

UNA SOLUCIÓN REVOLUCIONARIA DE MONITOREO DEL AIRE PARA PMX Y NEGRO DE CARBÓN

El cambio climático y la salud pública están, con razón, en el centro y en el frente de las redes sociales. Se requieren nuevos enfoques y estudios para comprender cómo lidiar con el desafío entrante.

Muchos países se han comprometido a abordar el cambio climático mediante la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y la prevención de un aumento de la temperatura global de 1.5°C para fines de siglo. En un intento por alcanzar las emisiones netas cero para 2050, estamos considerando cambiar los comportamientos personales, como la calefacción doméstica, la dieta, el transporte personal y la gestión mejorada de los residuos domésticos; en resumen, se está considerando cada oportunidad para reducir las emisiones de carbono y el monitoreo del negro de carbón jugará un papel importante en la evaluación de la contaminación. El dióxido de carbono (CO₂) tiene una vida atmosférica de más de 100 años, por lo que, en comparación, el negro de carbón solo permanece en la atmósfera durante un tiempo relativamente corto (varios días a semanas), lo que hace que el monitoreo del negro de carbón sea un desafío. Las mediciones de nivel de laboratorio deben realizarse en tiempo real, proporcionando mediciones fiables en condiciones exteriores variadas.

Una vez más, la solución a este desafío proviene de la colaboración, en este caso Dado Lab Srl, un fabricante líder de soluciones de muestreo avanzadas en equipos de monitoreo de emisiones en chimenea y muestreo ambiental, basó su solución comercial de Monitoreo de Negro de Carbón en tecnología de punta desarrollada junto con PM_TEN, un spin-off de la Universidad de Génova, con una larga experiencia en el estudio y el análisis de aerosoles de cabina. En el Giano BC₁ afirman haber desarrollado "el primer muestreador secuencial PMx del mundo equipado con tecnología de sensor óptico no destructivo para la determinación en tiempo real de la concentración de negro de carbón directamente en los filtros".

El Giano BC₁ de Dado Lab realiza un muestreo secuencial de fracciones PMx de 21 días y presenta soluciones avanzadas para el almacenamiento de datos y la comunicación. Es el primer sistema de muestreo secuencial en el mercado capaz de registrar los datos directamente en el cartucho del filtro utilizando la tecnología RFID. Cuando esté disponible, se puede conectar a una red LAN y facilitar el control remoto gracias a su servidor web integrado. Giano BC₁ también integra un sistema Peltier refrigerado por agua para el depósito de almacenamiento del filtro expuesto, que se mantiene por debajo de 20°C cuando la temperatura ambiente supera los 23°C.

Las operaciones de muestreo se pueden condicionar a la velocidad/dirección del viento con el fin de evaluar correctamente el impacto de la contaminación de PM entre la fuente y las áreas locales y urbanas. En este caso, la unidad activará el muestreo solo cuando se cumplan las condiciones y los datos del sensor de velocidad/dirección del viento se hayan registrado en la memoria. Esta nueva solución, diferente de todos los demás instrumentos disponibles en el mercado, ofrece muchas ventajas, como mediciones directas con filtros de 47 mm de fibra de vidrio o cuarzo, disponibles en el mercado, que luego se pueden tomar en el laboratorio para su posterior análisis.

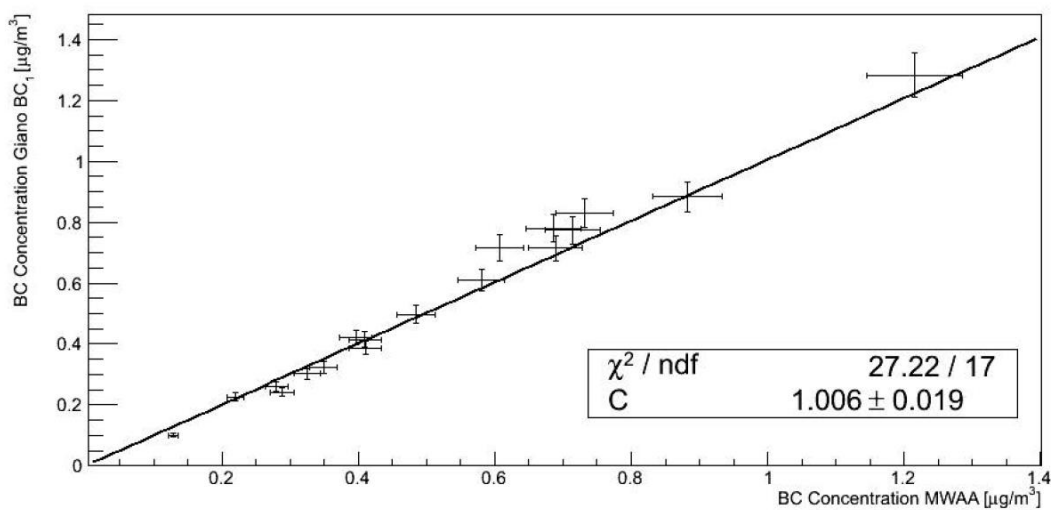
El módulo óptico integrado en el Giano BC₁ utiliza una sola medición para determinar la cantidad de negro de carbón presente en la muestra de partículas atmosféricas, recogida en el filtro. La reflectancia de la muestra (RFN) se correlaciona con su absorción (ABS) a través de una ecuación empírica, derivada del análisis de una gran cantidad de muestras de referencia recolectadas en diversos entornos.

El valor de concentración se calcula a partir de los valores de la absorción y de sección transversal de absorción de masa MAC (Mass Absorption Cross-section) característica de la muestra, luego se calcula a través de la relación:

$$BC = ABS / \sigma_{abs}$$



Black Carbon Validation



La figura 1 muestra la comparación de la concentración de carbono negro valores medidos por el Giano BC₁ en un sitio de fondo urbano y los análisis de referencia MWAA fuera de línea.

El MAC representa el coeficiente de proporcionalidad existente entre el coeficiente de absorción de partículas (ABS) y la concentración de negro de carbón (BC). Este parámetro depende de la composición y el envejecimiento de las partículas de aerosol atmosférico, por lo que podría depender del sitio y la estación. Un valor MAC predeterminado está integrado en el instrumento; sin embargo, el usuario puede establecer y/o modificar independientemente este parámetro de acuerdo con las características del sitio de muestreo.

La relación entre la reflectancia y la absorción de la muestra se calculó a partir del análisis de más de 450 muestras, representativas de concentraciones y composiciones de partículas atmosféricas muy diferentes (diferentes áreas urbanas, áreas rurales, áreas desérticas y también áreas de la selva amazónica), utilizando un instrumento óptico, el Analizador de absorbancia de longitud de onda múltiple MWAA (Multi-Wavelength Absorbance Analyser) [Massabò et al. 2013, 2015]. El instrumento mide la luz total transmitida y dispersada desde el filtro en blanco y el filtro cargado a 5 longitudes de onda diferentes en el espectro visible UV (desde infrarrojo @ 850 nm a UV @ 375 nm); para obtener el coeficiente de absorción de luz se aplica un modelo de transferencia radiativa [Hänel, 1987]. El MWAA sigue parcialmente el enfoque de [Petzold e Schönlinner, 2004] e implementado en el MAAP Fotómetro de absorción de ángulo múltiple (Multi-Angle Absorption Photometer).

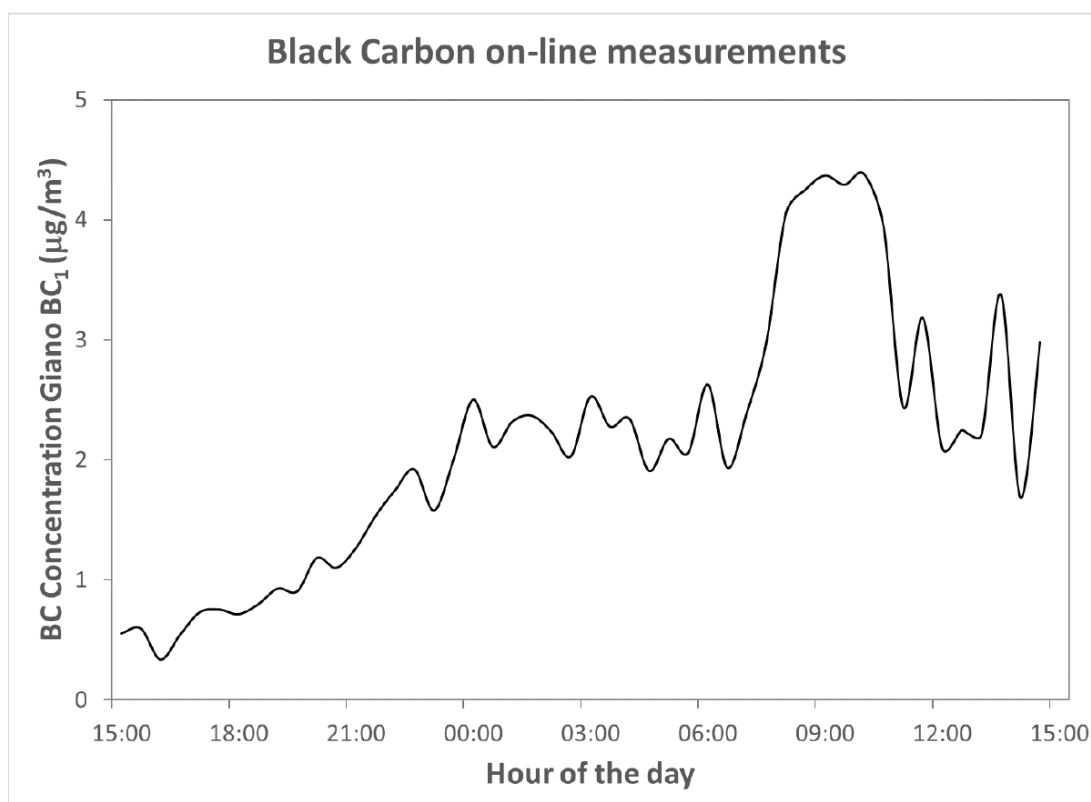


Figura 2 ejemplo de las mediciones en línea de los valores de concentración de carbono negro medidos por el Giano BC1 en un sitio industrial.

El coeficiente de absorción de luz calculado por MWAA usando un láser a 635 nm (rojo) se comparó con la reflectancia medida en un ángulo de 125 ° (con respecto a la dirección del haz incidente en el filtro). La misma configuración se implementó en el módulo óptico del Giano BC₁. Se determinó una ecuación empírica como una curva polinómica que interpola los puntos

correspondientes a los valores de reflectancia (RFN) y absorción (ABS) de cada muestra de referencia:

$$ABS = (A \pm \Delta A) * RFN^2 + (B \pm \Delta B) * RFN$$

dónde:

A y B son coeficientes cuyos valores dependen de la dispersión múltiple que ocurre entre las partículas y la matriz del filtro, mientras que ΔA y ΔB representan las incertidumbres relacionadas con los coeficientes relativos (A y B). En particular, las dispersiones múltiples producen un aumento en la trayectoria óptica de la luz dentro del sistema, causando una no linealidad de la señal de reflexión a medida que aumenta la absorción.

El resultado de esta comparación muestra la compatibilidad total de las mediciones por el módulo óptico del Giano BC₁; Además de eso, las mediciones en tiempo real durante el muestreo permiten al operador seguir la tendencia temporal de la concentración de negro de carbón sin alterar el filtro, que luego se puede tomar en el laboratorio para su posterior análisis. Este aspecto podría ser muy útil para identificar las fuentes que produjeron carbono negro en la atmósfera: por ejemplo, un pico de concentración de BC en la madrugada en un área urbana o un pico al final de la tarde en invierno podría asociarse fácilmente al tráfico o a la calefacción del hogar, respectivamente. La frecuencia de las mediciones en línea es configurable por el usuario y debe ajustarse de acuerdo con los niveles promedio de concentración de negro de carbón en el PM. Por lo tanto, el Giano BC₁ tiene como objetivo representar un innovador muestreador secuencial PMx que puede proporcionar la determinación en tiempo real de Concentración de negro de carbón directamente en el filtro sin alterarlo, gracias a la medición óptica única no destructiva en la reflexión. Este importante resultado, combinado con los datos provenientes del muestreador PMx y el sensor de velocidad / dirección del viento, permite a los operadores generar informes exhaustivos relacionados con el impacto de la contaminación. Esta solución innovadora está actualmente pendiente de patente

Bibliografía:

Hänel, G. (1987), Radiation budget of the boundary layer: Part II. Simultaneous measurement of mean solar volume absorption and extinction coefficients of particles, *Beiträge zur Physik der Atmosphäre* 60, 241-247.

Massabó, D. et al. (2013), A multi-wavelength optical set-up for the characterization of carbonaceous particulate matter, *J. Aerosol Sci.*, 60, 34–46. Massabó, D. et al. (2015), Multi-wavelength optical determination of black and brown carbon in atmospheric aerosols, *Atmos. Environ.*, 108, 1–12.

Petzold, A. and Schöllner (2004), Multi-angle absorption photometry - a new method for the measurement of aerosol light absorption and atmospheric Black Carbon, *Journal of Aerosol Science* 35, 421-441.