



Informe de Gestión

NÚMERO DEL ACUERDO: **802 de 2021**

TÍTULO: **Por el cual se establecen lineamientos para la formulación de la metodología para la evaluación y ajuste de los intervalos del Índice Bogotano de Calidad de Aire - IBOCA, y se dictan otras disposiciones**

PERIODO DE REPORTE: **MARZO 2025 A FEBRERO 2026**

Elaborado por:

Secretaría de Distrital de Ambiente

Secretaría Distrital de Salud

Vigencia 2025

Contenido

1. Introducción	3
2. Desarrollo del articulado del acuerdo 802 de 2021	3
3. Metodología para la evaluación y ajuste periódico del índice Bogotano de Calidad del Aire y Riesgo en Salud —IBOCA—	4
3.1 Actualización del Índice Bogotano de Calidad del Aire y Riesgo en Salud – Resolución Conjunta 2840 de 2023.	4
4. Estrategia pedagógica y de comunicación del Índice Bogotano de Calidad del Aire y Riesgo en Salud —IBOCA—	14
5. Monitoreo de calidad del aire en Bogotá	14
6. Consolidado de las denuncias ciudadanas sobre las situaciones que afectan la calidad del aire de la ciudad	14

Listado de siglas y acrónimos

AQI: Air Quality Index

AQHI: Air Quality Health Index (válido para el índice de calidad del aire de Canadá)

BC: Black Carbon

EIS: Evaluación de Impacto en Salud

EPA: Environmental Protection Agency

CIE: Clasificación Internacional de Enfermedades

CO: Monóxido de carbono

EPCI: Estrategia Comunicativa y Pedagógica del IBOCA

ER: Exceso de riesgo

GCA: Guías de Calidad del Aire

IBOCA: Índice Bogotano de Calidad del Aire y Gestión del Riesgo en Salud

IC: Intervalos de confianza

ICA: Índice de Calidad del Aire

PM: Material particulado

PM_{2,5}: Material particulado de 2,5 µg/m³

PM₁₀: Material particulado de 10 µg/m³

OMS: Organización Mundial de la Salud

O₃: Ozono troposférico

RM CAB: Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá

SDA: Secretaría Distrital de Ambiente

SDS: Secretaría Distrital de Salud

NO₂: Dióxido de nitrógeno

SO₂: Dióxido de azufre

1. Introducción

En el presente informe se describen los avances realizados conjuntamente por la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA) y la Secretaría Distrital de Salud de Bogotá (SDS), entre marzo del 2025 y febrero del 2026, para dar cumplimiento al Acuerdo 802 del 16 de febrero del 2021 del Concejo de Bogotá, “*Por el cual se establecen lineamientos para la formulación de la metodología para la evaluación y ajuste de los intervalos del Índice Bogotano de Calidad de Aire y Riesgo en Salud - IBOCA, y se dictan otras disposiciones*”.

En primer lugar, se especifica la forma en que se han venido desarrollando cada uno de los artículos del Acuerdo 802, mostrando los avances en la implementación de la metodología para la evaluación y ajuste periódico del Índice Bogotano de Calidad del Aire y Riesgo en Salud (IBOCA), incluyendo el resumen de los análisis y la evaluación del IBOCA actual establecido mediante la Resolución Conjunta 2840 de 2023, y los avances en las estimaciones de riesgo entre la mortalidad y los contaminantes atmosféricos PM₁₀, PM_{2.5}, NO₂, SO₂ y O₃ para Bogotá en el periodo 2015-2019.

Por otra parte, se presentan los avances en la implementación de la Estrategia Pedagógica y Comunicacional del IBOCA, el monitoreo de la calidad del aire en Bogotá y el consolidado de las denuncias ciudadanas sobre las situaciones que afectan la calidad del aire de la ciudad.

2. Desarrollo del articulado del Acuerdo 802 de 2021

En la Tabla 1 se indica la forma en que han sido atendidos y desarrollados los artículos del Acuerdo 802 del 2021, durante el periodo comprendido entre marzo del 2025 y febrero del 2026.

Tabla 1. Acciones acumuladas realizadas para el desarrollo del articulado del Acuerdo 802 del 2021.

ARTICULADO	ACCIONES DESARROLLADAS
Artículo 1. Objeto. La Administración, en cabeza de la Secretaría Distrital de Ambiente y la Secretaría Distrital de Salud, tendrá en cuenta los lineamientos establecidos en el presente acuerdo, para la elaboración de una metodología por medio de la cual se evalúen periódicamente los intervalos de concentración del material contaminante, establecido en el Índice Bogotano de la Calidad del Aire IBOCA, para responder con más precisión y de forma cada vez más estricta a los diferentes estados de contaminación atmosférica en Bogotá y disminuir sus impactos en salud, incluyendo las directrices establecidas por la Organización Mundial de la Salud. Parágrafo 1. La Administración Distrital expedirá por acto administrativo la actualización de los intervalos de concentración de los contaminantes	De acuerdo con la metodología de actualización del Índice Bogotano de Calidad del Aire y Riesgo en Salud (IBOCA) (Anexo 1. Estimaciones del efecto por contaminante) actualmente está en desarrollo la fase 2 en la cual se tiene avance en los siguientes aspectos: Se realizó un análisis en conjunto entre la SDS y la SDA para estimar los riesgos relativos locales de las mortalidades específicas por PM_{2.5}, PM₁₀, O₃ y NO₂. Se encontró que los excesos de riesgo para los contaminantes PM₁₀ y PM_{2.5} en la mortalidad natural (0,59 % y 1,10 %respectivamente) del estudio local fueron más altos que los utilizados por la OMS en la actualización de la Guía de Calidad del Aire 2021. Es necesario explorar, validar, evaluar y definir la pertinencia de incorporar los resultados locales para los umbrales del IBOCA por lo cual se realizará un análisis retrospectivo para revisar los impactos de su posible implementación. Teniendo en cuenta que la versión IBOCA 3 incorporó modificaciones sustanciales, tales como: i) la inclusión de la metodología NowCast de la US-EPA para material particulado; ii) el ajuste de los umbrales del índice con base en el enfoque de riesgo en salud, conforme a las Guías de Calidad del Aire de la Organización Mundial de la Salud (OMS) 2021; iii) la articulación comunicativa y pedagógica entre la Secretaría Distrital de Salud (SDS) y la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA), mediante la definición de mensajes y herramientas; y iv) el fortalecimiento de la

incluidos en el Índice Bogotano de la Calidad del Aire.- IBOCA, así como las actualizaciones adicionales que se realicen sobre el mismo, conforme a los ajustes y tiempos que la metodología técnica determine. Parágrafo 2. La mencionada actualización se realizará gradualmente, acogiendo las recomendaciones de calidad del aire de la Organización Mundial de la Salud - OMS, para lo cual se deberán establecer de acuerdo con el parágrafo 1, las modificaciones a que haya lugar	articulación institucional y la capacidad de respuesta para la gestión del riesgo, no se considera necesario adelantar una nueva actualización normativa del IBOCA en el corto plazo. Así mismo, el proceso de apropiación social de esta versión se encuentra en curso y requiere un tiempo razonable para su consolidación, se establece la necesidad de priorizar y fortalecer las acciones orientadas a su apropiación, divulgación y comprensión por parte de los diferentes actores involucrados. En relación con la metodología para la actualización del IBOCA, es importante mencionar que esta puede requerir ajustes en función de múltiples factores, tales como los cambios en las tecnologías de monitoreo, los avances en la evidencia sobre efectos en salud, las dinámicas urbanas y el comportamiento de los contaminantes atmosféricos en interacción con las condiciones meteorológicas.
Artículo 2. Participación. Con el propósito de implementar y divulgar de forma integral la metodología técnica, se promoverán el gobierno abierto y la participación ciudadana, así como los monitoreos territorializados de exposición; teniendo en cuenta los sistemas y equipos de monitoreos de la ciudadanía y la academia como fuentes de información, de manera que complementen la información oficial de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire (RMCAB) a través de un modelo de gobernanza del aire. Parágrafo 1. La Administración, en cabeza de la Secretaría Distrital de Ambiente y la Secretaría Distrital de Salud, propenderá por el acceso, uso y aprovechamiento de la información resultante de la medición de la calidad del aire; así como por la formulación y el desarrollo de una estrategia unificada de comunicación y pedagogía, integrando a las diferentes entidades distritales, que oriente a los ciudadanos sobre la interpretación acertada de las plataformas de divulgación del Índice Bogotano de Calidad del Aire – IBOCA y procurando generar redes de investigación. Parágrafo 2. La Administración Distrital propenderá por la articulación con la Gobernación de Cundinamarca y los municipios aledaños para fortalecer el monitoreo regional de la calidad del aire.	La estrategia unificada del parágrafo 1 se desarrolló y definió en el capítulo VI de la resolución conjunta 2840 del 2023, en concordancia, y constituye una de las principales líneas de acción de la Estrategia de Gobernanza del Plan Aire 2030, definida en el capítulo 3 y el proyecto 42 del Plan Aire 2030 (Decreto 332 de 2021). Para el año 2025 e inicios del 2026, esta estrategia se basó en la articulación entre la SDA y la SDS, y de estas con iniciativas de cooperación internacional. Esto incluyó acciones pedagógicas estructuradas en colegios de Bogotá en el marco del Proyecto Ambiental Escolar (PRAE), así como el desarrollo de talleres para diferentes públicos objetivo. Para la dimensión de comunicación, se desarrollaron piezas e insumos comunicativos para diferentes plataformas (SDA, SDS e IDEAM), se inició el proceso de actualización del sitio web del IBOCA y se realizó campaña de medios. Los avances de esta implementación se describen en el capítulo 4. (Anexo 4_EPCI).
Artículo 3. Fortalecimiento de la red de monitoreo de calidad del aire. La Administración, en cabeza de la Secretaría Distrital de Ambiente, promoverá el mejoramiento y fortalecimiento de la Red de Monitoreo de	En el capítulo 5 de este informe se presenta lo concerniente al fortalecimiento de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire (RMCAB), al desarrollo de la red colaborativa de microsensors de calidad del aire y al monitoreo de Black Carbon en la ciudad.

Calidad del Aire (RMCAB), con el fin de garantizar la captura de datos precisos y certeros sobre la concentración del material particulado y otros tipos de contaminantes atmosféricos, para que sean considerados en los ajustes futuros del índice.	
Artículo 4. Lineamientos para la implementación de la metodología. La Administración, en cabeza de la Secretaría Distrital de Ambiente y la Secretaría Distrital de Salud, tendrá en cuenta como mínimo, los siguientes lineamientos para la implementación de la metodología: -Rigor subsidiario frente a normas nacionales. -Comportamiento de los episodios agudos de contaminación. -Comportamiento de los episodios crónicos de contaminación. -Dinámicas propias de la ciudad, en términos de comportamiento de contaminantes y meteorología. -Fortalecimiento de la gestión del riesgo por contaminación atmosférica. -Las recomendaciones de la OMS para contaminantes criterios.	En relación con la metodología para la actualización del IBOCA, es importante mencionar que esta puede requerir ajustes en función de múltiples factores, tales como los cambios en las tecnologías de monitoreo, los avances en la evidencia sobre efectos en salud, las dinámicas urbanas y el comportamiento de los contaminantes atmosféricos en interacción con las condiciones meteorológicas. En este sentido, la metodología se encuentra en una fase de actualización considerando los siguientes lineamientos: - Rigor subsidiario frente a normas nacionales. - Comportamiento de los episodios agudos y crónicos de contaminación. - Dinámicas propias de la ciudad, en términos de comportamiento de contaminantes y meteorología. - Fortalecimiento de la gestión del riesgo por contaminación atmosférica. - Las recomendaciones de la OMS para contaminantes criterios.
Artículo 5. Informe de logros de la implementación de la metodología. La Administración, en cabeza de la Secretaría Distrital de Ambiente y la Secretaría Distrital de Salud, presentará anualmente un informe que tenga divulgación pública, sobre los avances en la formulación y/o implementación de la metodología, regulada en el presente Acuerdo. Parágrafo 1. La Administración Distrital propenderá por la formulación de la metodología, el año siguiente a la entrada en vigencia del presente Acuerdo. Parágrafo 2. El informe incluirá un consolidado de las denuncias ciudadanas, sobre las situaciones que afectan la calidad del aire de la ciudad.	El presente documento da cumplimiento al informe referido en este artículo, con corte a febrero del 2026, e incluye los avances en la implementación de la metodología para la evaluación y ajuste periódico del IBOCA (Anexo 1 Estimaciones del efecto por contaminante). En el capítulo 5 se presenta el consolidado de las denuncias ciudadanas sobre las situaciones que afectan la calidad del aire, referido en el parágrafo 2 de este artículo con corte a febrero de 2026.
Artículo 2. Participación. Con el propósito de implementar y divulgar de forma integral la metodología técnica, se promoverán el gobierno abierto y la participación ciudadana, así como los monitoreos territorializados de exposición; teniendo en cuenta los sistemas y equipos de monitoreos de la ciudadanía y la academia como fuentes de información, de manera que complemente la	La estrategia unificada del parágrafo 1 se desarrolló y definió en el capítulo VI de la resolución conjunta 2840 del 2023, en concordancia, y constituye una de las principales líneas de acción de la Estrategia de Gobernanza del Plan Aire 2030, definida en el capítulo 3 y el proyecto 42 del Plan Aire 2030 (Decreto 332 de 2021). Para el año 2025 e inicios del 2026, esta estrategia se basó en la articulación entre la SDA y la SDS, y de estas con iniciativas de cooperación internacional. Esto incluyó acciones pedagógicas estructuradas en colegios de Bogotá en el marco del Proyecto Ambiental Escolar (PRAE), así como el desarrollo de talleres para diferentes públicos objetivo. Para la dimensión de comunicación, se desarrollaron piezas e

información oficial de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire (RMCAB) a través de un modelo de gobernanza del aire. Parágrafo 1. La Administración, en cabeza de la Secretaría Distrital de Ambiente y la Secretaría Distrital de Salud, propenderá por el acceso, uso y aprovechamiento de la información resultante de la medición de la calidad del aire; así como por la formulación y el desarrollo de una estrategia unificada de comunicación y pedagogía, integrando a las diferentes entidades distritales, que oriente a los ciudadanos sobre la interpretación acertada de las plataformas de divulgación del Índice Bogotano de Calidad del Aire – IBOCA y procurando generar redes de investigación. Parágrafo 2. La Administración Distrital propenderá por la articulación con la Gobernación de Cundinamarca y los municipios aledaños para fortalecer el monitoreo regional de la calidad del aire.	insumos comunicativos para diferentes plataformas (SDA, SDS e IDEAM), se inició el proceso de actualización del sitio web del IBOCA y se realizó campaña de medios. Los avances de esta implementación se describen en el capítulo 4. (Anexo 4_EPCI).
--	--

3. Metodología para la evaluación y ajuste periódico del índice Bogotano de Calidad del Aire y Riesgo en Salud (IBOCA)

Los avances desarrollados se enmarcan en la Metodología para la evaluación y ajuste periódico del Índice Bogotano de Calidad del Aire y Riesgo en Salud (IBOCA) definida por los equipos de la Secretaría Distrital de Ambiente y la Secretaría Distrital de Salud de Bogotá se presentan a continuación.

3.1 Actualización del Índice Bogotano de Calidad del Aire y Riesgo en Salud – Resolución Conjunta 2840 de 2023.

Posterior a la resolución conjunta 2840 de 2023, se dio inicio a la fase 2 de la “Metodología para la evaluación y ajuste periódico del IBOCA”, de acuerdo con la cual se debe realizar la evaluación de los aspectos técnicos indicados tabla 2, siempre y cuando se considere técnicamente pertinentes.

Tabla 2. Aspectos metodológicos y complementarios para la actualización periódica del IBOCA

Aspectos metodológicos y complementarios		
1. Revisión bibliográfica de metodologías existentes de Índices de Calidad del Aire (ICA) e Índices de Calidad del Aire y Salud (ICAS)		
2. Evaluación de variables para su inclusión en estudio epidemiológico	Calidad del aire	Contaminantes criterio (RMCAB): PM2.5, PM10, gases
		Contaminantes criterio (RCMCA): PM
		Contaminantes no criterio: black carbon, otros
	Salud	Mortalidad
		Morbilidad
3. Gestión y/o monitoreo para la consolidación de base de datos espacio-temporales	Calidad del aire	Contaminantes criterio (RMCAB): PM2.5, PM10, gases
		Contaminantes criterio (RCMCA): PM
		Contaminantes no criterio: black carbon, otros
	Salud	Mortalidad
		Morbilidad
4. Estudio epidemiológico para determinar el o los riesgos en salud por exposición a la contaminación del aire, incluyendo la evaluación de sinergias y agregación de contaminantes		
5. Adopción normativa de nuevo IBOCA		Evaluación de pertinencia
		Redacción y firma de actos administrativos

Sin embargo, a partir del año 2026, se propone la mejora metodológica plasmada en el numeral 3 con el fin de alcanzar el objeto fundamental establecido en el Artículo 1 del Acuerdo 802 de 2021 del Concejo de Bogotá.

3.1.2 Estudio de salud y ambiente

Para la actualización del IBOCA 3, uno de los ajustes fue el uso de las curvas de concentración – respuestas usadas por la OMS en las GCA 2021 para integrar la dimensión de riesgo en salud.

Se realizó un estudio ecológico de series de tiempo para estimar el riesgo de mortalidad por exposición a corto plazo a los contaminantes atmosféricos en el periodo 2015 al 2019 de Bogotá. Los datos de mortalidad diaria de Bogotá fueron obtenidos de la base de datos validada del área de estadísticas vitales de la SDS. Se analizaron las muertes por causas naturales (CIE-10: A00–R99), cardiovasculares (CIE-10: I00–I99), respiratorias (CIE-10: J00–J99) y cardiorrespiratorias, de acuerdo con la Clasificación Internacional de Enfermedades, décima revisión (CIE-10)¹.

La información de los contaminantes atmosféricos y variables meteorológicas provino de la Red de Monitoreo de Calidad de Aire de Bogotá (RMCAB), la cual es operada por la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA). El cálculo del promedio simple ciudad de 24 horas para PM₁₀, PM_{2.5}, NO₂, SO₂, temperatura y humedad relativa y el de ocho horas para O₃ fue realizado por la SDA con los datos de la RMCAB, considerando que tuvieran al menos el 75 % de representatividad en el registro de la información.

¹ "La CIE-10 (Clasificación Internacional de Enfermedades, 10.ª revisión) es el estándar internacional de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para codificar enfermedades, signos, síntomas y causas de muerte". OMS. (2008). CIE 10. <https://ais.paho.org/classifications/chapters/pdf/volume1.pdf>
Los códigos incluidos dentro de la clasificación A00 a R99 hacen referencias a las muertes por causas naturales, es decir, todas aquellas que no se debieron a accidentes, muertes violentas o traumas. Los códigos entre el rango de I00 a I99 hace referencia a las muertes secundarias por enfermedades cardiovasculares (rotura de aneurisma, infarto agudo de miocardio, enfermedades valvulares, entre otras. Y los códigos incluidos entre la clasificación J00–J99 incluyen enfermedades del sistema respiratorio, dentro de las que se encuentran enfermedades agudas y crónicas de las vías respiratorias superiores e inferiores, pulmones y pleura; incluye infecciones como la gripe (J10–J18), bronquitis (J20, J40), asma (J45) y enfermedades pulmonares crónicas

Se construyeron series temporales diarias para cada mortalidad, contaminante atmosférico y condición meteorológica. El análisis exploratorio incluyó la inspección gráfica de las series temporales, así como las funciones de autocorrelación (ACF) y autocorrelación parcial (PACF). La estacionariedad se evaluó mediante las pruebas de *Dickey-Fuller* y *Phillips Perron*. La colinealidad entre los contaminantes atmosféricos y las condiciones meteorológicas mediante coeficientes de correlación *spearman*.

La asociación entre la mortalidad diaria y las concentraciones de contaminantes atmosféricos PM₁₀, PM_{2.5}, O₃, SO₂ y NO₂ se estimó mediante modelos aditivos generalizados (GAM) con distribución *cuasi-Poisson*, considerando la sobredispersión ($p < 0,05$). La especificación general del modelo fue:

$$\begin{aligned} \text{Log}_E[E(Y_t)] = & \alpha + \beta (\text{contaminante atmosféricos}) + \text{scn} \left(\text{fecha}, \text{gl} = \frac{6}{\text{año}} \right) \\ & + \text{ns} (\text{temperatura}, \text{gl} = 4) + \text{ns} (\text{humedad relativa}, \text{gl} = 2) \\ & + \text{día de la semana} + \text{tipo de día} \end{aligned}$$

Donde $E(Y_t)$ representa el número esperado de muertes en el día t , α representa la intersección del modelo, β indica el riesgo log-relativo (RR) de la mortalidad asociada con un aumento de 10 µg/m³ de las concentraciones de los contaminantes atmosféricos. Las funciones suaves se modelaron mediante *splines* cúbicos naturales. La tendencia de largo plazo y la estacionalidad se controlaron mediante una función *spline* para el tiempo con 6 grados de libertad (gl), seleccionados con base en la minimización del criterio de información *quasi-Akaike* (Q-AIC). La temperatura y la humedad relativa se modelaron mediante *splines* con 4 y 2 grados de libertad, respectivamente. Se incluyeron variables indicadoras para el día de la semana y los días festivos para controlar la variabilidad temporal de corto plazo.

Se asumió una relación lineal exposición-respuesta y se ajustaron modelos de un solo contaminante por causa de mortalidad. Para evaluar los efectos rezagados, se emplearon modelos de rezago único (lag 0–5) y modelos no lineales de rezagos distribuidos (DLNM) utilizando funciones *cross-basis* y una estructura polinómica para los DLNM².

Se realizaron análisis de sensibilidad variando los grados de libertad para el tiempo (6–8 gl), la temperatura (2–4 gl) y la humedad relativa (2–3 gl), así como mediante modelos con y sin ajuste por humedad relativa. Adicionalmente, se estimaron modelos multicontaminante (dos y tres contaminantes), restringidos a variables con correlaciones de Spearman $< 0,60$ para reducir la multicolinealidad.

² Bases cruzadas. "La función genera las matrices base para las dos dimensiones de predictor y rezagos, dadas las funciones seleccionadas para modelar la relación en cada espacio. Luego, estas matrices base unidimensionales se combinan para crear la matriz base cruzada relacionada, que se puede incluir en una fórmula de modelo para ajustar modelos lineales de rezagos distribuidos (DLM) y no lineales (DLNM)". <https://www.rdocumentation.org/packages/dlnm/versions/2.4.7/topics/crossbasis>

Una función *spline* cúbica es una función que interpola un conjunto de puntos de datos y se define por partes como un polinomio de grado 3. Es el tipo de *spline* más utilizado porque se adapta bien a los puntos tabulados y no es muy complejo de calcular. Y es que "Cuando un número grande de datos tiene que ajustarse a una curva suave, la interpolación de Lagrange no es adecuada. Para esto se emplea el método del *spline* cúbico, este ajusta un polinomio cúbico en cada intervalo entre dos puntos consecutivos". <https://www.paginaspersonales.unam.mx/app/webroot/files/4676/Asignaturas/1457/Archivo1.3288.pdf>

"En estadística y econometría, un modelo de rezago distribuido es un modelo para datos de series temporales en el que se utiliza una ecuación de regresión para predecir los valores actuales de una variable dependiente basándose tanto en los valores actuales de una variable explicativa como en los valores rezagados (del período anterior) de esta variable explicativa. Cromwell, Jeff B.; et al. (1994). Pruebas multivariadas para modelos de series temporales". Publicaciones SAGE. ISBN 0-8039-5440-9. "En los modelos de rezago, LAG es un operador que devuelve una matriz de celdas para series de tiempo retrasadas" <https://support.numxl.com/hc/es/articles/215985863-LAG-Rezago-u-operador-de-rezago>

Judge, George G.; Griffiths, William E.; Hill, R. Carter; Lee, Tsoung-Chao (1980). La teoría y la práctica de la econometría. Nueva York: Wiley. pp. 637– 660. ISBN. 0-471-05938-2.

Los resultados se expresaron como exceso de riesgo ($ER = [RR - 1] \times 100\%$) con intervalos de confianza (IC)³ del 95% por incrementos de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en las concentraciones de contaminantes. Todos los análisis se realizaron en R (versión 4.1.3), utilizando los paquetes *mgcv*⁴ y *dlnm*⁵.

3.1.2.1 Resultados

En general, los efectos estadísticamente significativos se concentraron en los rezagos cortos (simples lag0–lag2 y distribuidos lag01–lag02), con una disminución progresiva de la magnitud del efecto a mayores rezagos.

La mortalidad por causas naturales presentó asociaciones significativas con PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$, O_3 y NO_2 . El PM_{10} se asoció en lag0 con un incremento del 0,59 % (IC 95 %: 0,06–1,12), mientras que el $\text{PM}_{2,5}$ presentó efectos en lag0 y lag01, con mayor magnitud en lag0 con un incremento del 1,10 % (IC 95 %: 0,11–2,10). El O_3 se asoció en lag2 (1,03 %; IC 95 %: 0,02–2,04) y lag02 (0,45 %; IC 95 %: 0,04–0,86), y el NO_2 mostró asociaciones en rezagos cortos y distribuidos, con el mayor efecto en lag0 (1,46 %; IC 95 %: 0,67–2,26).

Para la mortalidad cardiovascular, se observó asociación con O_3 en lag2 (2,17 %; IC 95 %: 0,46–3,92). La mortalidad respiratoria se asoció con $\text{PM}_{2,5}$ en lag03 (0,93 %; IC 95 %: 0,03–1,84) y con NO_2 en lag02 (0,90 %; IC 95 %: 0,04–1,17). En la mortalidad cardiorrespiratoria, el NO_2 mostró asociaciones en lag0–lag1 y rezagos distribuidos (lag01–lag02), con el mayor efecto en lag0 (1,29 %; IC 95 %: 0,14–2,45).

En conjunto, la mortalidad por causas naturales presentó asociaciones con la mayoría de los contaminantes, destacándose el NO_2 como el de mayor magnitud de efecto. Asimismo, la asociación más fuerte se observó entre la mortalidad cardiovascular y el O_3 (Anexo 1 Estimaciones del efecto por contaminante).

En el periodo de este informe se avanzó en los análisis de sensibilidad y la construcción de un artículo del estudio. Es necesario explorar, validar, evaluar y definir la pertinencia de incorporar estos resultados para los umbrales del IBOCA.

3.2 Nuevas versiones del IBOCA

Para la definición de insumos de las versiones 4 y 5 del IBOCA, según se plantean en la “Metodología para la evaluación y ajuste periódico del Índice Bogotano de Calidad del Aire y Riesgo en Salud (IBOCA)” (Anexo 1 Estimaciones del efecto por contaminante), actualmente se están adelantando los siguientes aspectos:

a) *Revisión inicial de documentos técnicos sobre la metodología NowCast para ozono troposférico (O_3)*

³ “Un intervalo de confianza (IC) es un rango de valores, calculado a partir de datos muestrales, que probablemente contenga el verdadero valor de un parámetro poblacional (como la media o proporción) con un nivel de certeza específico (comúnmente 95% o 99%). Ayuda a medir la precisión de una estimación, indicando dónde se encuentra el valor real”. <https://economipedia.com/definiciones/intervalo-de-confianza.html>

⁴ “El paquete *mgcv* en el software R es la herramienta estándar y más completa para ajustar Modelos Aditivos Generalizados (GAM) y sus variantes mixtas (GAMM). Sirve para modelar relaciones no lineales complejas entre variables, estimando automáticamente el grado de suavidad (suavizadores) para evitar el sobreajuste. R: Generalized additive models with integrated smoothness..., from <https://stat.ethz.ch/R-manual/R-devel/library/mgcv/html/gam.html>

⁵ “El paquete *dlnm* en R sirve para modelar asociaciones complejas entre variables ambientales (como temperatura o contaminación) y resultados de salud (como mortalidad o ingresos hospitalarios). Permite analizar efectos que no son lineales y que ocurren con un retraso en el tiempo (efectos de retardo distribuido)”. Es útil para procesar modelos de rezagos distribuidos. Gasparrini A. Distributed Lag Linear and Non-Linear Models in R: The Package *dlnm*. J Stat Softw. 2011 Jul;43(8):1-20. PMID: 22003319; PMCID: PMC3191524.

El ozono troposférico es uno de los contaminantes de interés para la calidad del aire de la ciudad. Es uno de los contaminantes recomendados para estudiar y analizar por parte de la OMS y de la *Environmental Protection Agency* de los Estados Unidos EPA. Durante el periodo de este informe se realizó una revisión de diferentes documentos para conocer sobre la aplicabilidad de la metodología *NowCast* y su uso con ozono troposférico (O_3). El propósito fundamental del *NowCast* es proporcionar una estimación casi en tiempo real del Índice de Calidad del Aire (ICA) para contaminantes cuya valoración requiere promedios extendidos, como el O_3 . El ICA para O_3 está basado en un promedio de 8 horas, pero como los datos futuros aún no están disponibles, EPA utiliza una estimación centrada en el momento presente. Este es precisamente el *NowCast*: un promedio móvil ponderado que da mayor relevancia a los valores más recientes, especialmente si los niveles de contaminación varían rápidamente (Reff et al., n.d.).

El *NowCast* de ozono troposférico se basa en establecer una relación predictiva entre el promedio de 1 h y el promedio de 8 h centrado en la hora actual, utilizando datos históricos de las últimas dos semanas. Esta metodología permite estimar de manera más precisa el valor actual del promedio de 8 horas sin esperar a que esté completo (Reff et al., n.d.).

Comparativa con la metodología del PM (partículas)

- Para $PM_{2.5}/PM_{10}$, el *NowCast* utiliza un promedio ponderado de las últimas 12 horas, aplicando un factor de peso basado en la variabilidad de los datos. Si hay cambios rápidos, se da más peso a las horas más recientes; si los valores se mantienen estables, los pesos tienden a ser uniformes.
- Aunque el principio general es similar (mayor peso a datos recientes), el algoritmo del ozono troposférico usa un enfoque basado en regresión y predicción, más complejo que el promedio ponderado de PM.

El ICA del ozono troposférico se basa en el promedio móvil de 8 horas. Como este valor no está disponible hasta el final del intervalo, el *NowCast* estima en tiempo real cuál sería ese promedio de 8 horas centrado en la hora actual, usando datos disponibles de 1 hora y series históricas recientes.

Fundamento matemático

Relación entre promedios de 1 h y 8 h

La EPA demostró que existe una fuerte correlación entre la concentración horaria de ozono troposférico y el valor del promedio de 8 horas centrado en ese mismo momento.

Para modelar esta relación, se utiliza Regresión por Componentes Principales Parciales (RCP -PLS, *Partial Least Squares*).

Datos de entrenamiento

- El modelo RCP-PLS se entrena con dos semanas previas de datos horarios de ozono troposférico de la estación.
- Con este conjunto se construye una matriz predictiva que captura la dinámica local y reciente del ozono troposférico.

Modelo RCP-PLS

- Sea x_t la concentración horaria de ozono troposférico en el tiempo t .
- El modelo RCP-PLS busca predecir el valor del promedio de 8 horas y_t mediante combinaciones lineales de los x_{t-7} , x_{t-6} , x_t .

Formalmente:

$$y_t \approx \beta_0 + \sum_{i=0}^7 \beta_i x_{t-i}$$

- Pero en lugar de una regresión múltiple simple (que puede ser inestable si los predictores son colineales), el RCP-PLS transforma las variables en componentes latentes que maximizan la covarianza con y_t .

Predicción en tiempo real

- Con el modelo entrenado, cada nueva concentración horaria de ozono troposférico x_t se usa para estimar y_t , es decir, el promedio de 8 h estimado (*NowCast*).
- El algoritmo se recalibra periódicamente con los datos más recientes, manteniendo así sensibilidad a cambios en patrones diarios o meteorológicos.

Comparación con el método previo

- Antes de 2019, la EPA usaba un método más simple (interpolación entre promedios de 8 h completados).
- Este método podría sobrestimar en descensos rápidos y subestimar en ascensos rápidos de ozono troposférico.
- El *NowCast* basado en RCP-PLS reduce esos errores al dar más peso a las horas recientes cuando los niveles cambian rápidamente.

Además, para revisar la posibilidad de uso del método *NowCast* para O_3 se realizó un análisis histórico relacionado a la cantidad de excedencias que este contaminante ha superado el valor de guía de acuerdo a la OMS, el cual es de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 8 horas (OMS, 2021).

De acuerdo con el análisis presentado en el Anexo 2 no se evidencia necesidad de aplicar el método *NowCast* para O_3 . En la ciudad si se presentan episodios en los que el ozono troposférico supera los valores guía, sin embargo, estos episodios no se presentan de manera frecuente ni tampoco de forma extendida en más de 2 estaciones de monitoreo.

Referente a las excedencias, las estaciones de monitoreo del Centro de Alto Rendimiento y de Fontibón reportaron concentraciones superiores a los valores guía de la OMS en más del 10% de los días del período reportado (ver Anexo 2). Las demás estaciones reportan excedencias de O_3 inferiores al 10% e incluso estaciones como Puente Aranda, Bolivia y Colina no presentaron concentraciones de ozono troposférico superiores a lo indicado por la OMS (ver Anexo 2).

b) Estudios en salud y ambiente previamente mencionados, para ajustar los umbrales del IBOCA con base en datos locales de Bogotá y no solo con la información de la OMS.

Se realizó un análisis en conjunto entre la SDS y la SDA para estimar los riesgos relativos locales de las mortalidades específicas por PM_{10} , $PM_{2.5}$, O_3 y NO_2 . Se encontró que los excesos de riesgo para los contaminantes PM_{10} y $PM_{2.5}$, en la mortalidad natural (0,59 % y 1,10 % respectivamente) del estudio local fueron más altos que los utilizados por la OMS en la actualización de la GCA 2021.

Es necesario explorar, validar, evaluar y definir la pertinencia de incorporar los resultados locales para los umbrales del IBOCA.

c) Revisión de indicadores en salud que pueden usarse en futuras versiones del IBOCA

Se realizó una revisión preliminar de los posibles indicadores a incorporar en el IBOCA, identificando como prioritarios aquellos sensibles a efectos agudos de la contaminación del aire. Entre estos se destacan los **servicios de urgencias**, particularmente las visitas por exacerbaciones de asma (incluyendo broncoespasmo), enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), infecciones respiratorias agudas bajas (IRAB) y eventos cardiovasculares agudos como el síndrome coronario agudo. Estos desenlaces han sido ampliamente utilizados como indicadores de efectos a corto plazo en estudios basados en Índices de Calidad del Aire (ICA) (Liu et al., 2016; Surit et al., 2023).

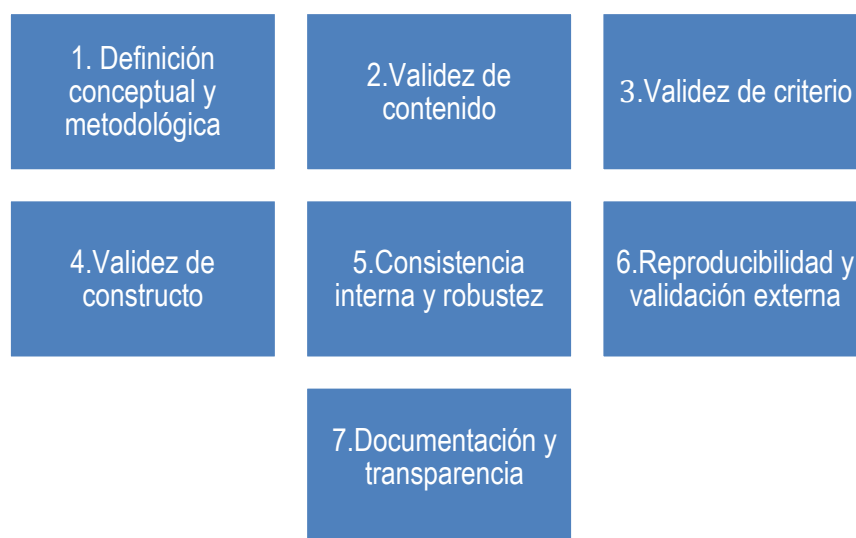
La vigilancia de estos eventos en salud puede realizarse a partir de los registros de atención en los servicios de urgencias de las Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud (IPS), lo que permite monitorear su comportamiento en relación con la exposición a contaminantes atmosféricos. Este seguimiento se fundamenta en el uso de diagnósticos codificados según la Clasificación Internacional de Enfermedades, décima revisión (CIE-10), garantizando la estandarización y comparabilidad de la información.

Dentro de los principales grupos de eventos objeto de vigilancia se incluyen: enfermedades cardiovasculares (CIE-10 I00–I99), enfermedades isquémicas del corazón (I20–I25), enfermedades cerebrovasculares (I60–I69), enfermedades respiratorias (J00–J99), infecciones respiratorias agudas (J00–J06, J10–J18, J20–J22), enfermedades pulmonares obstructivas crónicas (J40–J44, J47) y asma (J45–J46).

d) Definición de la metodología de validación del IBOCA (para diferentes versiones).

La validación de un Índice de Calidad del Aire (ICA) construido a partir de datos propios exige un riguroso enfoque metodológico, fundamentado en evidencia técnica y buenas prácticas internacionales. A continuación, se presentan los pasos para el proceso de evaluación y validación de los ajustes y actualizaciones al IBOCA:

Figura 1 Pasos para la validación de un Índice de Calidad del Aire



a) Definición conceptual y metodológica

El punto de partida consiste en articular claramente el propósito del índice (por ejemplo, vigilancia en salud pública, monitoreo ambiental, alerta temprana) y describir la elección de contaminantes incluidos, las ponderaciones, la formulación matemática y los umbrales. El índice debe expresarse de manera intuitiva, tal como lo hacen modelos

como el AQI (Air Quality Index) de EE. UU., que asigna categorías de color según los valores de concentraciones (EPA (Environmental Protection Agency), 2024).

b) Validez de contenido

Es esencial comparar el índice propuesto con guías internacionales y marcos de referencia. Las Directrices de Calidad del Aire de la OMS establecen niveles de referencia basados en evidencia epidemiológica para PM_{2.5} y PM₁₀ (OMS, 2021). También, consultar expertos en epidemiología ambiental, salud pública o ingenieros ambientales o químicos fortalecerá la validez, al asegurar que variables clave y ponderaciones sean pertinentes.

c)Validez de criterio

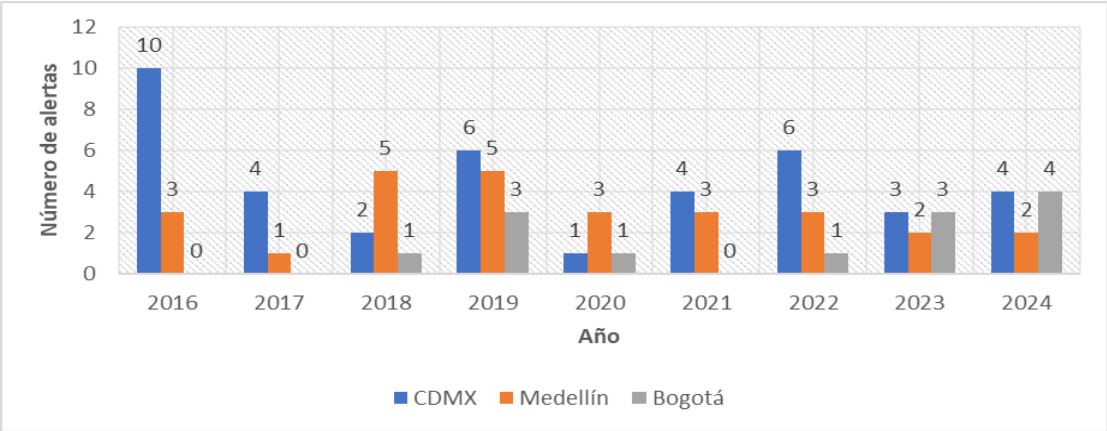
Correlacionar el índice con datos de índices oficiales, como el AQI de EE. UU., permite evaluar la convergencia de resultados. La literatura muestra cómo índices alternativos, como el AQHI de Canadá, incorporan efectos aditivos de múltiples contaminantes y captan mejor el riesgo para la salud que el modelo tradicional de ‘contaminante dominante’(Cromar et al., 2020; Environmental Protection Agency (EPA), 2021; Stieb et al., 2008).

d)Validez de constructo

El ICA debe mostrar comportamientos esperados: por ejemplo, valores elevados en episodios de incendios forestales o durante la inversión térmica. Este comportamiento apoya la plausibilidad del índice como un reflejo válido de la contaminación ambiental. Para ejemplificar lo anteriormente descrito, a continuación la figura 2 presenta el histórico de alertas por contaminación del aire para Bogotá, en donde también se comparan estas alertas con las presentadas en ciudades como Ciudad de México y Medellín.

Durante el año 2024 se presentaron en la ciudad 4 episodios de alertas por mala calidad del aire secundarios principalmente debido a incendios forestales producidos en la Orinoquía y Venezuela. El IBOCA demostró tener validez de constructo al generar las alertas por mala calidad del aire durante estos episodios de incendios.

Figura 2. Histórico de alertas por contaminación del aire en CDMX, Medellín y Bogotá, 2016-2024



Fuente: Secretaría Distrital de Ambiente

e)Consistencia interna y robustez

Se recomienda realizar análisis de confiabilidad como el alfa de Cronbach (Izah et al., 2024), para evaluar la coherencia entre contaminantes. El alfa de Cronbach es una medida de confiabilidad de consistencia interna. Es aplicable en índices compuestos ambientales, donde múltiples variables (como contaminantes) representan un mismo constructo (calidad ambiental). Permite evaluar si las variables del índice miden coherentemente el mismo fenómeno (consistencia interna) que para este caso sería la calidad del aire.

La confiabilidad del índice depende de las variables individuales que lo componen y el alfa permite evaluar esa consistencia. El coeficiente alfa de Cronbach (α) toma valores entre 0 y 1, donde valores más altos indican mayor consistencia interna. Este coeficiente aún no se ha explorado en ningún ICA alrededor del mundo, no obstante, es una herramienta a considerar para revisar la consistencia interna y la robustez del índice.

Lo más usado para evaluar la consistencia interna y robustez de los ICA ha sido el análisis de sensibilidad. “El análisis de sensibilidad para índices de calidad del aire (ICA) consiste en evaluar cómo pequeños cambios en las concentraciones de contaminantes individuales afectan el valor final del índice, identificando qué contaminantes tienen mayor impacto en el resultado. Determina la robustez y precisión del índice ante variaciones en los datos de entrada o incertidumbres en los sensores” (Wei et al., 2014).

Finalmente, también será necesario llevar a cabo análisis de sensibilidad, modificando ponderaciones o excluyendo contaminantes, para entender el efecto en el índice. Este efecto debe considerar también el uso del índice para la atención de alertas por contaminación atmosférica, la comunicación y apropiación social del índice y su aplicabilidad en el marco de las normas de calidad del aire a nivel nacional

f) Reproducibilidad y validación externa

Probar el índice en diferentes periodos, estaciones o ciudades ayuda a evaluar su estabilidad temporal y espacial. Por ejemplo, el protocolo F-MQO desarrollado en el contexto de FAIRMODE en Europa ofrece una metodología estandarizada para evaluar aplicaciones de predicción de calidad del aire, incluyendo criterios de desempeño y detección de picos (Janssen & Thunis, 2020; Thunis et al., 2012).

El protocolo F-MQO desarrollado en el marco de FAIRMODE proporciona un enfoque estándar para la evaluación de aplicaciones de calidad del aire, basado en la definición de objetivos de calidad del modelado y criterios de desempeño. Este marco permite evaluar la capacidad de un sistema para reproducir índices de calidad del aire, detectar cambios abruptos en las concentraciones de contaminantes y predecir excedencias de umbrales relevantes para la salud pública y para la salud humana (Janssen & Thunis, 2020; Thunis et al., 2012).

Para el IBOCA, la adopción de este protocolo facilita la validación externa mediante la comparación sistemática entre los valores del índice y mediciones independientes provenientes de estaciones de monitoreo, asegurando que su desempeño sea evaluado bajo condiciones reales y no únicamente en los datos utilizados para su construcción.

El uso del método FAIRMODE contribuye a la reproducibilidad del índice, al permitir que su evaluación pueda ser replicada bajo los mismos criterios en distintos contextos geográficos, facilitando la comparabilidad internacional y fortaleciendo su validez como herramienta de soporte para la toma de decisiones (Janssen & Thunis, 2020; Thunis et al., 2012).

g) Documentación y transparencia

Con respecto a este apartado, es recomendable elaborar un documento metodológico detallado que incluya fuentes de datos, transformaciones, supuestos, limitaciones, criterios estadísticos y fórmula del índice. Esta transparencia facilita la reproducibilidad y permite que otros investigadores repliquen o validen el índice en contextos distintos. (EPA (Environmental Protection Agency), 2024). La SDA junto a la SDS han cumplido con esta recomendación de la EPA, ya que cada actualización técnica que ha tenido el IBOCA, es acompañada de una Resolución que explica con detalle y argumentación científica las razones por las cuales se actualiza el índice. Como ejemplo se puede señalar la Resolución conjunta 2840 de 2023, última Resolución que actualiza el IBOCA, la cual puede ser consultada en el siguiente enlace: <http://iboca.ambientebogota.gov.co/publicaciones/180/informes/> . En este mismo link se pueden consultar las Resoluciones previas que fueron usadas para modificar este índice.

h) Socialización y participación ciudadana e institucional en la actualización del IBOCA

Durante todos los procesos de validación del IBOCA en todas sus versiones, se ha contado con el apoyo de diferentes universidades, organizaciones sociales, asociaciones médicas y expertos en el campo de la calidad del aire y salud para contribuir en la evaluación de los ajustes y avances propuestos. Dentro de las instituciones participantes se pueden señalar a: la Universidad Industrial de Santander, la Universidad de los Andes, la Universidad Nacional de Colombia, La Mesa Técnica Ciudadana por la Calidad del Aire de Bogotá (MECAB), el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, entre otras. Lo anterior, es una evidencia de la socialización de lo consignado en documentos como el presente, así como de la participación de la academia en la gestación de la política pública.

i) Revisión de bioindicadores de calidad del aire para evaluar la articulación del riesgo de deterioro ecológico por contaminación atmosférica en el IBOCA.

Los bioindicadores son organismos o matrices biológicas que integran exposición atmosférica en el tiempo y expresan estado o efecto ecológico: presencia/ausencia, diversidad, bioacumulación de contaminantes (metales, hidrocarburos aromáticos policíclicos HAP, entre otros), respuesta fisiológica (daño por ozono troposférico, estrés oxidativo), o servicios ecosistémicos (polinización). En aire, los más robustos y estandarizados son: líquenes, musgos (activos “moss-bag” y pasivos nativos), plantas superiores (hojas, cortezas, anillos), abejas y subproductos, además de soportes bióticos pasivos como telarañas. Revisiones recientes y programas internacionales (p.ej., ICP Vegetation para encuesta de musgos) sustentan su uso para metales y otros (Takano et al., 2024). En el Anexo 3 se incluye una revisión rápida de los posibles bioindicadores a usar en conjunto con el IBOCA.

Para el año 2026 se tiene proyectada una articulación en conjunto con la SDS, el Jardín Botánico de Bogotá y la SDA con el fin de proponer el uso de líquenes epífitos como bioindicadores de calidad del aire para usar en conjunto con el IBOCA para la ciudad en un mediano (5 a 6 años) y largo plazo (10 años). A la fecha, escasas ciudades hacen uso de los bioindicadores para nutrir sus índices de calidad del aire, esto debido a que el uso de bioindicadores demanda unos costos extra en la operabilidad de un ICA, el esfuerzo interinstitucional para la generación de este tipo de indicadores, así como todo un talento humano especializado para realizar su seguimiento.

f) Consolidación de la base de datos del contaminante no criterio Black Carbon (BC).

Durante 2025, se realizó la consolidación de base de datos del contaminante no criterio BC a partir de la operación de los equipos de black carbon en 7 de las estaciones de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá (RMCAB). Esta acción contribuye a la etapa de “Gestión y/o monitoreo para la consolidación de base de datos

espacio-temporales” de la metodología para la evaluación y ajuste periódico del IBOCA, específicamente para los “contaminantes no criterio” dentro de las variables de calidad del aire.

El monitoreo de las concentraciones ambientales de BC ocasionadas en su mayoría por las emisiones de fuentes móviles y fijas aporta al entendimiento de las dinámicas atmosféricas de la ciudad, identificando los impactos regionales que provienen de la quema de biomasa. Por otra parte, el BC funciona como indicador de seguimiento al Plan Aire, el cual a través del tiempo ha presentado una reducción de la concentración de eBC asociado con los cambios en las tecnologías de los vehículos usados para el transporte público de la ciudad.

4. Estrategia Pedagógica y de Comunicación del Índice Bogotano de Calidad del Aire y Riesgo en Salud —IBOCA—

La Estrategia Pedagógica y Comunicativa del IBOCA (EPCI) se establece y define en el capítulo VI de la resolución conjunta 2840 del 2023, en concordancia con el párrafo 1 del artículo 2 del Acuerdo 802 de 2021, y constituye una de las principales líneas de acción de la Estrategia de Gobernanza del Plan Aire 2030, definida en el capítulo 3 y el proyecto 42 del Plan Aire 2030 (Decreto 332 de 2021). En este sentido, la EPCI funciona como una estrategia específica de gestión del riesgo y de gobernanza del aire, que suma los “esfuerzos priorizados y articulados para que la población conozca, interprete y use más y mejor la información del IBOCA”, tanto en términos cuantitativos como cualitativos, con el fin de disminuir su exposición a la contaminación atmosférica.

Las acciones realizadas por la SDA y la SDS para esta línea durante el año 2025 e inicios del 2026 fueron las siguientes:

Aspectos generales:

- Articulación entre SDA y SDS: en el marco de la EPCI, estas dos secretarías establecieron canales directos de comunicación y reuniones periódicas para concertar e implementar acciones específicas, en articulación con iniciativas de cooperación internacional.
- Alianza de Ciudades Saludables: en el marco del desarrollo del proyecto de cooperación internacional (*Partnership for Healthy Cities*), titulado "Gobernanza del aire por medio de una estrategia comunicativa y pedagógica para generar apropiación social del índice Bogotano de Calidad del Aire y Riesgo en salud IBOCA en Bogotá", se adelantaron tres líneas de trabajo: la primera relacionada con la implementación de EPCI para incentivar el acceso e interpretación de los datos de calidad del aire a través del IBOCA, buscando prevenir y mitigar la exposición por parte de la ciudadanía; la segunda relacionada con la actualización del sitio web y la aplicación IBOCA; y la tercera enfocada a generar un análisis de carga de enfermedad por contaminación del aire.
- Articulación interna en la Secretaría Distrital de Ambiente: en la SDA se realizó la articulación interna entre la oficina técnica de calidad del aire (SCAAV) y las oficinas de comunicaciones (OAC) y de educación y participación (OPEL), con el fin de sincronizar y potenciar el trabajo conjunto. Con la OAC se resocializaron los insumos de las consultorías hechas previamente con las empresas consultoras IDDEA y Buho, relacionadas con el desarrollo de la EPCI.
- Comité ERA: Se realizó acompañamiento técnico por parte de la SDA y la SDS en las sesiones técnicas y ordinarias del Comité Distrital de Enfermedades Respiratorias Agudas (ERA), impulsando el desarrollo de acciones armonizadas interinstitucionalmente para la comunicación y pedagogía del IBOCA.

Componente pedagógica de la estrategia:

- PRAE en aire: Siguiendo los lineamientos técnicos y normativos de la Secretaría de Educación del Distrito, desde la SCAAV y la OPEL de la SDA se formuló el proceso de formación “Aulas que Inspiran”, destinado a fomentar la inclusión de la variable aire en los PRAE de los colegios de Bogotá. Este proceso consiste en acciones concatenadas proyectadas para el año 2026, cuyo objetivo es que los docentes y estudiantes líderes del PRAE puedan adquirir capacidades suficientes para continuar de forma autónoma ejercicios de educación ambiental en calidad del aire, incluyendo el IBOCA, la gestión del riesgo y el monitoreo con microsensores. Iniciando el año 2026, este proceso fue publicitado a los rectores de los colegios públicos y algunos privados de la ciudad. Durante su desarrollo este año, se buscarán las siguientes articulaciones: con la SDS, acciones sobre salud ambiental; con el MADS, acciones de fomento, teniendo en cuenta que, finalizando el año 2025, la SDA presentó esta iniciativa en un evento sobre los PRAE, organizado por este ministerio, denominado “Taller – Colegio por un aire limpio y una ciudad de suene mejor”.
- Estrategia VIENTÚ: se desarrollaron dos talleres de sensibilización sobre el IBOCA, destinadas a población de primera infancia y a población general, como versiones acotadas del taller de cambio comportamental VIENTÚ que se desarrolló previamente entre la SDA y la Secretaría de Cultura, Recreación y Deporte.
- Talleres en colegios: se realizaron diez talleres inmersivos sobre calidad del aire en 5 colegios de Bogotá, priorizando las zonas caracterizadas por altos niveles de contaminación del aire en los cuales participaron 214 líderes ambientales y vigías escolares, fortaleciendo su rol como multiplicadores de la información y promoviendo su liderazgo en temas ambientales relacionados con calidad del aire y efectos de la contaminación atmosférica en la salud. Esto con el fin de promover la conciencia y educación ambiental desde las aulas.
- Intervenciones comunitarias: se desarrollaron cuatro actividades comunitarias de sensibilización, adaptadas a públicos específicos y con enfoques diferenciados.
- Talleres para profesionales de la salud: se desarrolló una jornada académica dirigida a profesionales de la salud, en donde se fortalecieron los conocimientos y prácticas relacionadas con la calidad del aire, promoviendo la incorporación del IBOCA en las prácticas de estos profesionales.
- Curso en aire y salud: desde la SDS se actualizó el curso virtual de contaminación del aire y efectos en la salud, que se compone de cinco módulos: 1) contaminación del aire y sus fuentes; 2) efectos en la salud por la exposición a la contaminación del aire; 3) Índice Bogotano de la Calidad del Aire y Riesgo en salud – IBOCA; 4) recomendaciones para el cuidado de la salud; 5) recomendaciones para contribuir o mejorar la calidad del aire. Cada módulo tiene una presentación en genially y un documento de profundización, además, incluye un glosario, material de consulta de salud y ambiental. Posteriormente publicación en la plataforma aprender salud de la SDS. En el año 2025 se desarrolló una cohorte. El enlace del curso es: <https://aulavirtual.saludcapital.gov.co/sicap/course/view.php?id=540>
- Curso virtual de calidad del aire: se inició revisión para actualización del curso masivo virtual de calidad del aire de IDPAC-SDA (tipo MOOC), con base en sus versiones anteriores, en nuevos lineamientos pedagógicos y de formato del IDPAC y en la concertación temática dentro de la SCAAV. Para dejarlo activo y a disposición de la ciudadanía, este curso debe ser aprobado, diagramado y adaptado a las plataformas digitales del IDPAC.

Componente comunicativa de la estrategia:

- Campaña de medios del IBOCA: entre los equipos de la SCAAV y de la OAC de la SDA se concertaron y elaboraron la ficha técnica y las piezas comunicativas para una campaña de medios para fomentar un aumento en el número de personas que consultan frecuentemente el IBOCA, y en consecuencia toman decisiones informadas sobre sus actividades diarias, contribuyendo así a reducir la contaminación y proteger la salud de todos. Esta campaña fue realizada entre la última semana de noviembre y la primera de diciembre del 2025, con un enfoque prioritario en la zona suroccidental de la ciudad y en la ZUMA de Bosa Apogeo.
- Sitio web del IBOCA: entre La SCAAC y la OAC de la OAC, y con base en insumos (revisiones, piezas e infografías) de las empresas Nexura, IDDEA y Buho, se concertaron y ajustaron las directrices, documentos e insumos para la revisión y mejora sistemática del sitio web del IBOCA. Este trabajo también incluyó la inclusión de alertas push para la ciudadanía y el ajuste en el método de cargue de la información al sitio web.
- Informe IDEAM: se coordinaron y realizaron insumos para informe anual de calidad del aire del IDEAM, incluyendo acciones como la EPCI, la estrategia VIENTú, el desarrollo de la Red Colaborativa de Microsensores de Calidad del Aire y el trabajo adelantado con el contaminante black carbon.
- Infografías en salud y aire: En el portal de salud ambiental de la SDS se publicaron las siguientes infografías de calidad del aire (ver https://saludambiental.saludcapital.gov.co/aire_documentos):
 - "Día sin carro y sin moto" año 2026.
 - "Cómo la contaminación ambiental afecta el sueño" año 2026.
 - "Día Mundial del del Ahorro de Energía" año 2025.
 - "Día internacional capa de ozono" año 2025.
 - "Día interamericano calidad del aire" año 2025.
 - "Día Internacional del Aire Limpio" año 2025.
 - "Semana Ambiental" año 2025.
- Piezas comunicativas en salud: se definieron piezas sobre recomendaciones para prevenir problemas en salud por exposición a la contaminación del aire (Anexo 4).

5. Monitoreo de la calidad del aire

En concordancia con lo establecido en los artículos 2 y 3 del Acuerdo 802 del 2021, se han realizado las siguientes acciones relacionadas con el monitoreo de la calidad del aire.

Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá (RMCAB):

La Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá RMCAB de la SDA, es un sistema de vigilancia bastante robusto, automático que opera en tiempo real y data sus inicios desde el año 1997, actualmente consta de 19 estaciones que monitorean contaminantes criterio y variables meteorológicas, este sistema brinda datos bajo los criterios de aseguramiento de la calidad conforme la normatividad nacional y estándares de la US-EPA y cuenta con acreditación vigente por parte del IDEAM.

Estos datos son insumo para la gestión integral de la calidad del aire en la ciudad, así como para la declaración de alertas y emergencias por contaminación atmosférica que se generan con base en el Índice Bogotano de Calidad del Aire y Riesgo en Salud -IBOCA- calculado a partir de las concentraciones de contaminantes criterio.

Red Colaborativa de Microsensores de Calidad del Aire:

En concordancia con los lineamientos de participación del artículo 2 del Acuerdo 802 del 2021, especialmente con los “monitoreos territorializados de exposición”, la Secretaría Distrital de Ambiente ha implementado la Red Colaborativa de Microsensores que tiene como objetivo medir la concentración de contaminantes en microambientes para mejorar la gestión de la calidad del aire. Además, tiene como propósito convertirse en un instrumento que facilite el desarrollo de actividades enmarcadas en la estrategia de gobernanza de la calidad del aire, proyecto 42 del Plan Aire. La red se compone de equipos que gracias a su peso, reducido tamaño, facilidad de instalación y el bajo costo permite instalar un número importante de puntos de medición en diferentes microambientes, la información suministrada por estos equipos es un insumo para evaluar el impacto en la calidad del aire de intervenciones a escala local, identificar fuentes de emisión de contaminantes, tener mediciones de exposición ambiental especialmente en zonas de la ciudad con presencia de población sensible y vulnerable. Durante el periodo de reporte, marzo de 2025 a febrero de 2026, se realizó la ampliación de la cobertura de la red pasando de 48 puntos de medición a 70, así como el avance en el desarrollo de actividades que promueven la integración de la ciudadanía en los procesos de participación ciudadana y un fortalecimiento de su componente técnico. A continuación, se describe la ubicación de los puntos de monitoreo.

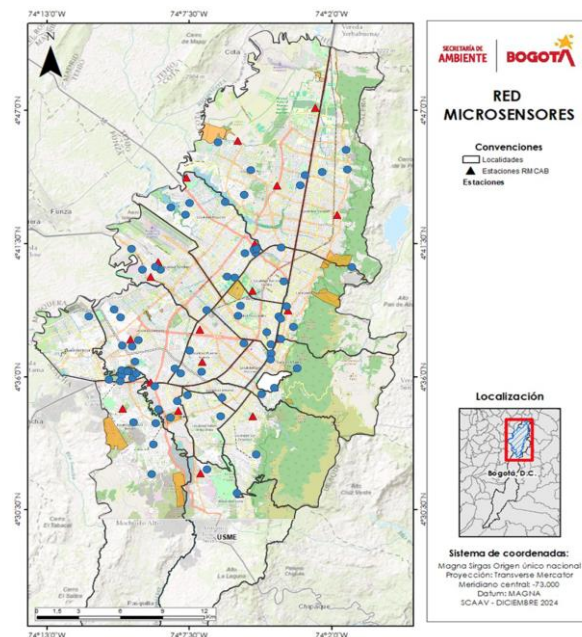


Figura 3. Cobertura de la red de microsensores

Fuente: Sistema de Alertas Tempranas Ambientales de Bogotá – SDA

6. Consolidado de las denuncias ciudadanas sobre las situaciones que afectan la calidad del aire de la ciudad

Respecto a este apartado, es importante precisar que las quejas son un derecho constitucional fundamental que tiene toda persona a presentar solicitudes respetuosas a la autoridad, por motivos de interés general o particular y a obtener pronta resolución. Es así, que la Secretaría Distrital de Salud y la Secretaría Distrital de Ambiente, mediante las Subredes Integradas de Servicios de Salud y el equipo de la Subdirección de Calidad del Aire Auditiva y Visual respectivamente, realizan la atención a quejas relacionadas con problemáticas ambientales que impactan la salud de la población expuesta a contaminación del aire, humo de tabaco, olores ofensivos, ruido y radiaciones electromagnéticas no ionizantes (SDS).

De este modo la Secretaría Distrital de Ambiente, durante el periodo del reporte, tramitó un total de 1.959 quejas relacionadas con la temática de calidad del aire, de las cuales el 76 % corresponde a quejas por las emisiones generadas por las fuentes fijas de contaminación y el 16 % a fuentes móviles. El resto de las quejas presentadas corresponde a solicitudes realizadas a la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá RMCAB (6 %) y a solicitudes realizadas a los equipos del Plan Aire y el Sistema de Alertas Tempranas Ambientales de Bogotá (2 %).

Por su parte, la Secretaría Distrital de Salud de Bogotá durante el año 2025, recibieron y atendieron 1.885 quejas, de las cuales el 57,5 % corresponde a quejas por ruido, 26,8 % a quejas por contaminación por olores ofensivos, 11,9 % por quejas de contaminación del aire, 3,3 % a quejas de tabaco y el 0,5 % por infraestructuras de radiación electromagnética.

Bibliografía

- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2022a). Air pollution data portal. The Global Health Observatory de la OMS <https://www.who.int/data/gho/data/themes/air-pollution>
- Climate and Clean Air Coalition & Clean Air Institute. (2022). Guía práctica para llevar a cabo una estimación inicial de beneficios en salud por mejoras en la calidad del aire en ciudades de América Latina y El Caribe con la herramienta AirQ+.
- Chen, J., & Hoek, G. (2020). Long-term exposure to PM and all-cause and cause-specific mortality: A systematic review and meta-analysis. In *Environment International* (Vol. 143). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105974>
- Mena, R. (2012). Calidad del aire en Quibdó mediante bioindicadores. *Revista Bioetnia*, 9(2), 215–227. <https://doi.org/10.51641/bioetnia.v9i2.92>
- Jaramillo Ciro, M. M., Botero Botero, L. R., Jaramillo Ciro, M. M. & Botero Botero, L. R. (2009). Comunidades líquénicas como bioindicadores de calidad del aire del Valle de Aburrá. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/11407/3450>.
- Alvarez Herrera, A. D., Ordoñez Zapata, P. A., & Soto Medina, E. (2020). Determinación de la calidad del aire por medio de líquenes como bioindicadores en el área urbana del municipio de Tuluá, Valle del Cauca. *Revista De Ciencias*, 24(2). <https://doi.org/10.25100/rc.v24i2.10528>
- Julián, F. R. (2021). Bioindicadores como herramienta de identificación de impactos en escenarios viales, aproximación al caso colombiano. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.11912/11491>.

- Anderson, H. R., Atkinson, R. W., Bremner, S. A., & Marston, L. (2003). Particulate air pollution and hospital admissions for cardiorespiratory diseases: Are the elderly at greater risk? *European Respiratory Journal, Supplement*, 21(40). <https://doi.org/10.1183/09031936.03.00402203>
- Chaudhuri, S., & Roy, M. (2024). Moss Bags as Active Biomonitoring of Air Pollution: Current State of Understanding, Applications and Concerns. In *Nature Environment and Pollution Technology* (Vol. 23, Number 2, pp. 829–841). Technoscience Publications. <https://doi.org/10.46488/NEPT.2024.v23i02.019>
- Cromar, K. R., Ghazipura, M., Gladson, L. A., & Perlmutter, L. (2020). Evaluating the U.S. Air Quality Index as a risk communication tool: Comparing associations of index values with respiratory morbidity among adults in California. *PLoS ONE*, 15(11 November). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0242031>
- Environmental Protection Agency (EPA). (2021). *Best Practices for Review and Validation of Ambient Air Monitoring Data*.
- EPA (Environmental Protection Agency). (2024). *Technical Assistance Document for the Reporting of Daily Air Quality – the Air Quality Index (AQI)*.
- Gombert, S., Asta, J., & Seaward, M. R. D. (2004). Assessment of lichen diversity by index of atmospheric purity (IAP), index of human impact (IHI) and other environmental factors in an urban area (Grenoble, southeast France). *Science of The Total Environment*, 324(1–3), 183–199. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2003.10.036>
- Izah, S. C., Sylva, L., & Hait, M. (2024). Cronbach's Alpha: A Cornerstone in Ensuring Reliability and Validity in Environmental Health Assessment. In *ES Energy and Environment* (Vol. 23). Engineered Science Publisher. <https://doi.org/10.30919/ese1057>
- Janssen, S., & Thunis, P. (2020). *FAIRMODE Guidance Document on Modelling Quality Objectives and Benchmarking*. <https://doi.org/10.2760/30226>
- Liu, P., Wang, X., Fan, J., Xiao, W., & Wang, Y. (2016). Effects of air pollution on hospital emergency room visits for respiratory diseases: Urban-suburban differences in Eastern China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(3). <https://doi.org/10.3390/ijerph13030341>
- López, A. B. H., Torres-Duque, C. A., Arbeláez, M. P., Roa, N. Y. R., Riojas-Rodríguez, H., Sangrador, J. L. T., Herrera, V., & Rodríguez-Villamizar, L. A. (2024). Short-term effect of air pollution exposure on COPD exacerbations: a time series study in Bogota, Colombia. *Air Quality, Atmosphere and Health*, 17(12), 2775–2787. <https://doi.org/10.1007/s11869-024-01600-8>
- Meacci, S., Corsi, L., Santecchia, E., & Ruschioni, S. (2025). Harnessing Electrostatic Forces: A Review of Bees as Bioindicators for Particulate Matter Detection. In *Insects* (Vol. 16, Number 4). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/insects16040373>
- OMS. (2021). *WHO global air quality guidelines*.
- Reff, A., Mintz, D., & Naess, L. (n.d.). *The O₃ NowCast: U.S. EPA's Method for Characterizing and Communicating Current Air Quality*. Retrieved <https://www.airnow.gov/>
- Sicard, P., De Marco, A., Dalstein-Richier, L., Tagliaferro, F., Renou, C., & Paoletti, E. (2016). An epidemiological assessment of stomatal ozone flux-based critical levels for visible ozone injury in Southern European forests. *Science of the Total Environment*, 541, 729–741. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.09.113>
- Stieb, D. M., Burnett, R. T., Smith-Doiron, M., Brion, O., Hwashin, H. S., & Economou, V. (2008). A new multipollutant, no-threshold air quality health index based on short-term associations observed in daily time-series analyses. *Journal of the Air and Waste Management Association*, 58(3), 435–450. <https://doi.org/10.3155/1047-3289.58.3.435>
- Stojanowska, A., Zeynalli, F., Wróbel, M., & Rybak, J. (2023). The use of spider webs in the monitoring of air quality—A review. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 19(1), 32–44. <https://doi.org/10.1002/IEAM.4607>

- Surit, P., Wongtanasarasasin, W., Boonnag, C., & Wittayachamnankul, B. (2023). Association between air quality index and effects on emergency department visits for acute respiratory and cardiovascular diseases. *PLoS ONE*, 18(11 November). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0294107>
- Takano, A. P. C., Rybak, J., & Veras, M. M. (2024). Bioindicators and human biomarkers as alternative approaches for cost-effective assessment of air pollution exposure. *Frontiers in Environmental Engineering*, 3. <https://doi.org/10.3389/fenve.2024.1346863>
- Thunis, P., Pederzoli, A., & Pernigotti, D. (2012). Performance criteria to evaluate air quality modeling applications. *Atmospheric Environment*, 59, 476–482. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.05.043>
- Tribaudino, M., Solzi, M., Mantovani, L., Zaccara, P., & Groppi, E. (2022). Magnetic particle monitoring on leaves in winter: a pilot study on a highly polluted location in the Po plain (Northern Italy). *Environmental Science and Pollution Research*, 29(42), 63171–63181. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-20247-5>
- Wei, W., Larrey-Lassalle, P., Faure, T., Dumoulin, N., Roux, P., & Mathias, J. D. (2014). How to Conduct a Proper Sensitivity Analysis in Life Cycle Assessment: Taking into Account Correlations within LCI Data and Interactions within the LCA Calculation Model. *Environmental Science and Technology*, 49(1), 377–385. <https://doi.org/10.1021/ES502128K>