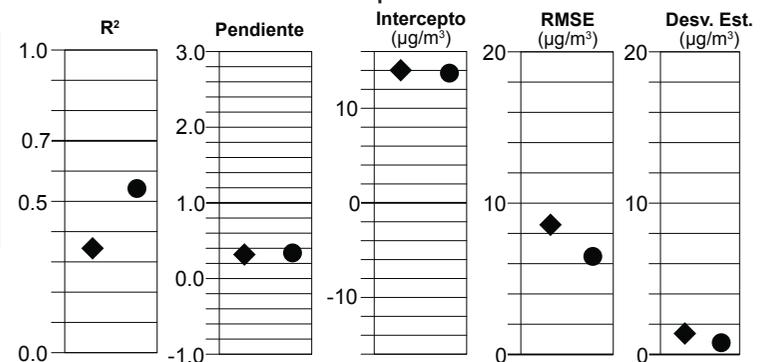


Comparación con el equipo de referencia

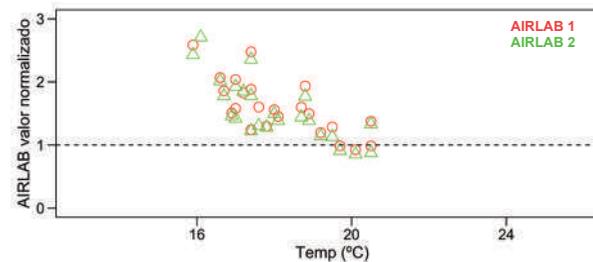


Intervalos de concentraciones medidas por el equipo de referencia (µg/m³): 1.7 a 49.9 (1-h), 5.5 a 29.1 (24-h)
Número de periodos de 24 horas con concentraciones mayores a la NOM (>41 µg/m³): 0

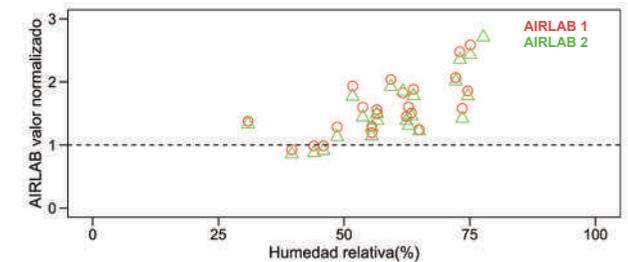
Métricas de desempeño



Efecto de las condiciones ambientales



Número de datos (prom. 24-h): AIRLAB-1=25, AIRLAB-2=25
Temperatura promedio: 18.3 °C



Número de datos (prom. 24-h): AIRLAB-1=25, AIRLAB-2=25
Humedad relativa promedio: 57 %

Dispositivos: CMM - AIRLAB

Estadísticas

	Número de datos pareados		Promedio ± desv. est.		Mediana		Mín (Máx)	
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas
Referencia (µg/m³)	569	25	12.1 ± 7.5	12.4 ± 4.6	10.0	12.7	1.7 (49.9)	5.5 (22.7)
AIRLAB-1 (µg/m³)	569	25	18.5 ± 4.7	18.5 ± 2.3	17.6	17.6	12.1 (71.2)	15.0 (22.9)
AIRLAB-2 (µg/m³)	569	25	17.3 ± 3.8	17.3 ± 2.1	16.6	17.1	12.1 (52.4)	14.1 (21.1)
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Resultados de la evaluación

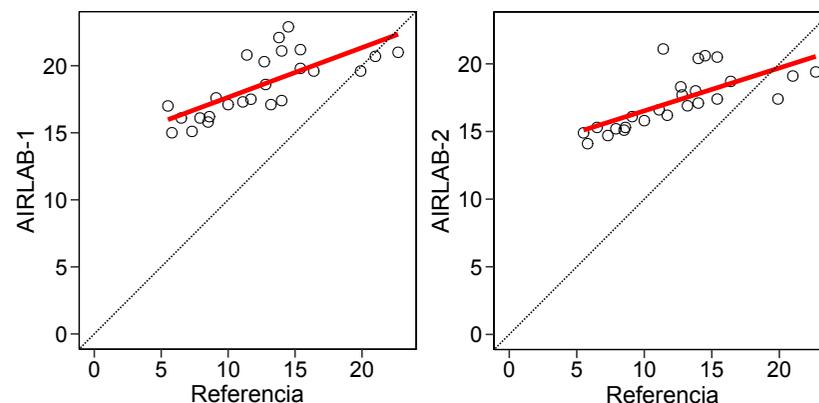
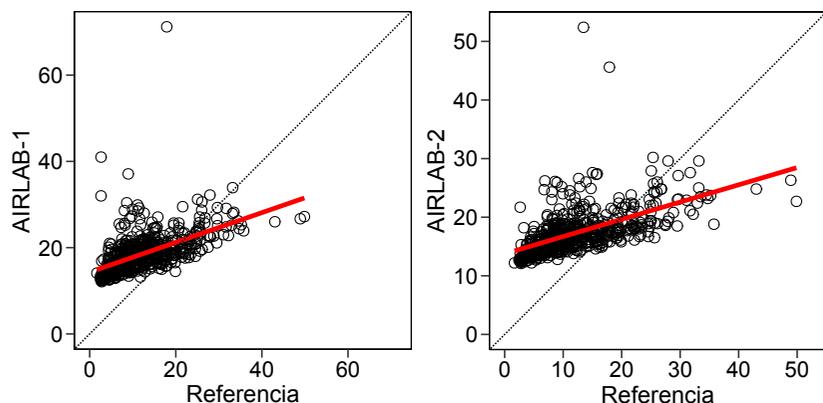
	Sesgo y linealidad							
	R ²		Pendiente		Intercepto (µg/m³)		Spearman (Kendall)	
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas
AIRLAB-1	0.302	0.538	0.34	0.37	14.32	13.94	0.687 (0.513)	0.789 (0.595)
AIRLAB-2	0.335	0.496	0.29	0.32	13.75	13.36	0.706 (0.525)	0.812 (0.651)
---	---	---	---	---	---	---	---	---
Promedio del despliegue	0.344	0.540	0.32	0.34	14.03	13.65	0.700 (0.522)	0.800 (0.626)

Promedio del despliegue (µg/m³)	Error				Precisión				Captura de datos (%)		
	RMSE (µg/m³)		NRMSE (%)		Desv. est. (µg/m³)		CV (%)				
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	
17.9	17.9	8.5	6.5	70.5	52.3	1.4	0.8	7.8	4.3	63	66

Gráficos de regresión individuales para los dispositivos contra el equipo de referencia

Promedios de 1 hora (µg/m³)

Promedios de 24 horas (µg/m³)



Información del evaluador

Institución: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático-UNAM, Dirección de Monitoreo de la Calidad del Aire-SEDEMA

Ubicación del sitio de prueba: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Ciudad Universitaria, Coyoacán, Ciudad de México

Lat.: 19.326° Long.: -99.176° Altitud: 2290 m

Información del dispositivo ELLONA

Marca y modelo: ELLONA modelo WT1

Versión de firmware: 1.19

Intervalo de muestreo: 1 minutos

Números de serie: WT1-062, WT1-063

Problemas identificados durante el despliegue: Problemas de comunicación al inicio de la campaña.

Información del equipo de referencia para PM_{2.5}

Marca y modelo: Teledyne API modelo T-API640x

Número de serie: 492

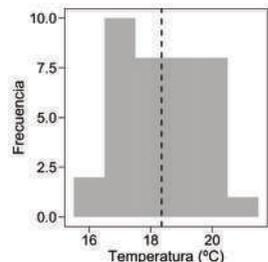
Intervalo de muestreo: 1 minuto

Fecha de calibración: 20 de enero de 2022

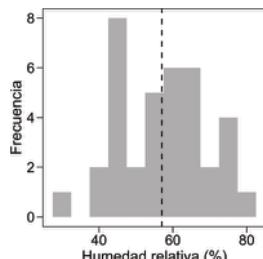
Fecha de verificación del flujo: 23 de mayo de 2022

Observaciones: La respuesta del equipo se ajustó contra un FRM.

Temperatura y humedad ambientales durante el despliegue

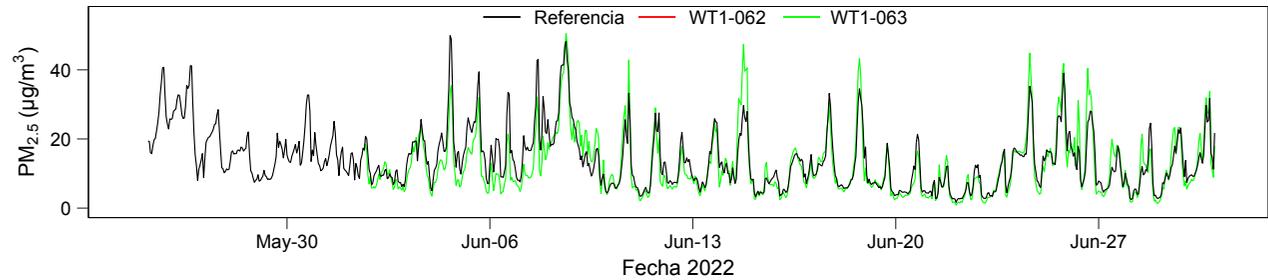


Número de periodos de 24 horas fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0

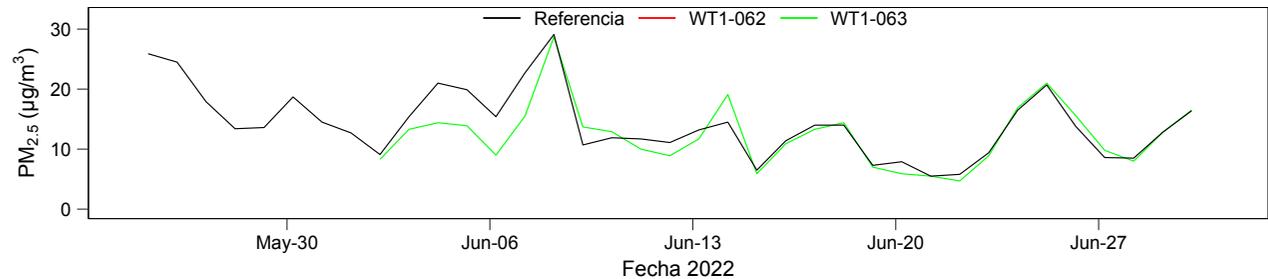


Número de periodos de 24 horas fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0

Serie de tiempo, promedio de 1 hora

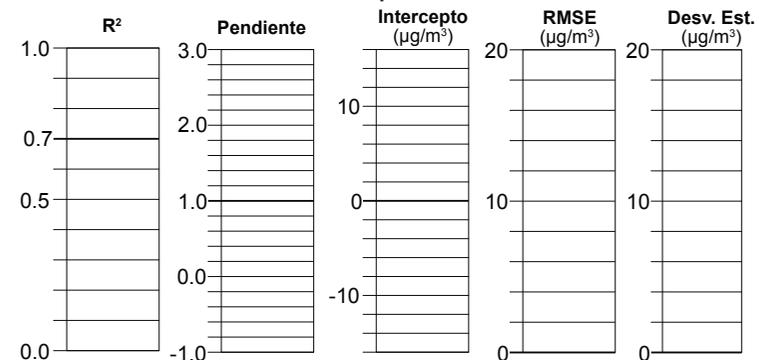


Serie de tiempo, promedio de 24 horas



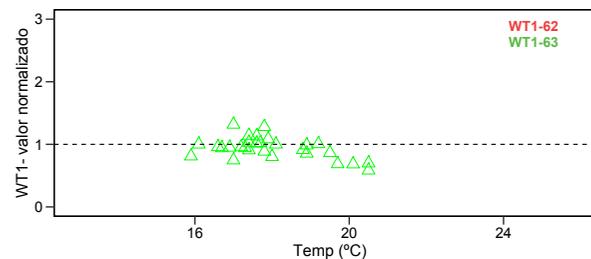
Comparación con el equipo de referencia
1 hora (µg/m³) 24 horas (µg/m³)

Métricas de desempeño ◆1-h ●24-h

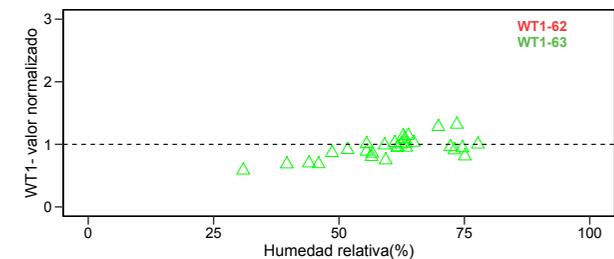


Intervalos de concentraciones medidas por el equipo de referencia (µg/m³): 1.7 a 49.9 (1-h), 5.5 a 29.1 (24-h)
Número de periodos de 24 horas con concentraciones mayores a la NOM (>41 µg/m³): 0

Efecto de las condiciones ambientales



Número de datos (prom. 24-h): WT1-063=30
Temperatura promedio: 18.3 °C



Número de datos (prom. 24-h): WT1-063=30
Humedad relativa promedio: 57 %

Dispositivos: ELLONA - WT1

Estadísticas

	Número de datos pareados		Promedio ± desv. est.		Mediana		Mín (Máx)	
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas
Referencia (µg/m³)	---	---	---	---	---	---	---	---
WT1-062 (µg/m³)	---	---	---	---	---	---	---	---
WT1-063 (µg/m³)	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---

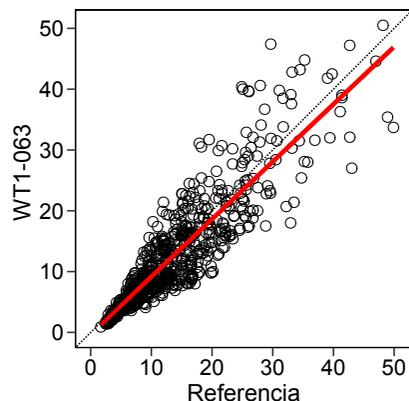
Resultados de la evaluación

	Sesgo y linealidad							
	R ²		Pendiente		Intercepto (µg/m³)		Spearman (Kendall)	
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas
WT1-062	---	---	---	---	---	---	---	---
WT1-063	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---
Promedio del despliegue	---	---	---	---	---	---	---	---

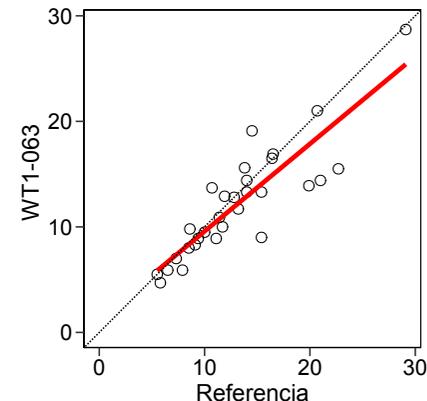
Promedio del despliegue (µg/m³)	Error				Precisión				Captura de datos (%)		
	RMSE (µg/m³)		NRMSE (%)		Desv. est. (µg/m³)		CV (%)				
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Gráficos de regresión individuales para los dispositivos contra el equipo de referencia

Promedios de 1 hora (µg/m³)



Promedios de 24 horas (µg/m³)



Información del evaluador

Institución: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático-UNAM, Dirección de Monitoreo de la Calidad del Aire-SEDEMA

Ubicación del sitio de prueba: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Ciudad Universitaria, Coyoacán, Ciudad de México

Lat.: 19.326° Long.: -99.176° Altitud: 2290 m

Información del dispositivo ENVEA

Marca y modelo: ENVEA modelo CAIRNET

Versión de firmware: 1.2.3.

Intervalo de muestreo: 1 minutos

Números de serie: CXM22020313, CXM22020314

Problemas identificados durante el despliegue:
No se identificaron problemas durante la operación.

Información del equipo de referencia para PM_{2.5}

Marca y modelo: Teledyne API modelo T-API640x

Número de serie: 492

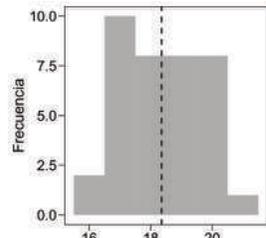
Intervalo de muestreo: 1 minuto

Fecha de calibración: 20 de enero de 2022

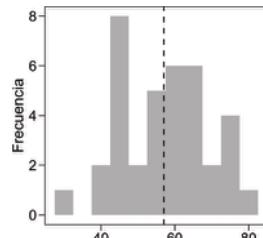
Fecha de verificación del flujo: 23 de mayo de 2022

Observaciones: La respuesta del equipo se ajustó contra un FRM.

Temperatura y humedad ambientales durante el despliegue

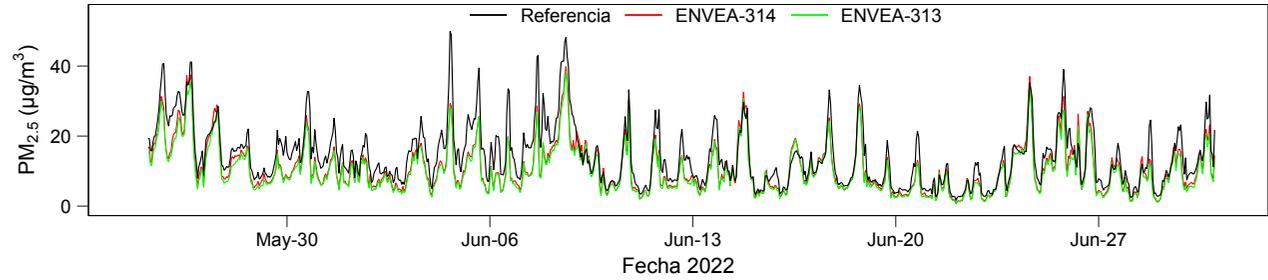


Número de periodos de 24 horas fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0

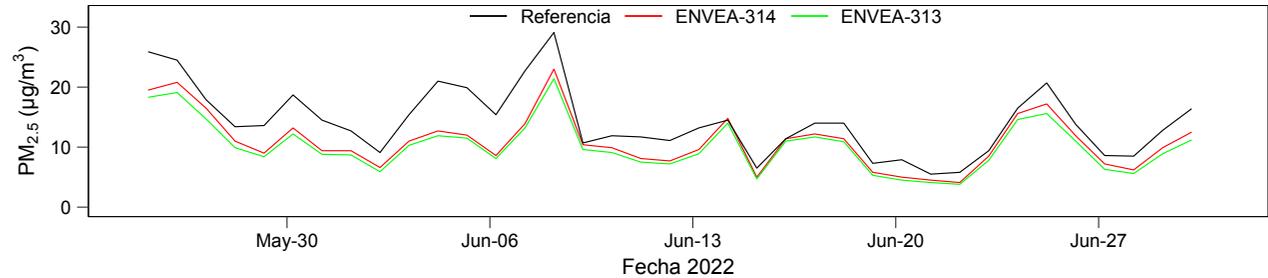


Número de periodos de 24 horas fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0

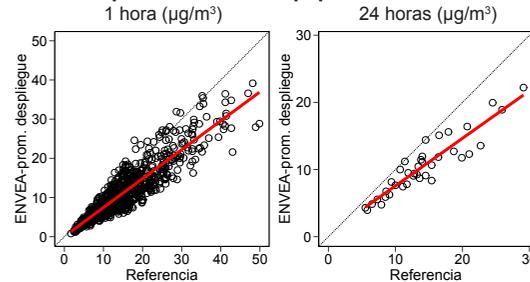
Serie de tiempo, promedio de 1 hora



Serie de tiempo, promedio de 24 horas

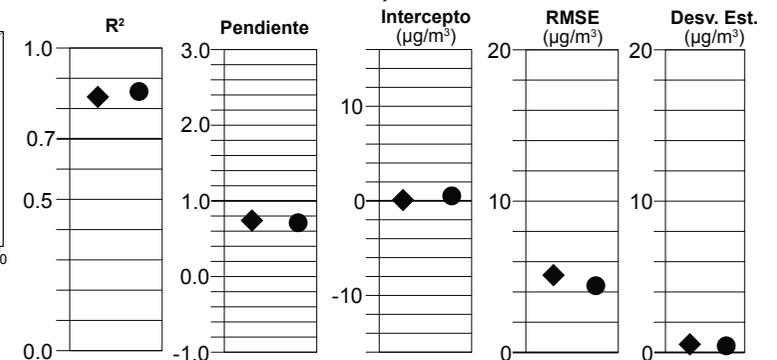


Comparación con el equipo de referencia

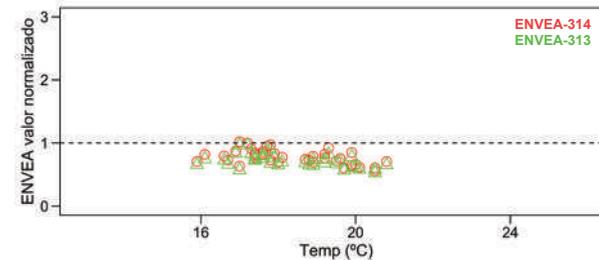


Intervalos de concentraciones medidas por el equipo de referencia (µg/m³): 1.7 a 49.9 (1-h), 5.5 a 29.1 (24-h)
Número de periodos de 24 horas con concentraciones mayores a la NOM (>41 µg/m³): 0

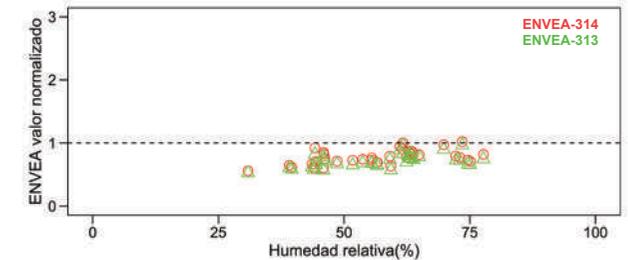
Métricas de desempeño ◆1-h ●24-h



Efecto de las condiciones ambientales



Número de datos (prom. 24-h): ENVEA-313=38, ENVEA-314=38
Temperatura promedio: 18.3 °C



Número de datos (prom. 24-h): ENVEA-313=38, ENVEA-314=38
Humedad relativa promedio: 57 %

Dispositivos: ENVEA - CAIRNET

Estadísticas

	Número de datos pareados		Promedio ± desv. est.		Mediana		Mín (Máx)	
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas
Referencia (µg/m³)	897	38	14.2 ± 8.5	14.1 ± 5.6	12.4	13.5	1.7 (49.9)	5.5 (29.1)
ENVEA-314 (µg/m³)	897	38	10.9 ± 7.0	10.9 ± 4.5	8.9	10.2	0.9 (39.8)	4.1 (23.0)
ENVEA-313 (µg/m³)	897	38	10.1 ± 6.6	10.1 ± 4.2	8.3	9.4	0.7 (38.5)	3.8 (21.4)
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Resultados de la evaluación

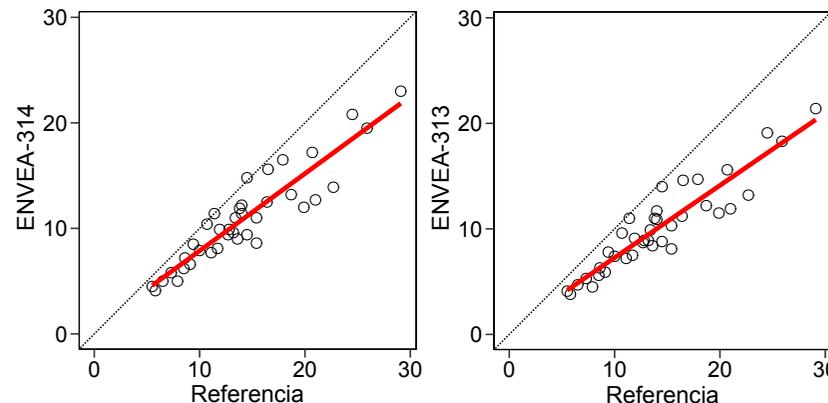
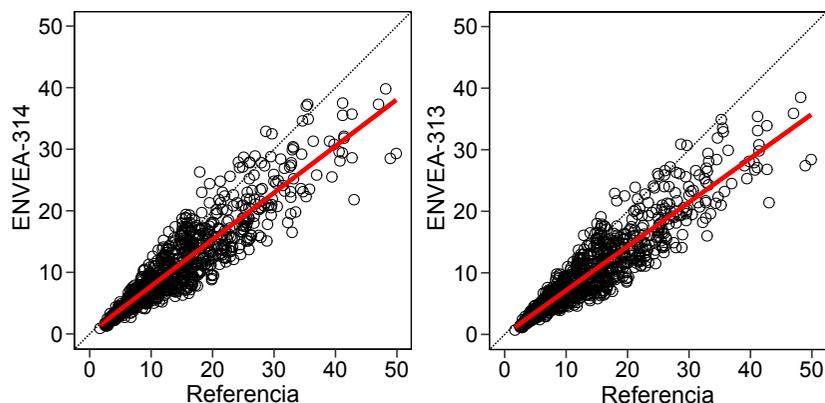
	Sesgo y linealidad							
	R ²		Pendiente		Intercepto (µg/m³)		Spearman (Kendall)	
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas
ENVEA-314	0.836	0.852	0.76	0.73	0.17	0.56	0.925 (0.768)	0.914 (0.774)
ENVEA-313	0.842	0.859	0.72	0.68	-0.03	0.42	0.923 (0.764)	0.913 (0.771)
---	---	---	---	---	---	---	---	---
Promedio del despliegue	0.840	0.856	0.74	0.71	0.07	0.49	0.925 (0.766)	0.913 (0.767)

Promedio del despliegue (µg/m³)	Error				Precisión				Captura de datos (%)		
	RMSE (µg/m³)		NRMSE (%)		Desv. est. (µg/m³)		CV (%)				
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	
10.5	10.5	5.1	4.3	35.9	30.6	0.5	0.4	4.9	4.2	100	100

Gráficos de regresión individuales para los dispositivos contra el equipo de referencia

Promedios de 1 hora (µg/m³)

Promedios de 24 horas (µg/m³)



Información del evaluador

Institución: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático-UNAM, Dirección de Monitoreo de la Calidad del Aire-SEDEMA

Ubicación del sitio de prueba: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Ciudad Universitaria, Coyoacán, Ciudad de México

Lat.: 19.326° Long.: -99.176° Altitud: 2290 m

Información del dispositivo KUNAK

Marca y modelo: Kunak modelo AIR Pro

Versión de firmware: 1.255.120

Intervalo de muestreo: 5 minutos

Números de serie: 0321350086 y 0321240044

Problemas identificados durante el despliegue:
No se identificaron problemas durante la operación.

Información del equipo de referencia para PM_{2.5}

Marca y modelo: Teledyne API modelo T-API640x

Número de serie: 492

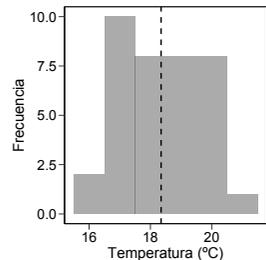
Intervalo de muestreo: 1 minuto

Fecha de calibración: 20 de enero de 2022

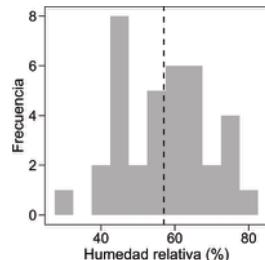
Fecha de verificación del flujo: 23 de mayo de 2022

Observaciones: La respuesta del equipo se ajustó contra un FRM.

Temperatura y humedad ambientales durante el despliegue

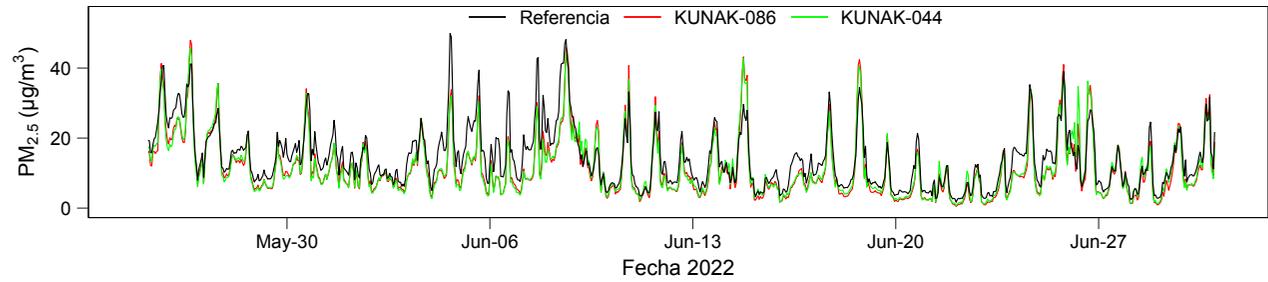


Número de periodos de 24 horas fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0

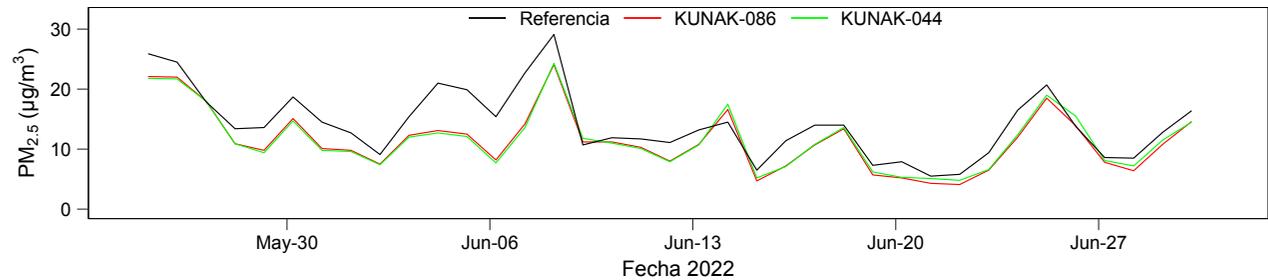


Número de periodos de 24 horas fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0

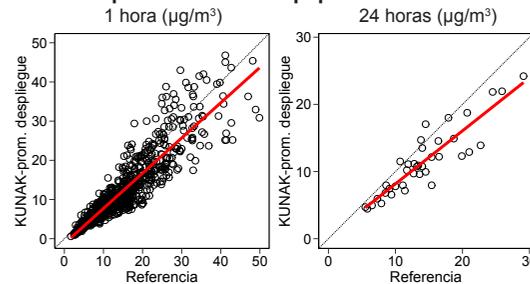
Serie de tiempo, promedio de 1 hora



Serie de tiempo, promedio de 24 horas

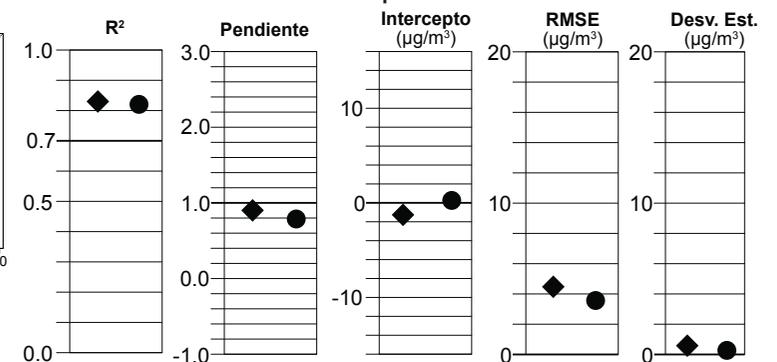


Comparación con el equipo de referencia

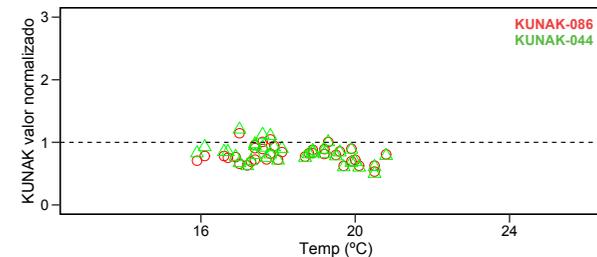


Intervalos de concentraciones medidas por el equipo de referencia (µg/m³): 1.7 a 49.9 (1-h), 5.5 a 29.1 (24-h)
Número de periodos de 24 horas con concentraciones mayores a la NOM (>41 µg/m³): 0

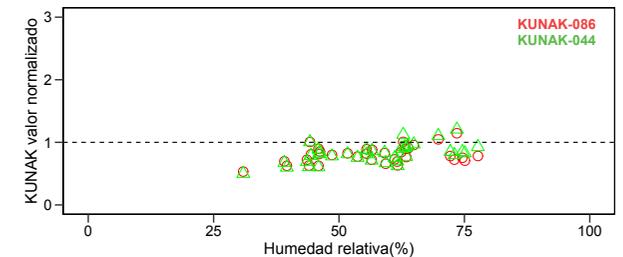
Métricas de desempeño



Efecto de las condiciones ambientales



Número de datos (prom. 24-h): KUNAK-086=38, KUNAK-044=38
Temperatura promedio: 18.3 °C



Número de datos (prom. 24-h): KUNAK-086=38, KUNAK-044=38
Humedad relativa promedio: 57 %

Dispositivos: KUNAK - AIR Pro

Estadísticas

	Número de datos pareados		Promedio ± desv. est.		Mediana		Mín (Máx)	
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas
Referencia (µg/m³)	896	38	14.2 ± 8.5	14.1 ± 5.6	12.4	13.5	1.7 (49.9)	5.5 (29.1)
KUNAK-086 (µg/m³)	896	38	11.4 ± 8.5	11.3 ± 5.0	9.0	10.8	0.5 (47.9)	4.1 (24.1)
KUNAK-044 (µg/m³)	896	38	11.5 ± 8.3	11.5 ± 4.9	9.1	10.9	0.7 (45.7)	4.8 (24.3)
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Resultados de la evaluación

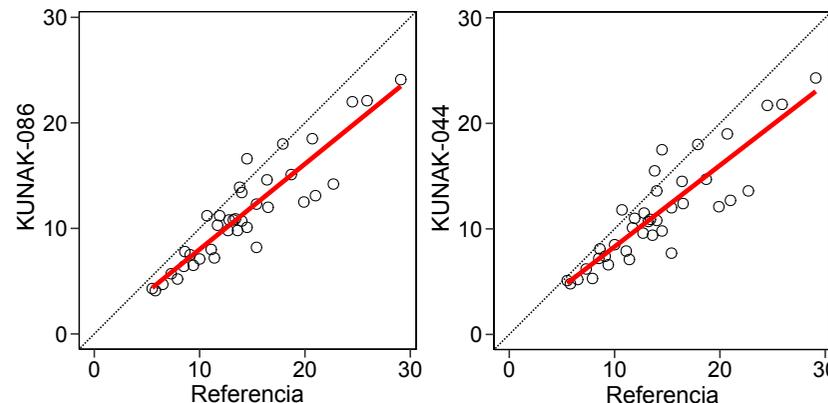
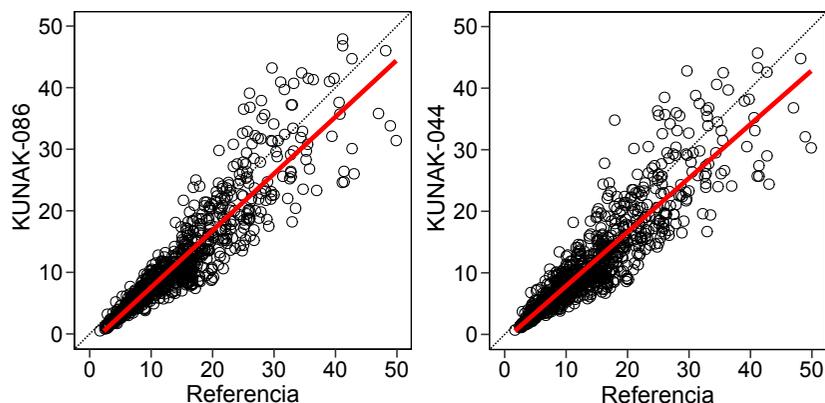
	Sesgo y linealidad							
	R ²		Pendiente		Intercepto (µg/m³)		Spearman (Kendall)	
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas
KUNAK-086	0.840	0.838	0.92	0.81	-1.67	-0.09	0.951 (0.815)	0.902 (0.750)
KUNAK-044	0.807	0.785	0.88	0.77	-0.89	0.61	0.923 (0.765)	0.879 (0.720)
---	---	---	---	---	---	---	---	---
Promedio del despliegue	0.828	0.814	0.90	0.79	-1.28	0.26	0.940 (0.793)	0.890 (0.737)

Promedio del despliegue (µg/m³)	Error				Precisión				Captura de datos (%)		
	RMSE (µg/m³)		NRMSE (%)		Desv. est. (µg/m³)		CV (%)				
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	
11.5	11.4	4.5	3.6	31.9	25.7	0.6	0.3	5.5	2.4	100	100

Gráficos de regresión individuales para los dispositivos contra el equipo de referencia

Promedios de 1 hora (µg/m³)

Promedios de 24 horas (µg/m³)



Información del evaluador

Institución: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático-UNAM, Dirección de Monitoreo de la Calidad del Aire-SEDEMA

Ubicación del sitio de prueba: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Ciudad Universitaria, Coyoacán, Ciudad de México

Lat.: 19.326° Long.: -99.176° Altitud: 2290 m

Información del dispositivo SMABILITY

Marca y modelo: SMABILITY modelo SMAA

Versión de firmware: 0.1

Intervalo de muestreo: 5 minutos

Números de serie: SMAA-1, SMAA-2

Problemas identificados durante el despliegue:

El dispositivo SMAA-2 presentó algunas intermitencias en la transmisión de datos.

Información del equipo de referencia para PM_{2.5}

Marca y modelo: Teledyne API modelo T-API640x

Número de serie: 492

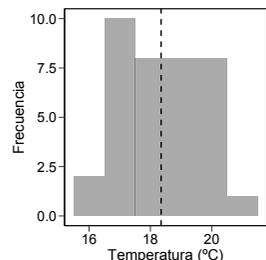
Intervalo de muestreo: 1 minuto

Fecha de calibración: 20 de enero de 2022

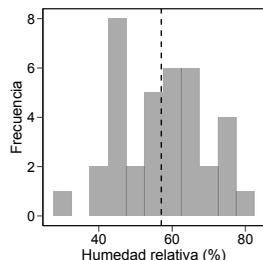
Fecha de verificación del flujo: 23 de mayo de 2022

Observaciones: La respuesta del equipo se ajustó contra un FRM.

Temperatura y humedad ambientales durante el despliegue

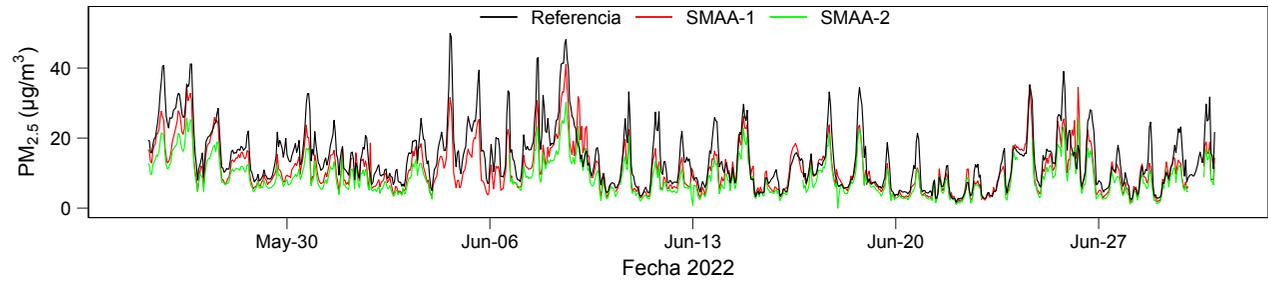


Número de periodos de 24 horas fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0

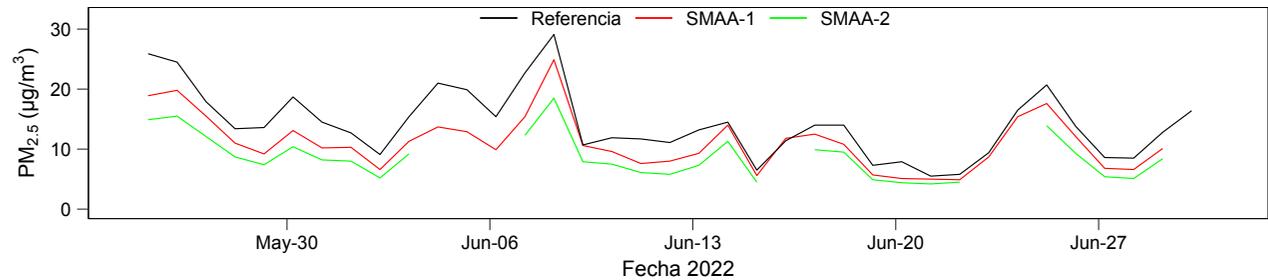


Número de periodos de 24 horas fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0

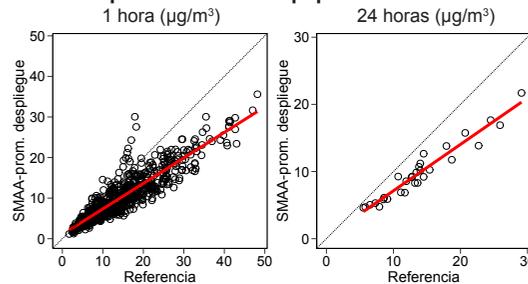
Serie de tiempo, promedio de 1 hora



Serie de tiempo, promedio de 24 horas

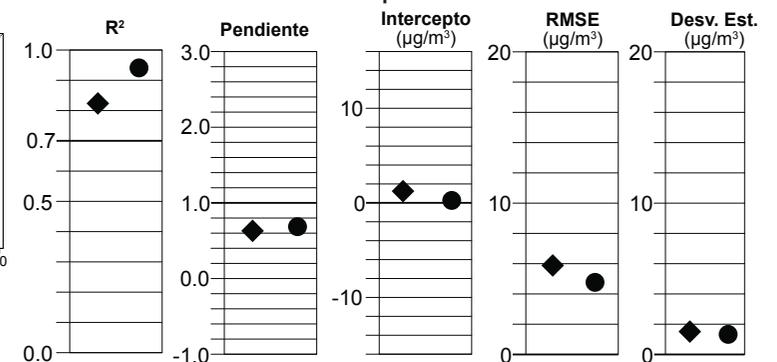


Comparación con el equipo de referencia

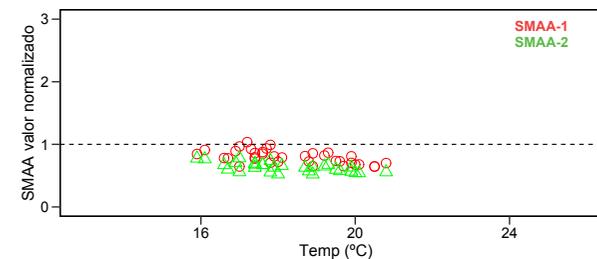


Intervalos de concentraciones medidas por el equipo de referencia (µg/m³): 1.7 a 49.9 (1-h), 5.5 a 29.1 (24-h)
Número de periodos de 24 horas con concentraciones mayores a la NOM (>41 µg/m³): 0

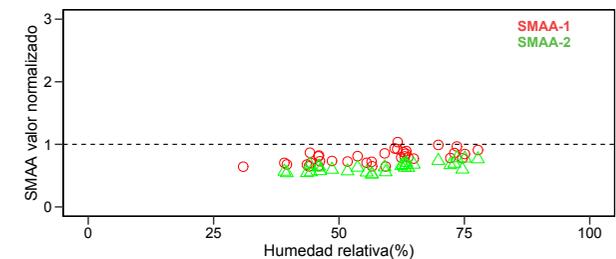
Métricas de desempeño ◆1-h ●24-h



Efecto de las condiciones ambientales



Número de datos (prom. 24-h): SMAA-1=37, SMAA-2=30
Temperatura promedio: 18.3 °C



Número de datos (prom. 24-h): SMAA-1=37, SMAA-2=30
Humedad relativa promedio: 57 %

Dispositivos: SMABILITY - SMAA

Estadísticas

	Número de datos pareados		Promedio ± desv. est.		Mediana		Mín (Máx)	
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas
Referencia (µg/m³)	769	30	14.0 ± 8.4	13.9 ± 6.0	12.2	13.3	1.7 (48.2)	5.5 (29.1)
SMAA-1 (µg/m³)	769	30	11.0 ± 6.6	10.9 ± 4.9	9.2	10.3	1.2 (41.0)	4.9 (24.9)
SMAA-2 (µg/m³)	769	30	8.7 ± 5.1	8.7 ± 3.7	7.4	8.1	0.0 (30.2)	4.2 (18.5)
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Resultados de la evaluación

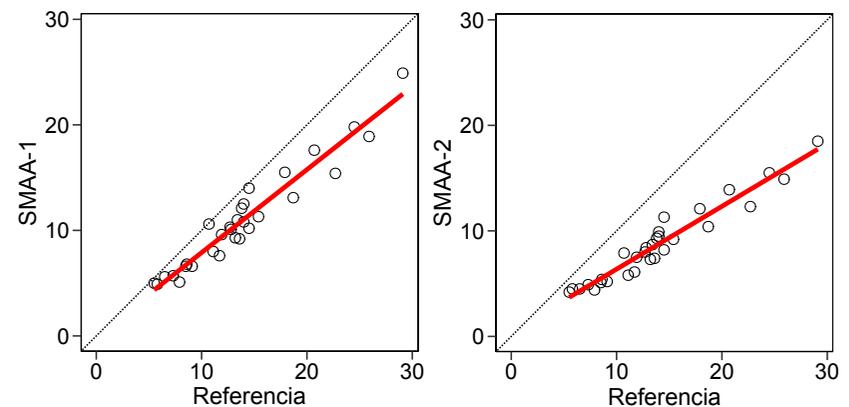
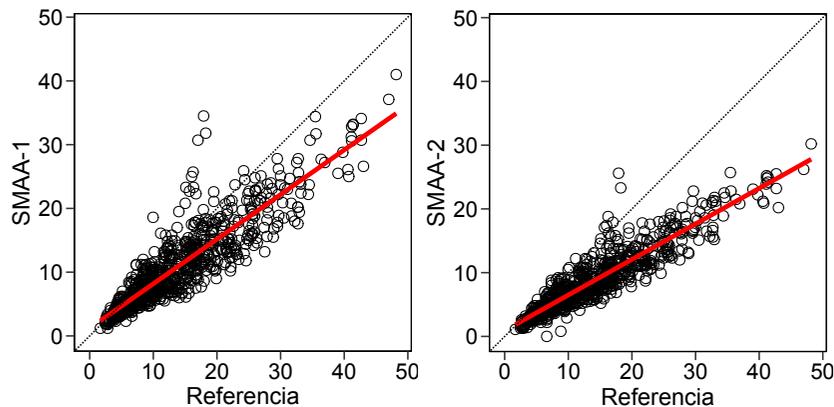
	Sesgo y linealidad							
	R ²		Pendiente		Intercepto (µg/m³)		Spearman (Kendall)	
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas
SMAA-1	0.797	0.934	0.70	0.79	1.18	0.03	0.906 (0.738)	0.948 (0.826)
SMAA-2	0.849	0.936	0.56	0.59	0.91	0.43	0.924 (0.766)	0.961 (0.863)
---	---	---	---	---	---	---	---	---
Promedio del despliegue	0.827	0.937	0.63	0.69	1.05	0.23	0.919 (0.755)	0.954 (0.852)

Promedio del despliegue (µg/m³)	Error				Precisión				Captura de datos (%)			
	RMSE (µg/m³)		NRMSE (%)		Desv. est. (µg/m³)		CV (%)					
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas		
	9.8	9.8	5.9	4.8	42.2	34.2	1.5	1.3	14.9	13.2	86	79

Gráficos de regresión individuales para los dispositivos contra el equipo de referencia

Promedios de 1 hora (µg/m³)

Promedios de 24 horas (µg/m³)



Información del evaluador

Institución: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático-UNAM, Dirección de Monitoreo de la Calidad del Aire-SEDEMA

Ubicación del sitio de prueba: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Ciudad Universitaria, Coyoacán, Ciudad de México

Lat.: 19.326° Long.: -99.176° Altitud: 2290 m

Información del dispositivo PurpleAir

Marca y modelo: PurpleAir modelo PA-II-SD

Versión de firmware: 6.01

Intervalo de muestreo: 2 minutos

Números de serie (MAC): 10:52:1C:41:35:CB, C4:5B:BE:44:89:66, 10:52:1C:4D:E0:C0.

Problemas identificados durante el despliegue:

No se reportaron problemas.

Información del equipo de referencia para PM_{2.5}

Marca y modelo: Teledyne API modelo T-API640x

Número de serie: 492

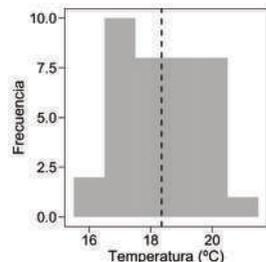
Intervalo de muestreo: 1 minuto

Fecha de calibración: 20 de enero de 2022

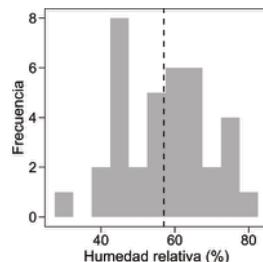
Fecha de verificación del flujo: 23 de mayo de 2022

Observaciones: La respuesta del equipo se ajustó contra un FRM.

Temperatura y humedad ambientales durante el despliegue

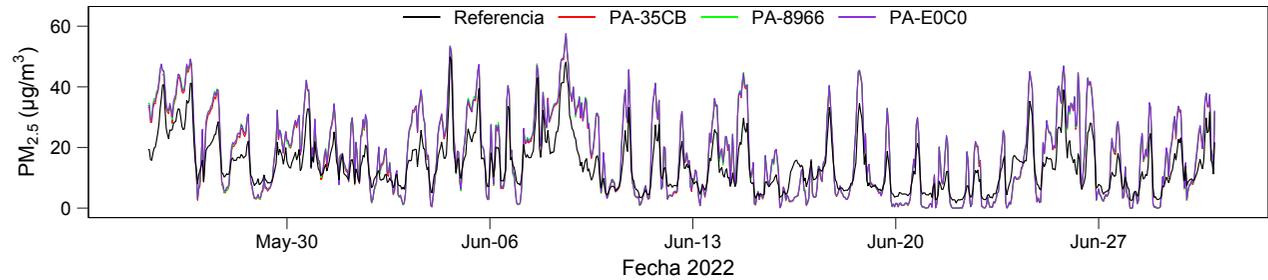


Número de periodos de 24 horas fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0

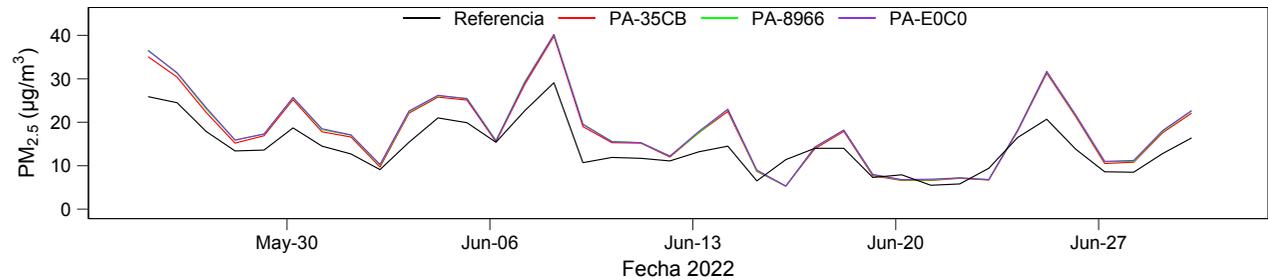


Número de periodos de 24 horas fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0

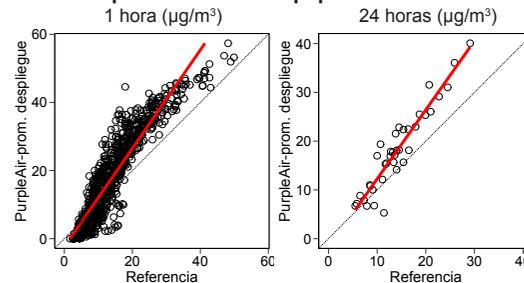
Serie de tiempo, promedio de 1 hora



Serie de tiempo, promedio de 24 horas

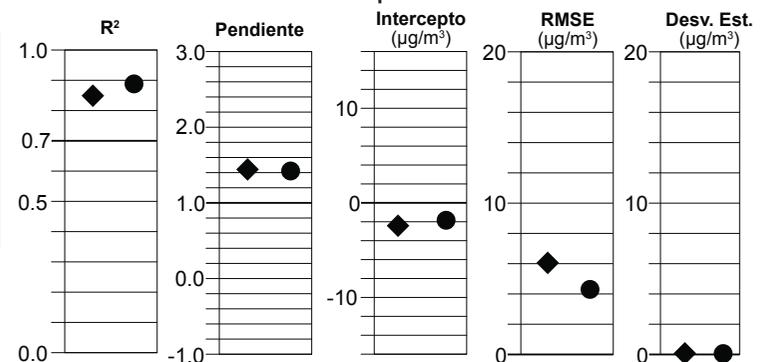


Comparación con el equipo de referencia

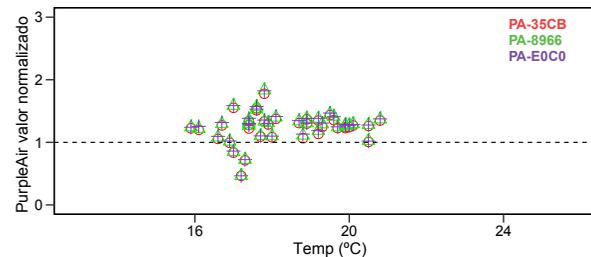


Intervalos de concentraciones medidas por el equipo de referencia (µg/m³): 1.7 a 49.9 (1-h), 5.5 a 29.1 (24-h)
Número de periodos de 24 horas con concentraciones mayores a la NOM (>41 µg/m³): 0

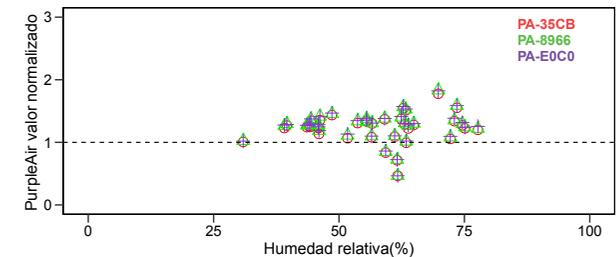
Métricas de desempeño ◆1-h ●24-h



Efecto de las condiciones ambientales



Número de datos (prom. 24-h): PA-35CB=38, PA-8966=38, PA-E0C0=38
Temperatura promedio: 18.3 °C



Número de datos (prom. 24-h): PA-35CB=38, PA-8966=38, PA-E0C0=38
Humedad relativa promedio: 57 %

Dispositivos: PurpleAir - PA-II-SD

Estadísticas

	Número de datos pareados		Promedio ± desv. est.		Mediana		Mín (Máx)	
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas
Referencia (µg/m³)	895	38	14.2 ± 8.4	14.1 ± 5.6	12.4	13.5	1.7 (49.9)	5.5 (29.1)
PA-35CB (µg/m³)	895	38	17.8 ± 13.1	17.8 ± 8.4	16.5	17.3	0.0 (57.0)	5.3 (39.8)
PA-8966 (µg/m³)	895	38	18.2 ± 13.3	18.2 ± 8.5	16.9	17.5	0.0 (57.5)	5.3 (40.2)
PA-E0C0 (µg/m³)	895	38	18.2 ± 13.2	18.2 ± 8.5	17.0	17.6	0.0 (57.6)	5.3 (40.2)

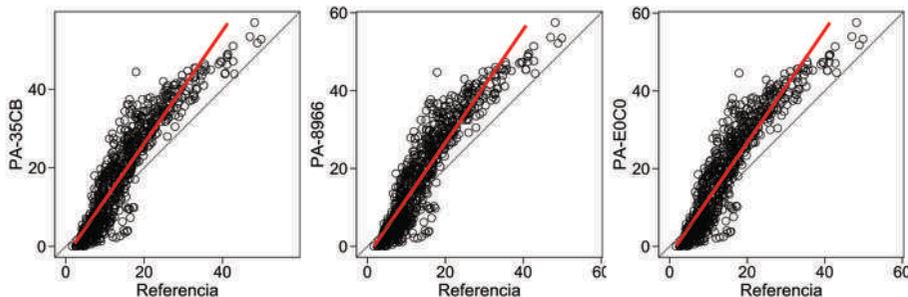
Resultados de la evaluación

	Sesgo y linealidad							
	R ²		Pendiente		Intercepto (µg/m³)		Spearman (Kendall)	
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas
PA-35CB	0.853	0.888	1.43	1.40	-2.49	-1.90	0.932 (0.782)	0.906 (0.763)
PA-8966	0.848	0.890	1.45	1.43	-2.41	-1.98	0.930 (0.778)	0.907 (0.768)
PA-E0C0	0.850	0.886	1.45	1.42	-2.27	-1.81	0.931 (0.781)	0.902 (0.759)
Promedio del despliegue	0.851	0.888	1.44	1.42	-2.39	-1.89	0.931 (0.780)	0.906 (0.766)

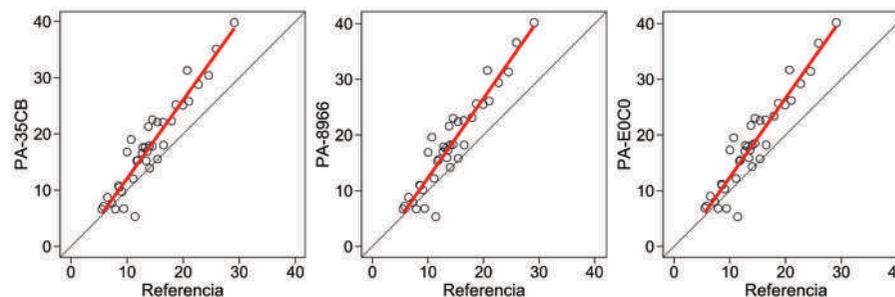
Promedio del despliegue (µg/m³)	Error				Precisión				Captura de datos (%)		
	RMSE (µg/m³)		NRMSE (%)		Desv. est. (µg/m³)		CV (%)				
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	
18.1	18.1	6.0	4.3	42.6	30.7	0.3	0.2	1.7	1.2	100	100

Gráficos de regresión individuales para los dispositivos contra el equipo de referencia

Promedios de 1 hora (µg/m³)



Promedios de 24 horas (µg/m³)



Información del evaluador

Institución: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático-UNAM, Dirección de Monitoreo de la Calidad del Aire-SEDEMA

Ubicación del sitio de prueba: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Ciudad Universitaria, Coyoacán, Ciudad de México

Lat.: 19.326° Long.: -99.176° Altitud: 2290 m

Información del dispositivo DIY

Marca y modelo: DIY modelo MPBU

Versión de firmware: ---

Intervalo de muestreo: 1 minuto

Números de serie: MPBU-1, MPBU-2

Problemas identificados durante el despliegue:

Los dispositivos de bloqueaban y dejaban de grabar/transmitir datos.

Información del equipo de referencia para PM_{2.5}

Marca y modelo: Teledyne API modelo T-API640x

Número de serie: 492

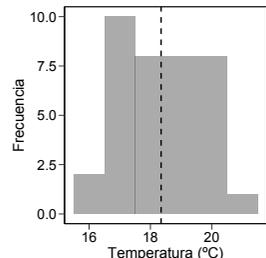
Intervalo de muestreo: 1 minuto

Fecha de calibración: 20 de enero de 2022

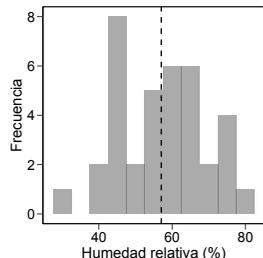
Fecha de verificación del flujo: 23 de mayo de 2022

Observaciones: La respuesta del equipo se ajustó contra un FRM.

Temperatura y humedad ambientales durante el despliegue

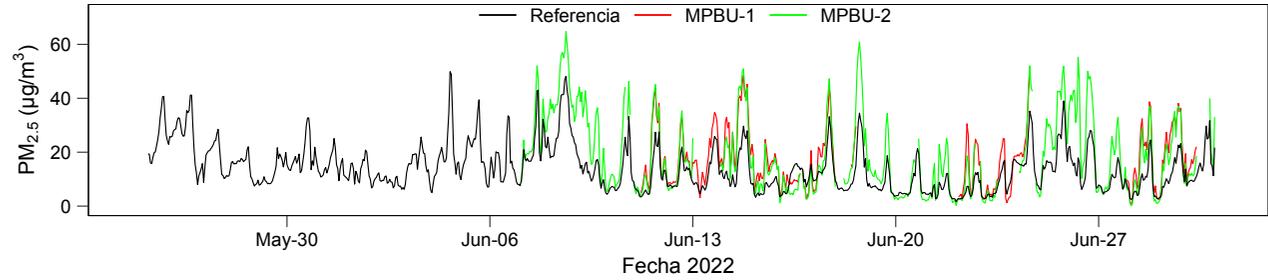


Número de periodos de 24 horas fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0

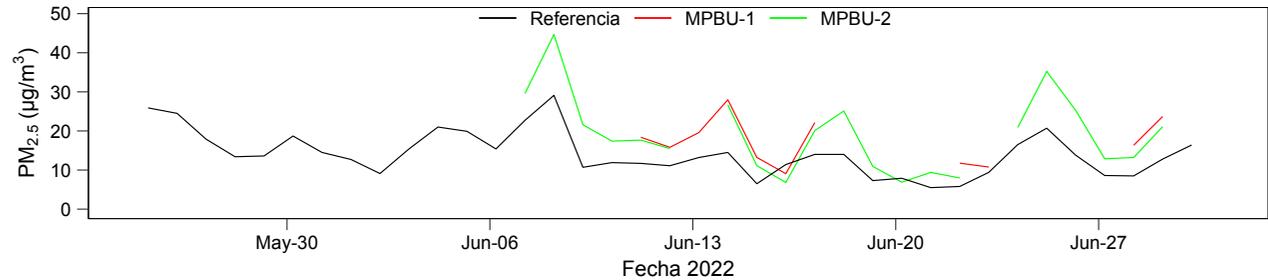


Número de periodos de 24 horas fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0

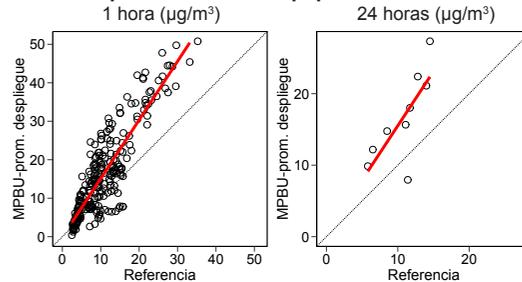
Serie de tiempo, promedio de 1 hora



Serie de tiempo, promedio de 24 horas

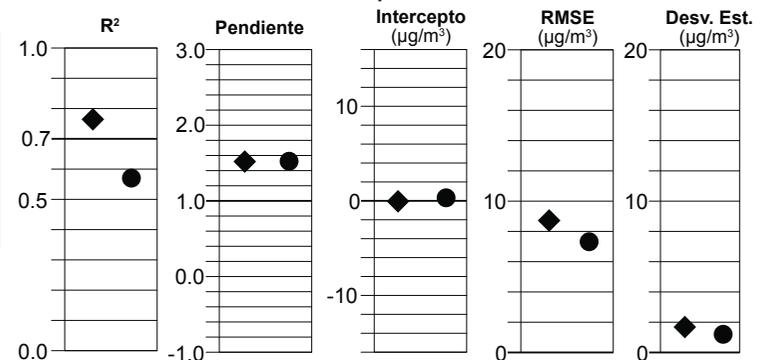


Comparación con el equipo de referencia

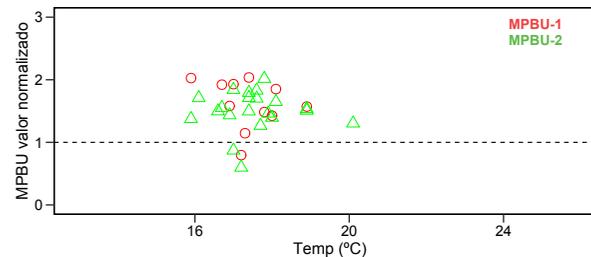


Intervalos de concentraciones medidas por el equipo de referencia (µg/m³): 1.7 a 49.9 (1-h), 5.5 a 29.1 (24-h)
Número de periodos de 24 horas con concentraciones mayores a la NOM (>41 µg/m³): 0

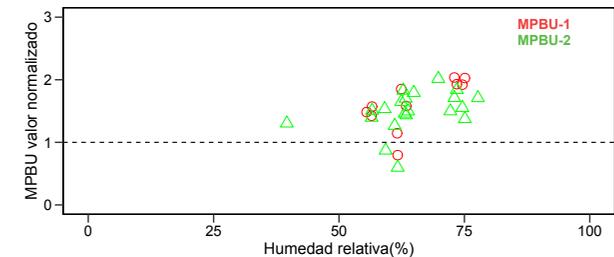
Métricas de desempeño ◆1-h ●24-h



Efecto de las condiciones ambientales



Número de datos (prom. 24-h): MPBU-1=11, MPBU-2=22
Temperatura promedio: 18.3 °C



Número de datos (prom. 24-h): MPBU-1=11, MPBU-2=22
Humedad relativa promedio: 57 %

Dispositivos: DIY - MPBU

Estadísticas

	Número de datos pareados		Promedio ± desv. est.		Mediana		Mín (Máx)	
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas
Referencia (µg/m³)	245	9	10.8 ± 6.5	10.7 ± 3.1	9.5	11.4	2.5 (35.2)	5.8 (14.5)
MPBU-1 (µg/m³)	245	9	17.3 ± 11.0	17.6 ± 6.1	15.4	16.3	0.6 (49.6)	9.1 (28.0)
MPBU-2 (µg/m³)	245	9	15.4 ± 11.8	15.6 ± 6.5	12.8	15.5	0.2 (52.0)	6.8 (26.7)
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Resultados de la evaluación

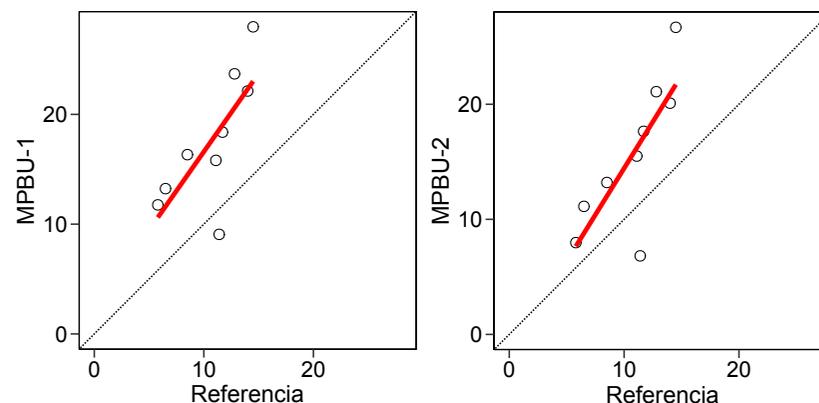
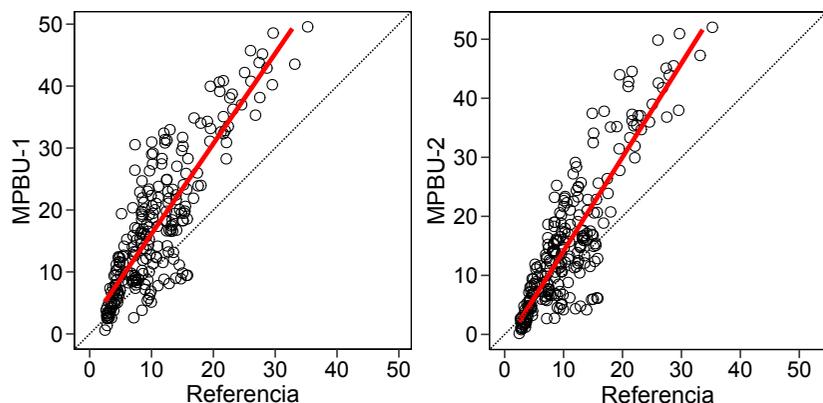
	Sesgo y linealidad							
	R ²		Pendiente		Intercepto (µg/m³)		Spearman (Kendall)	
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas
MPBU-1	0.734	0.533	1.46	1.43	1.60	2.34	0.806 (0.633)	0.800 (0.667)
MPBU-2	0.772	0.600	1.59	1.61	-1.77	-1.71	0.813 (0.646)	0.817 (0.722)
---	---	---	---	---	---	---	---	---
Promedio del despliegue	0.764	0.571	1.52	1.52	-0.09	0.32	0.811 (0.641)	0.817 (0.722)

Promedio del despliegue (µg/m³)	Error				Precisión				Captura de datos (%)		
	RMSE (µg/m³)		NRMSE (%)		Desv. est. (µg/m³)		CV (%)				
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	
16.4	16.6	8.7	7.3	80.3	68.2	1.7	1.2	10.3	7.1	27	24

Gráficos de regresión individuales para los dispositivos contra el equipo de referencia

Promedios de 1 hora (µg/m³)

Promedios de 24 horas (µg/m³)



Información del evaluador

Institución: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático-UNAM, Dirección de Monitoreo de la Calidad del Aire-SEDEMA

Ubicación del sitio de prueba: Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Ciudad Universitaria, Coyoacán, Ciudad de México

Lat.: 19.326° Long.: -99.176° Altitud: 2290 m

Información del dispositivo DIY

Marca y modelo: DIY modelo YERA

Versión de firmware: 0.1.0

Intervalo de muestreo: 1 minuto

Números de serie: YERA-1, YERA-2, YERA-3

Problemas identificados durante el despliegue:

Problemas con el almacenamiento de datos en el dispositivo YERA-2.

Información del equipo de referencia para PM_{2.5}

Marca y modelo: Teledyne API modelo T-API640x

Número de serie: 492

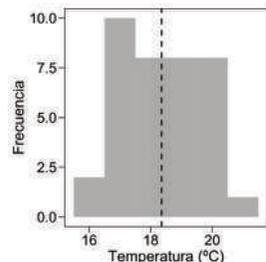
Intervalo de muestreo: 1 minuto

Fecha de calibración: 20 de enero de 2022

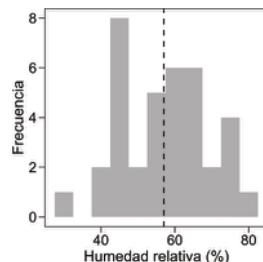
Fecha de verificación del flujo: 23 de mayo de 2022

Observaciones: La respuesta del equipo se ajustó contra un FRM.

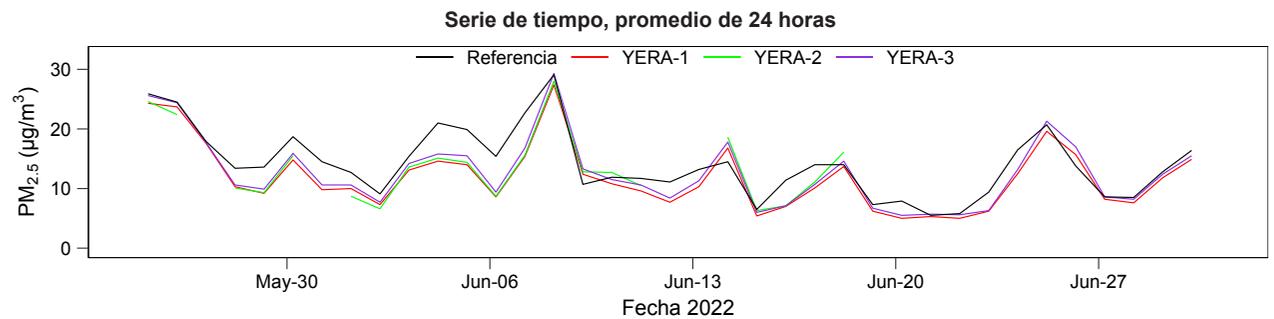
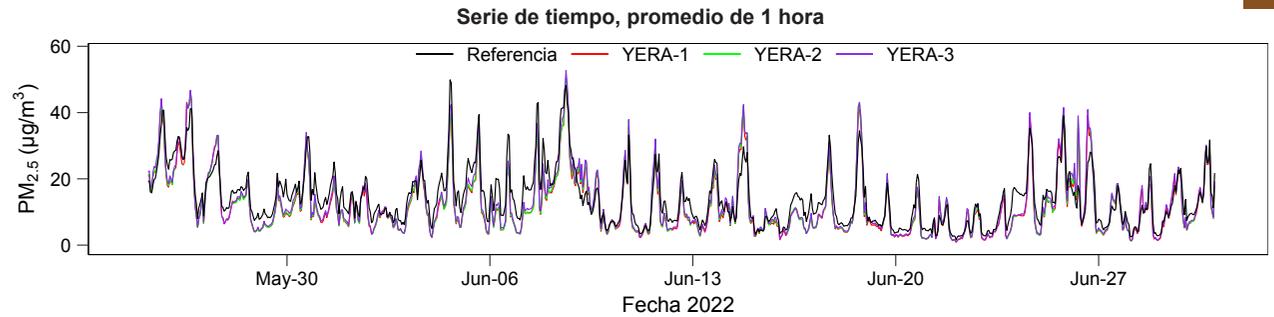
Temperatura y humedad ambientales durante el despliegue



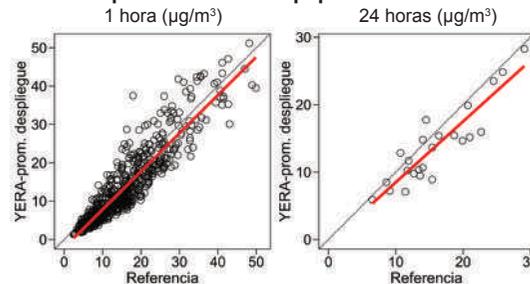
Número de periodos de 24 horas fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0



Número de periodos de 24 horas fuera del límite de temperatura recomendado por el fabricante: 0

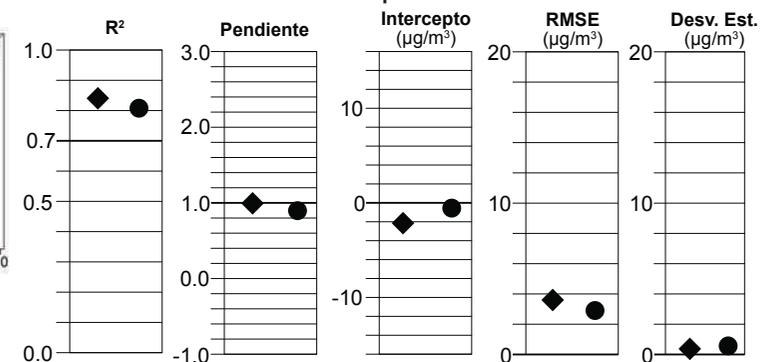


Comparación con el equipo de referencia

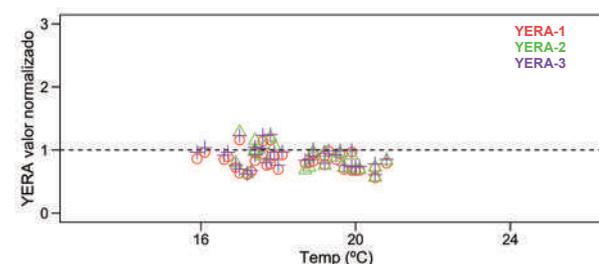


Intervalos de concentraciones medidas por el equipo de referencia (µg/m³): 1.7 a 49.9 (1-h), 5.5 a 29.1 (24-h)
 Número de periodos de 24 horas con concentraciones mayores a la NOM (>41 µg/m³): 0

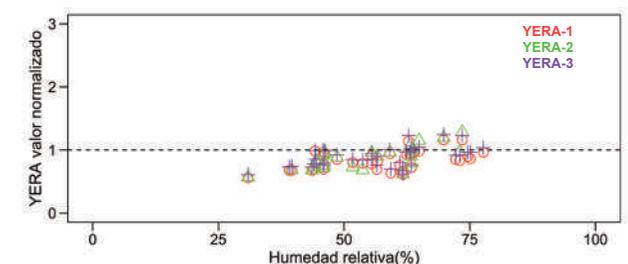
Métricas de desempeño



Efecto de las condiciones ambientales



Número de datos (prom. 24-h): YERA-1=38, YERA-2=24, YERA-3=38
 Temperatura promedio: 18.3 °C



Número de datos (prom. 24-h): YERA-1=38, YERA-2=24, YERA-3=38
 Humedad relativa promedio: 57 %

Dispositivos: DIY - YERA

Estadísticas

	Número de datos pareados		Promedio ± desv. est.		Mediana		Mín (Máx)	
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas
Referencia (µg/m³)	691	24	15.3 ± 8.5	15.9 ± 5.8	13.8	14.3	2.5 (49.9)	6.5 (29.1)
YERA-1 (µg/m³)	691	24	12.7 ± 9.0	13.4 ± 5.7	9.9	12.8	1.2 (50.3)	5.4 (27.4)
YERA-2 (µg/m³)	691	24	13.0 ± 9.3	13.8 ± 5.7	10.1	13.2	1.2 (50.5)	6.3 (28.0)
YERA-3 (µg/m³)	691	24	13.6 ± 9.5	14.3 ± 6.0	10.7	13.8	1.4 (52.7)	6.0 (29.3)

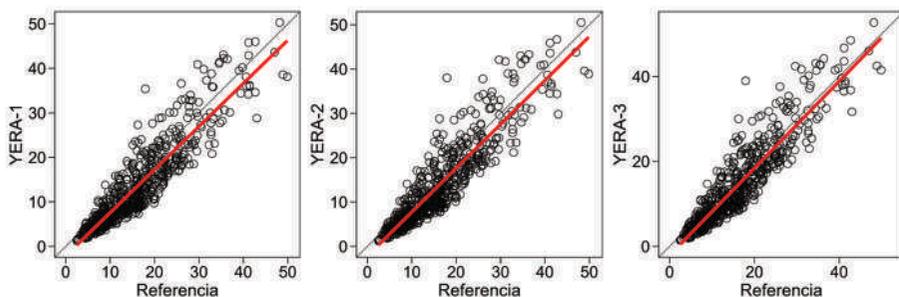
Resultados de la evaluación

	Sesgo y linealidad							
	R ²		Pendiente		Intercepto (µg/m³)		Spearman (Kendall)	
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas
YERA-1	0.839	0.822	0.97	0.89	-2.12	-0.82	0.923 (0.761)	0.869 (0.698)
YERA-2	0.834	0.772	0.99	0.86	-2.17	0.04	0.920 (0.756)	0.839 (0.667)
YERA-3	0.847	0.833	1.02	0.95	-2.08	-0.84	0.923 (0.761)	0.874 (0.718)
Promedio del despliegue	0.840	0.814	0.99	0.90	-2.12	-0.54	0.922 (0.759)	0.864 (0.698)

Promedio del despliegue (µg/m³)	Error				Precisión				Captura de datos (%)		
	RMSE (µg/m³)		NRMSE (%)		Desv. est. (µg/m³)		CV (%)				
	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	1 hora	24 horas	
13.1	13.8	3.6	2.9	23.7	17.9	0.4	0.6	2.7	4.2	77	53

Gráficos de regresión individuales para los dispositivos contra el equipo de referencia

Promedios de 1 hora (µg/m³)



Promedios de 24 horas (µg/m³)

