



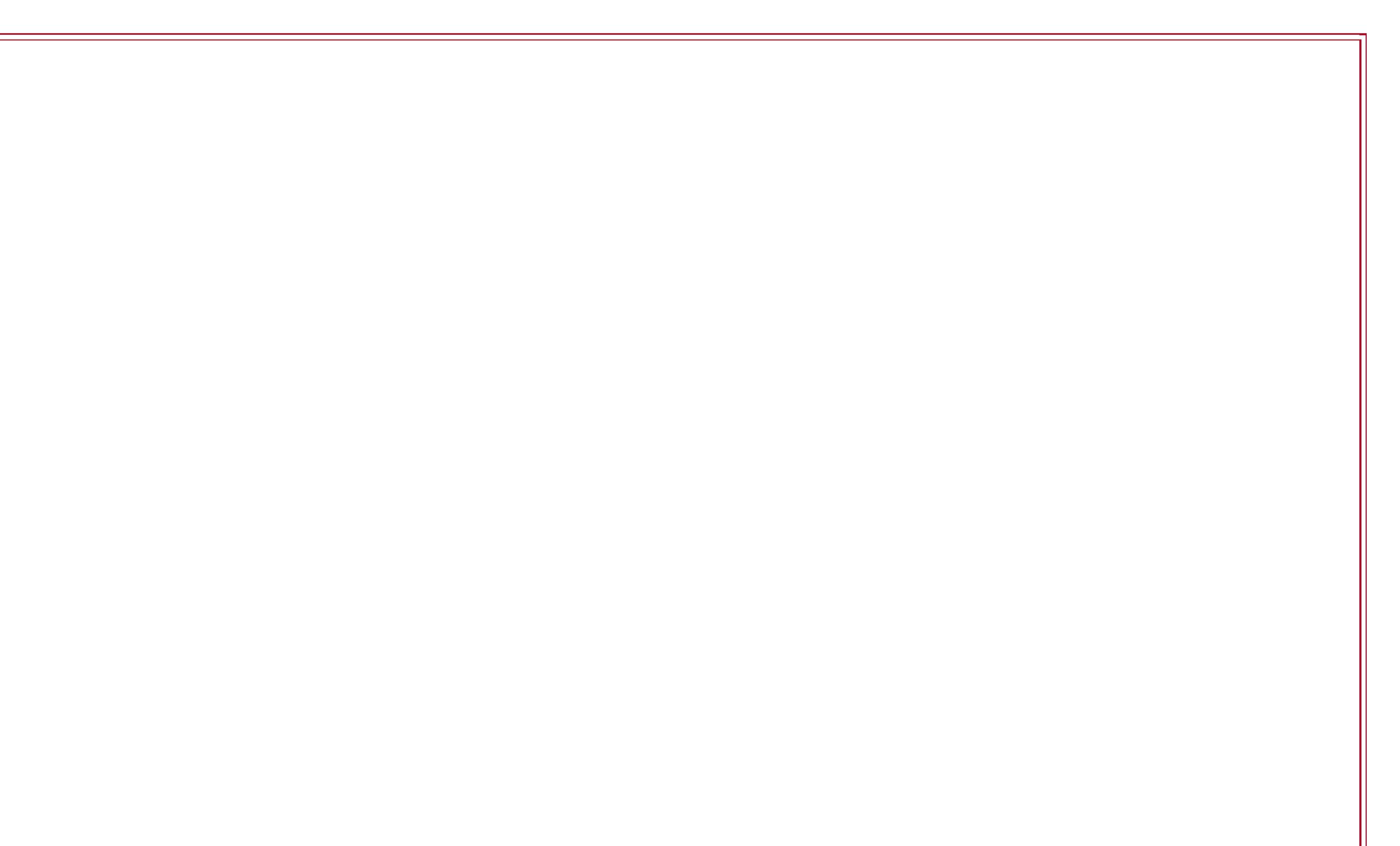
INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

INFORME DEL ESTADO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN COLOMBIA 2018



El ambiente
es de todos

Minambiente



IVÁN DUQUE MÁRQUEZ
 Presidente de la República de Colombia

RICARDO LOZANO
 Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible

MARÍA CLAUDIA GARCÍA DÁVILA
 Viceministra de Políticas y Normalización Ambiental

ROBERTO MARIO ESMERAL BERRIO
 Viceministro de Ordenamiento Ambiental del Territorio

YOLANDA GONZÁLEZ HERNÁNDEZ
 Directora General – Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

DIANA MARCELA VARGAS GALVIS
 Subdirectora de Estudios Ambientales – Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

ANA MARÍA HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ
 Coordinadora Grupo de Seguimiento a la Sostenibilidad – Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

PRODUCCIÓN TÉCNICA Y EDITORIAL

LEONARDO ALFREDO PINEDA PARDO
 Profesional Especializado – Líder temático Calidad del Aire – Grupo de Seguimiento a la Sostenibilidad del Desarrollo – Subdirección de Estudios Ambientales – IDEAM.

MARÍA PAULA PÉREZ PEÑA
 Consultor – Apoyo temático a calidad del aire – Grupo de Seguimiento a la Sostenibilidad del Desarrollo – Subdirección de Estudios Ambientales – IDEAM.

ALEXANDER MARTÍNEZ PEDRAZA
 Consultor – Apoyo estadístico a Calidad del Aire – Grupo de Seguimiento a la Sostenibilidad del Desarrollo – Subdirección de Estudios Ambientales – IDEAM.

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN

LEONARDO ALFREDO PINEDA PARDO
 Profesional Especializado – Líder temático Calidad del Aire – Grupo de Seguimiento a la Sostenibilidad del Desarrollo – Subdirección de Estudios Ambientales – IDEAM.

CÍTESE COMO

IDEAM. Informe del Estado de la Calidad del Aire en Colombia 2018. Bogotá, D.C., 2019.

2019, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. Todos los derechos reservados. Los textos pueden ser usados parcial o totalmente citando la fuente. Su reproducción total o parcial debe ser autorizada por el IDEAM.

Publicación anual aprobada por el IDEAM. Agosto 2019, Bogotá D.C., Colombia - Distribución Gratuita.
 ISSN: 2619-2403 (En línea)

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

CONSEJO DIRECTIVO

RICARDO JOSÉ LOZANO PICÓN
 Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible

ÁNGELA MARÍA OROZCO GÓMEZ
 Ministra de Transporte

GLORIA AMPARO ALONSO MÁSMELA
 Directora del Departamento Nacional de Planeación

JUAN DANIEL OVIEDO ARANGO
 Director del Departamento Administrativo Nacional de Estadística

DIEGO FERNANDO HERNÁNDEZ LOSADA
 Director General del Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias)

RAMÓN LEAL LEAL
 Director Ejecutivo de la Asociación de Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible

JUAN PABLO RUIZ SOTO
 Delegado de Presidencia de la República

GILBERTO GALVIS BAUTISTA
 Secretario Técnico del Consejo

DIRECTIVAS

YOLANDA GONZÁLEZ HERNÁNDEZ
 Directora General

GILBERTO GALVIS BAUTISTA
 Secretario General

NELSON OMAR VARGAS MARTÍNEZ
 Subdirector de Hidrología

DIANA MARCELA VARGAS GALVIS
 Subdirectora de Estudios Ambientales

EDITH GONZÁLEZ AFANADOR
 Subdirectora de Ecosistemas e Información Ambiental

ELIÉCER DAVID DÍAZ ALMANZA
 Subdirector de Meteorología

MERY ESPERANZA FERNÁNDEZ PORRAS
 Jefe Oficina Pronósticos y Alertas

TELLY DE JESÚS MONTH PARRA
 Jefe Oficina Asesora de Planeación

LEONARDO CÁRDENAS CHITIVA
 Jefe Oficina de Informática

GILBERTO ANTONIO RAMOS SUÁREZ
 Jefe Oficina Asesora Jurídica

MARÍA EUGENIA PATIÑO JURADO
 Jefe Oficina Control Interno

ANDRÉS ECHAVARRÍA PALOMARES
 Jefe Oficina Cooperación Internacional

JUAN FERNANDO CASAS VARGAS
 Jefe Grupo de Comunicaciones

TABLA DE CONTENIDO

ACRÓNIMOS Y SIGLAS	2
AGRADECIMIENTOS.....	2
1. INTRODUCCIÓN	5
2. CONTEXTO	7
2.1. ¿Cuáles son los contaminantes que emitimos a la atmósfera?	7
2.2. ¿Dónde se encuentran las principales actividades y procesos de emisión?.....	10
2.3. ¿Qué sucede cuando emitimos contaminantes a la atmósfera?.....	12
2.4. Normatividad Aplicable	17
2.5. Índice de Calidad del Aire - ICA	17
3. METODOLOGÍA	18
4. ESTADO DE LOS SISTEMAS DE VIGILANCIA.....	20
4.1. Tecnología de medición empleada	23
4.2. Contaminantes y variables meteorológicas evaluados	23
4.3. Sistemas de Vigilancia de Calidad del Aire Acreditados	25
4.4. Cobertura temporal de la información reportada	25
5. ESTADO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN COLOMBIA	26
5.1. Partículas Menores a 10 micras - PM ₁₀	26
5.2. Partículas Menores a 2.5 micras - PM _{2.5}	31
5.3. Dióxido de Nitrógeno - NO ₂	37
5.4. Dióxido de Azufre - SO ₂	39
5.5. Ozono Troposférico - O ₃	42
5.6. Monóxido de Carbono - CO	44
5.7. Evaluación del indicador de seguimiento de la Política de Prevención y Control de la Contaminación del Aire.....	45
6. INFLUENCIA DE LA METEOROLOGÍA EN LA CALIDAD DEL AIRE.....	47
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	53
8. REFERENCIAS.....	55

Listado de tablas

Tabla 1. Normatividad de calidad del aire en Colombia versus Recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud.	17
Tabla 2. Puntos de corte del Índice de Calidad del Aire ICA en Colombia.	17
Tabla 3. Estaciones de monitoreo de calidad del aire por Autoridad Ambiental - 2017.....	21
Tabla 4. Municipios que deberían contar con un SVCA de acuerdo a la población.	22
Tabla 5. Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire (SVCA) con complejidad inferior al reglamentado.	23
Tabla 6. Tecnología de medición empleada por los SVCA que operaron en el país durante 2018.	23

Listado de Figuras

Figura 1. Fuentes de emisión de contaminantes y su interacción en la atmósfera	8
Figura 2. Definición y efectos de los contaminantes criterio	9
Figura 3. Emisiones totales de material particulado PM _{2.5} en toneladas para el año 2014	10
Figura 4. Total emisiones históricas de material particulado (PM _{2.5}) y proporciones por categoría	10
Figura 5. Emisiones totales de Monóxido de Carbono CO en toneladas para el año 2014	11
Figura 6. Total emisiones históricas de Monóxido de Carbono (CO) y proporciones por categoría	11
Figura 7. Emisiones totales de NO ₂ en toneladas para el año 2014.....	11
Figura 8. Total emisiones históricas de Dióxido de Nitrógeno (NO ₂) y proporciones por categoría	11
Figura 9. Emisiones totales de SO ₂ en toneladas para el año 2014.....	12
Figura 10. Total emisiones históricas de Dióxido de Azufre (SO ₂) y proporciones por categoría.....	12
Figura 11. Resumen de las reacciones químicas que tienen lugar en la tropósfera (Prinn, Reilly, Sarofim, Wang, & Felzer, 2007)	13
Figura 12. Representación simplificada de la formación del Radical Hidroxilo (OH) y su función en la atmósfera.....	14
Figura 12. Esquema de la interacción de los contaminantes atmosféricos y sus efectos	16
Figura 14. Metodología de elaboración del Informe del Estado de la Calidad del Aire en Colombia	18
Figura 15. Flujo de información de las fases de ejecución y análisis de la Operación Estadística.....	19
Figura 16. Salidas de información generadas en la operación estadística	19
Figura 16. Número de SVCA y desagregación por tipo de estación 2018.....	20
Figura 18. Sistemas de Vigilancia y Estaciones de Calidad del Aire existentes en Colombia y su evolución temporal.....	21
Figura 18. Municipios que no cuentan con SVCA durante 2018 según los criterios del Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire.	22
Figura 20. Estaciones de monitoreo por tipo de contaminante evaluado.	24
Figura 21. Evolución anual del número de estaciones con medición de variables contaminantes.	24
Figura 22. Evolución anual del número de estaciones con medición de variables meteorológicas.	25
Figura 23. Representatividad temporal de las series reportadas en 2018.....	25
Figura 24. Concentraciones promedio anual de Partículas Menores a 10 micras (PM ₁₀) en 2018 para las estaciones de los SVCA de Colombia que presentaron una representatividad temporal igual o superior a 75%.	27

Figura 25. Días con excedencias al nivel máximo permisible diario para Partículas Menores a 10 micras (PM ₁₀) en 2018, para las estaciones de los SVCA de Colombia que presentaron una representatividad temporal igual o superior a 75%.....	28	Figura 44. Concentraciones promedio anual de Dióxido de Azufre (SO ₂) en 2018 para las estaciones de los SVCA de Colombia que presentaron una representatividad temporal inferior a 75%.....	41
Figura 26. Variación del promedio anual de Partículas Menores a 10 micras (PM ₁₀) para las estaciones de los SVCA que tienen una representatividad temporal igual o superior a 75%. Años 2017 y 2018.....	29	Figura 45. Días con excedencias al nivel máximo permisible octohorario para Ozono (O ₃) en 2018, para las estaciones de los SVCA de Colombia que presentaron una representatividad temporal igual o superior a 75%.....	42
Figura 27. Variación anual de días con excedencias de Partículas Menores a 10 micras (PM ₁₀) para las estaciones de los SVCA que tienen una representatividad temporal igual o superior a 75%. Años 2017 y 2018.....	29	Figura 46. Variación anual de días con excedencias de Ozono (O ₃) para las estaciones de los SVCA que tienen una representatividad temporal igual o superior a 75%. Años 2017 y 2018.....	43
Figura 28. Índice de calidad del aire para Partículas Menores a 10 micras (PM ₁₀) en 2018 para las estaciones de los SVCA de Colombia que presentaron una representatividad temporal igual o superior a 75%.....	30	Figura 47. Índice de calidad del aire para Ozono (O ₃) en 2018 para las estaciones de los SVCA de Colombia que presentaron una representatividad temporal igual o superior a 75%.....	43
Figura 29. Concentraciones promedio anual de Partículas Menores a 10 micras (PM ₁₀) en 2018 para las estaciones de los SVCA de Colombia que presentaron una representatividad temporal inferior a 75%.....	31	Figura 48. Concentraciones promedio anual de Monóxido de Carbono (CO) en 2018, para las estaciones de los SVCA de Colombia que presentaron una representatividad temporal igual o superior a 75%.....	44
Figura 30. Concentraciones promedio anual de Partículas Menores a 2,5 micras (PM _{2.5}) en 2018 para las estaciones de los SVCA de Colombia que presentaron una representatividad temporal igual o superior a 75%.....	32	Figura 49. Índice de calidad del aire para Monóxido de Carbono (CO) en 2018 para las estaciones de los SVCA de Colombia que presentaron una representatividad temporal igual o superior a 75%.....	44
Figura 31. Días con excedencias al nivel máximo permisible diario para Partículas Menores a 2.5 micras (PM _{2.5}) en 2018, para las estaciones de los SVCA de Colombia que presentaron una representatividad temporal igual o superior a 75%.....	33	Figura 50. Porcentaje de estaciones que reportaron cumplimiento de la norma de calidad del aire durante 2014 – 2018.....	45
Figura 32. Variación del promedio anual de Partículas Menores a 2.5 micras (PM _{2.5}) para las estaciones de los SVCA que tienen una representatividad temporal igual o superior a 75%. Años 2016 y 2017.....	34	Figura 51. Porcentaje de estaciones que reportaron cumplimiento de la norma de calidad del aire por parámetro durante 2018.....	45
Figura 33. Variación anual de días con excedencias de Partículas Menores a 2.5 micras (PM _{2.5}) para las estaciones de los SVCA que tienen una representatividad temporal igual o superior a 75%. Años 2016 y 2017.....	34	Figura 52. Porcentaje de estaciones que reportaron cumplimiento de la norma de calidad del aire, por Autoridad Ambiental y por parámetro, durante 2017.....	46
Figura 34. Índice de calidad del aire para Partículas Menores a 2.5 micras (PM _{2.5}) en 2018 para las estaciones de los SVCA de Colombia que presentaron una representatividad temporal igual o superior a 75%.....	35	Figura 53. Variación temporal del Material Particulado Menor a 2.5 micras (PM _{2.5}) en las estaciones del Área Metropolitana del Valle de Aburrá durante 2018.....	48
Figura 35. Concentraciones promedio anual de Partículas Menores a 2.5 micras (PM _{2.5}) en 2017 para las estaciones de los SVCA de Colombia que presentaron una representatividad temporal inferior a 75%.....	36	Figura 54. Calendario de contaminación para las estaciones del Área Metropolitana del Valle de Aburrá que evaluaron Material Particulado Menor a 2,5 micras (PM _{2.5}) durante el año 2018.....	49
Figura 36. Concentraciones promedio anual de Dióxido de Nitrógeno (NO ₂) en 2018 para las estaciones de los SVCA de Colombia que presentaron una representatividad temporal igual o superior a 75%.....	37	Figura 55. Diagrama polar anular, para las estaciones de monitoreo del Área Metropolitana del Valle de Aburrá que evaluaron PM ₁₀	49
Figura 37. Días con excedencias al nivel máximo permisible horario para Dióxido de Nitrógeno (NO ₂) en 2018, para las estaciones de los SVCA de Colombia que presentaron una representatividad temporal igual o superior a 75%.....	37	Figura 56. Diagrama polar anular, para las estaciones de monitoreo del Área Metropolitana del Valle de Aburrá que evaluaron PM _{2.5}	49
Figura 38. Variación del promedio anual de Dióxido de Nitrógeno (NO ₂) para las estaciones de los SVCA que tienen una representatividad temporal igual o superior a 75%. Años 2017 y 2018.....	38	Figura 57. Diagrama polar anular, para las estaciones de monitoreo del Área Metropolitana del Valle de Aburrá que evaluaron NO ₂	50
Figura 39. Variación anual de excedencias horarias de Dióxido de Nitrógeno (NO ₂) para las estaciones de los SVCA que tienen una representatividad temporal igual o superior a 75%. Años 2017 y 2018.....	38	Figura 58. Diagrama polar para las estaciones de monitoreo del Área Metropolitana del Valle de Aburrá que evaluaron PM ₁₀	50
Figura 40. Concentraciones promedio anual de Dióxido de Nitrógeno (NO ₂) en 2018 para las estaciones de los SVCA de Colombia que presentaron una representatividad temporal inferior a 75%.....	39	Figura 59. Diagrama polar para las estaciones de monitoreo del Área Metropolitana del Valle de Aburrá que evaluaron PM _{2.5}	50
Figura 41. Concentraciones promedio anual de Dióxido de Azufre (SO ₂) en 2018 para las estaciones de los SVCA de Colombia que presentaron una representatividad temporal igual o superior a 75%.....	39	Figura 60. Variación temporal del Material Particulado Menor a 10 micras (PM ₁₀) en las estaciones del DAGMA durante 2018.....	51
Figura 42. Días con excedencias al nivel máximo permisible diario para Dióxido de Azufre (SO ₂) en 2018 para las estaciones de los SVCA de Colombia que presentaron una representatividad temporal igual o superior a 75%.....	40	Figura 61. Calendario de contaminación para las estaciones del DAGMA que evaluaron Material Particulado Menor a 10 micras (PM ₁₀) y a 2.5 micras (PM _{2.5}) durante el año 2018.....	51
Figura 43. Índice de calidad del aire para Dióxido de Azufre (SO ₂) en 2018 para las estaciones de los SVCA de Colombia que presentaron una representatividad temporal igual o superior a 75%.....	40	Figura 62. Diagrama polar anular, para las estaciones de monitoreo del DAGMA que evaluaron Material particulado menor a 2.5 micras - PM _{2.5} , durante el año 2018.....	52
		Figura 63. Calendario de contaminación para las estaciones de CORPOBOYACÁ que evaluaron Material Particulado Menor a 10 micras (PM ₁₀) durante el año 2018.....	52
		Figura 64. Diagrama polar anular, para las estaciones de monitoreo de CORPOBOYACÁ que evaluaron PM ₁₀ , durante el año 2018.....	52

ACRÓNIMOS Y SIGLAS

SIGLA	ENTIDAD	SITIO WEB
CDMB.	Corporación Autónoma regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga	cdmb.gov.co
CORPOBOYACA.	Corporación Autónoma Regional de Boyacá -	corpoboyaca.gov.co
CORPOCALDAS.	Corporación Autónoma Regional de Caldas	corpocaldas.gov.co
CAR.	Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca	car.gov.co
CORPONOR.	Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental	corponor.gov.co
CORPOGUAJIRA.	Corporación Autónoma Regional de La Guajira	corpoguajira.gov.co
CORNARE.	Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Negro y Nare	cornare.gov.co
CVS.	Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge	cvs.gov.co
CORPONARIÑO.	Corporación Autónoma Regional de Nariño	corponarino.gov.co
CARDER.	Corporación Autónoma Regional de Risaralda	carder.gov.co
CAM.	Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena	cam.gov.co
CRA.	Corporación Autónoma Regional del Atlántico	crautonomia.gov.co
CRC.	CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA	crc.gov.co

SIGLA	ENTIDAD	SITIO WEB
CORANTIOQUIA.	CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	corantioquia.gov.co
CORPOCESAR.	CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CESAR	corpocesar.gov.co
CORPAMAG.	CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL MAGDALENA	corpamag.gov.co
CRQ.	CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL QUINDÍO	crq.gov.co
CORTOLIMA.	CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL TOLIMA	cortolima.gov.co
CVC.	CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA	cvc.gov.co
CODECHOCO.	CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL CHOCÓ	codechoco.gov.co
CORMACARENA.	CORPORACIÓN PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL ÁREA DE MANEJO ESPECIAL DE LA MACARENA	cormacarena.gov.co
AMB	Área Metropolitana de Bucaramanga	amb.gov.co
AMVA	Área Metropolitana del Valle de Aburrá	metropol.gov.co
DAGMA	Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente de Cali	cali.gov.co/dagma
EPA Barranquilla Verde	Establecimiento Público Ambiental de Barranquilla - Barranquilla Verde	barranquillaverde.gov.co
EPA Cartagena	Establecimiento Público Ambiental de Cartagena	epacartagena.gov.co
SDA	Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá	ambientebogota.gov.co

AGRADECIMIENTOS

Al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Dirección de Asuntos Ambientales, Sectorial y Urbana, especialmente a los ingenieros Mauricio Gaitán Varón, Mayra Alejandra Lancheros, Giovanna Constanza Saavedra, Luisa Fernanda González y Mary Alejandra Lasso, por su gestión técnica, temática e intersectorial para lograr la adopción e implementación de normas y políticas que permitan la reducción y mitigación de los niveles de contaminación atmosférica y sus efectos.

A los directivos y profesionales de las Corporaciones Autónomas Regionales y de las Autoridades Ambientales de los Grandes Centros Urbanos (AMVA, CAM, CARDER, CDMB, CORANTIOQUIA, CORNARE, CORPAMAG, CORPOBOYACÁ, CRA, CRC, SDA CORPOCALDAS, CORPOCESAR, CRQ, CVC, CORPOGUAJIRA, CORPONARIÑO, CVS, CODECHOCO, CORPONOR, CAR, CORMACARENA, CORTOLIMA, DAGMA, EPA CARTAGENA y EPA BARRANQUILLA VERDE), quienes día a día aportan su conocimiento y gestionan desde su labor para prevenir, controlar y reducir la contaminación atmosférica. Sin su valioso esfuerzo en los procesos de monitoreo, seguimiento, evaluación y control, la elaboración del presente informe no sería posible.

A los integrantes de la mesa de calidad del aire de la Comisión Nacional de Salud Ambiental - CONASA, ingenieros Lina Marcela Guerrero y Gildardo Bermeo del Ministerio de Salud y Protección Social, Viviana Cerón y Sandra Alicia Reina del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Luisa Fernanda Soto del Instituto Nacional de Salud, a quienes agradecemos el intercambio de conocimientos, la gestión interinstitucional y su compromiso para mejorar las problemáticas de calidad del aire a nivel nacional.

A los profesionales de los ministerios de Minas y Energía, de Transporte, de Comercio, Industria y Turismo, de Salud y Protección Social y del Departamento Nacional de Planeación, quienes desde cada uno de sus sectores diseñan e implementan políticas y estrategias para reducir la contaminación atmosférica generada por las diferentes fuentes de emisión.

Al ingeniero Oscar Julián Guerrero Molina, quien cimentó gran parte del andamiaje que permite la elaboración anual del Informe del Estado de la Calidad del Aire, lo que ha permitido la apropiación de la temática por parte de la sociedad colombiana y la elaboración de diversos estudios e investigaciones asociadas a la contaminación atmosférica con un impacto positivo en la modificación de diversas políticas y estrategias de gestión de calidad del aire en el país.

A los tomadores de decisiones, investigadores, académicos, activistas y demás lectores, por apropiarse día a día de la temática, por incluir este documento en sus consultas y por exponer sus inquietudes y necesidades de investigación, lo cual fortalece la misionalidad y visión del Instituto.





LA TRAGEDIA DE LOS COMUNES DESCRITA POR GARRETT HARDIN

Un grupo de pastores usaba la misma zona de pastos, contando con buen espacio cada uno. Uno de los pastores pensó que podía añadir una oveja más, porque el impacto de una sola oveja no afectaría la capacidad de recuperación del suelo. Cada pastor, individualmente, pensó lo mismo y se pusieron a la tarea de añadir sus ovejas, pero la suma del deterioro imperceptible causado por cada oveja adicional terminó por arruinar el suelo y los pastos, y tanto las ovejas como los pastores murieron de hambre.

EL PARADIGMA DE LA TRAGEDIA DE LOS COMUNES Y LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE

POR: YOLANDA GONZÁLEZ HERNÁNDEZ

Directora General - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM

La tragedia de los comunes es una parábola escrita por William Forster Lloyd en 1833, y teorizada como un modelo de conducta por Garrett Hardin en 1968. En ella se considera que algunos recursos naturales, como el aire, el agua o el suelo pese a que son indispensables para la supervivencia, no son asimilados como propios y por ende son descuidados en su conservación, manejo y calidad, lo que conlleva a su deterioro y destrucción, dejando a la población dependiente de este, sin el mismo.

Cuando pensamos en qué tan importante es el recurso aire, vale la pena recordar que el cerebro humano solamente puede resistir cuatro minutos sin recibir oxígeno antes de empezar a fallar. Esto se traduce, en que sin importar qué tan contaminado se encuentre el aire que nos rodea, no podemos escoger en dónde respiramos, simplemente asumimos las consecuencias de su contaminación.

Según el Informe de Carga de Enfermedad Ambiental en Colombia elaborado por el Observatorio Nacional de Salud del Instituto Nacional de Salud, se atribuyen a la mala calidad del aire, como factor de riesgo ambiental, 15.681 muertes anuales, cuyos desenlaces en salud se encuentran asociados a: Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC), Enfermedad Isquémica del Corazón (EIC), Infecciones Respiratorias Agudas Bajas (IRAB), Enfermedad Cerebro Vascular (ECV) y cáncer de pulmón. Sin embargo, y a pesar de los conocidos efectos, como sociedad aún continuamos ajenos al problema.

Cuando evaluamos la percepción ciudadana sobre las causas de los estados excepcionales declarados por mala calidad del aire en algunas ciudades del país, adicionales a los inevitables factores climáticos y topográficos, es frecuente escuchar como el taxista opina que la culpa es de las fábricas, como el dueño del vehículo particular considera que el problema es de los buses, camiones o volquetas, o como la actividad minera asocia el problema con la mala calidad de los combustibles.

Lo anterior, denota nuestra incapacidad para entender el impacto de nuestras decisiones individuales, y el cómo al igual que los pastores de la parábola, continuamos «poniendo ovejas» indefinidamente, ocasionando un deterioro imperceptible.

El comportamiento egoísta como individuos nos lleva a tomar decisiones erróneas que exacerbaban el problema. Por ejemplo, y tomando cifras del Registro Único Nacional de Tránsito, el 56% del parque automotor registrado en el país, no cuenta con Revisión Técnico Mecánica vigente, por lo cual, además de la seguridad, no se garantiza el mantenimiento que permitiría una combustión eficiente, lo que produce el incremento de las emisiones de contaminantes al aire.

Por otra parte, los resultados de la Evaluación de la Política de Prevención y Control de la Contaminación del Aire realizada por el Departamento Nacional de Planeación muestran, entre otros factores, que no ha habido un aumento significativo en la cobertura de los sistemas de control de emisiones de partículas por parte de las industrias, y que el uso de los incentivos tributarios creados para aumentarlos ha sido muy reducido.

Después de las consideraciones anteriores, queda en evidencia que el aire es de todos, pero al mismo tiempo es de nadie, y que la falta de compromiso o desinterés como sociedad civil, sumado a la poca receptividad y respuesta que la mayoría de ciudadanos presenta frente a las propuestas y acciones tomadas por las administraciones nacionales, regionales y locales para solucionar el problema, nos deja en la disyuntiva propuesta por Barry Schwartz: “¿Cómo escapar del dilema en el que muchos individuos actuando racionalmente en su propio interés, pueden en última instancia destruir un recurso compartido y limitado, incluso cuando es evidente que esto no beneficia a nadie a largo plazo?”

“Hay una Tierra, una atmósfera, una fuente de agua y seis mil millones de personas compartiéndolas deficientemente. Los ricos están sobreconsumiendo y los pobres esperan impacientes a unírseles”. Barry Schwartz.

Si bien, el CONPES 3943 de 2018 “Política para el mejoramiento de la calidad del aire” y el Plan Nacional de Desarrollo “Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad”, trazan una hoja de ruta y diferentes acciones como el mejoramiento de la calidad de los combustibles, la implementación de mejores prácticas en la industria, la incorporación de un parque vehicular de bajas emisiones, la optimización de la gestión de la información, el desarrollo de la investigación, el ordenamiento del territorio y la gestión del riesgo, como sociedad colombiana, no podemos esperar que el problema de la contaminación atmosférica, se resuelva tecnológicamente desde el gobierno, sino que como individuos debemos realizar una internalización y concientización y aportar con pequeñas acciones a la solución.

Por ello, invitó a cada ciudadano colombiano a desplazarse a pie o en bicicleta en recorridos cortos, a utilizar el transporte público, a evitar desplazamientos innecesarios en el vehículo particular, a adquirir productos y servicios con etiquetas y certificaciones ecológicas, a mantener en óptimas condiciones su vehículo, a evitar el derroche energético en todos los ámbitos y a incorporar los conceptos de la estrategia de economía circular en su diario vivir: Repensar, Reutilizar, Reparar, Restaurar, Remanufacturar, Reducir, Re-proponer, Reciclar y Recuperar.

Para nosotros como IDEAM, su instituto de investigación, el reto de continuar realizando estudios e investigaciones que determinen el impacto del desarrollo socioeconómico sobre los recursos naturales, poniendo a disposición información técnica y científica para la toma de decisiones, que conlleve a la prevención, control y reducción de la contaminación atmosférica.

De esta manera, entre todos lograremos la preservación, conservación y protección, no solo del recurso aire, sino de nuestro más preciado bien común: ¡el planeta tierra! ■



CALIDAD DEL AIRE Y ECONOMÍA CIRCULAR

La Estrategia Nacional de Economía Circular es un programa cuyo objetivo es “Maximizar el valor agregado de los sistemas de producción y consumo en términos económicos (rentabilidad), ambientales (cambio climático) y sociales (empleo), a partir de la circularidad en flujos de materiales, energía y agua”.

Con relación al recurso atmosférico, esta estrategia propone como líneas de acción priorizadas: optimización y aprovechamiento de biomasa, fuentes y aprovechamiento de energía y el mejoramiento de consumo de materiales en centros rurales y urbanos, las cuales impactarán en la reducción de la emisión de contaminantes a la atmósfera.

1. INTRODUCCIÓN

La calidad del aire es el resultado de la interacción de las dinámicas sociales rurales y urbanas, de las emisiones provenientes de actividades vinculadas a la industria, la minería, la agricultura y al transporte, así como de las tecnologías utilizadas, las condiciones geomorfológicas, orográficas y climatológicas, el consumo y tipo de combustibles, entre otros aspectos. Todo ello, influye notablemente en los procesos de dilución, concentración y transporte, que varían la composición y concentración de los contaminantes en el aire.

Según el Censo Nacional de Población y Vivienda 2018, elaborado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), el 77,1% de los colombianos se ubican en las cabeceras municipales. Esta concentración demográfica, acelera el crecimiento del parque automotor, la industrialización de actividades agrícolas y artesanales, la ubicación de actividades mineras con fines de explotación y construcción, entre otras, que si no se realizan de manera racional y proporcionada, incrementan la liberación de sustancias potencialmente contaminantes a la atmósfera, lo que conlleva graves efectos sobre la salud y el ambiente.

Estos efectos se corroboran a nivel nacional a través del Estudio de Carga de Enfermedad Ambiental en Colombia, realizado por el Observatorio Nacional de Salud (ONS) del Instituto Nacional de Salud (INS), el cual ubica a la contaminación atmosférica como el principal factor de riesgo ambiental, por encima de la mala calidad del agua y la exposición a metales tóxicos o peligrosos, y con el potencial de ocasionar 15.681 muertes anuales asociadas a diferentes enfermedades respiratorias, cardíacas y cerebro vasculares.

Por tal motivo, y con el fin de proteger la salud y el ambiente de los colombianos, resulta necesario conocer la evolución de la calidad del aire, manteniendo una línea base actualizada que permita entre otros aspectos, realizar intervenciones necesarias en las ciudades y municipios que podrían presentar condiciones de calidad atmosférica adversas.

El Decreto 291 de 2004 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia (MinAmbiente), establece entre las funciones de la Subdirección de Estudios Ambientales del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), la recolección y generación de información sobre uso de recursos naturales renovables, contaminación y degradación por vertimientos, emisiones y residuos sólidos producidos por las diferentes actividades socioeconómicas.

También entre sus funciones se encuentra apoyar técnica y científicamente para fundamentar la toma de decisiones en materia de política ambiental y suministrar las bases para el establecimiento de normas,

disposiciones y regulaciones para el ordenamiento ambiental del territorio, el manejo, uso y aprovechamiento de los recursos naturales renovables.

Por ello, en el año 2007, el instituto destinó por primera vez una edición del Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia, a la temática de calidad del aire. Desde ese año hasta la fecha, periódicamente se ha realizado la actualización de las bases de datos, incorporando información de nuevas estaciones instaladas para realizar la evaluación del cumplimiento de los niveles máximos permisibles regulados a nivel nacional por la Resolución 2254 de 2017.

Esta última resolución, en su artículo 23, entró a regular la periodicidad de elaboración del Informe del Estado de la Calidad del Aire en Colombia estableciéndola como anual.

La información de calidad de aire, se genera a partir de las estaciones de monitoreo asociadas a los Sistemas de Vigilancia administrados por las Corporaciones Autónomas Regionales y Autoridades Ambientales de los Grandes Centros Urbanos, quienes en cumplimiento de lo dispuesto en la Resolución 651 de 2010, del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, reportan la información sobre la concentración de contaminantes atmosféricos y meteorología co-localizada al Subsistema de Información sobre Calidad del Aire – SISAIRE.

El análisis y evaluación de la información se realiza a partir del desarrollo de la operación “Estadísticas de Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire”, la cual se desarrolla bajo los lineamientos de la norma técnica de calidad del proceso estadístico NTC-PE 1000, y permite garantizar en cada una de las fases, la coherencia, comparabilidad, precisión y exactitud de la información presentada.

De esta manera, y a través de un proceso transparente y continuo, el instituto pone a disposición de la ciudadanía y de los tomadores de decisiones, información oportuna, accesible e interpretable, que servirá como base para que a nivel nacional, departamental y municipal se formulen e implementen políticas, estrategias e instrumentos orientados a la prevención, control y reducción de la contaminación atmosférica.

De igual forma, los datos aquí presentados, permitirán realizar la evaluación de las diferentes políticas públicas implementadas por el gobierno nacional para afrontar el problema. Entre estas encontramos el CONPES 3918 de 2018 “Estrategia para la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en Colombia”, el cual asocia a la contaminación atmosférica como un problema que limita la salud y el bienestar, e impide la transición hacia ciudades y comunidades sostenibles, por lo que propone como meta el cumplimiento de los niveles objetivo intermedio III de las guías de calidad del aire de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para el año 2030.

Por otro lado, el CONPES 3943 de 2018 “Política para el mejoramiento de la calidad del aire, propone acciones para “reducir las concentraciones de contaminantes en el aire a través de la renovación y modernización del parque automotor, la reducción del contenido de azufre en los combustibles, la implementación de mejores técnicas y prácticas en la industria, la optimización de la gestión de la información, el desarrollo de la investigación, el ordenamiento del territorio y la gestión del riesgo por contaminación del aire” (DNP, 2018).

Por último, el pacto por la sostenibilidad: producir conservando y conservar produciendo del Plan Nacional de Desarrollo 2018 – 2022, presenta como un objetivo estratégico el “mejoramiento de la calidad del aire, del agua y del suelo para la prevención de los impactos en la salud pública y la reducción de las desigualdades relacionadas con el acceso a recursos”, para lo cual MinAmbiente e IDEAM pondrán en marcha un programa para mejorar la cobertura y disponibilidad de información de emisiones y calidad del aire.

El Informe del Estado de la Calidad del Aire en Colombia 2018, es el primero que se elabora tras la entrada en rigor de los niveles máximos permisibles contemplados en la Resolución 2254 de 2017, los cuales son mucho más estrictos y pretenden aumentar el bienestar y protección sobre la salud de la población y el ambiente. Adicionalmente, sienta la línea base para la evaluación de los resultados del Plan Nacional de Desarrollo 2018 – 2022 “Pacto por Colombia – Pacto por la Equidad”.

En la primera sección del presente documento, se realiza un análisis de contexto, definiendo los principales contaminantes atmosféricos, los efectos en la salud, el estado de las fuentes de emisión, los procesos de interacción en la atmósfera y sus correspondientes límites normativos.

La segunda sección presenta los pasos metodológicos de la Operación “Estadísticas de Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire”, cuya ejecución permite la obtención, procesamiento, validación, análisis y consolidación de la base de datos del Subsistema de Información sobre Calidad del Aire - SISAIRE, con la cual se elabora este informe.

Por su parte, la tercera sección, detalla el estado operativo y funcional de los sistemas de vigilancia de calidad del aire existentes a nivel nacional durante el año 2018, y las principales medidas que han implementado las Corporaciones Autónomas Regionales y las Autoridades Ambientales de los Grandes Centros Urbanos para mejorar la calidad y cobertura espacio – temporal de la información generada.

La cuarta sección, evalúa por estación de monitoreo, el comportamiento temporal de las concentraciones de los contaminantes criterio, frente a los límites normativos establecidos en la Resolución 2254 de 2017, el índice de calidad del aire – ICA y la Política de Prevención y Control de la Contaminación del Aire. De igual manera, realiza un análisis prospectivo frente a los niveles objetivo de obligatorio cumplimiento para el año 2030.

La quinta sección, asocia al análisis de los contaminantes atmosféricos, el comportamiento de las variables meteorológicas, las cuales son determinantes en la dispersión, concentración y transporte, permitiendo conocer los orígenes, horarios críticos y posibles efectos y consecuencias.

Por último, se presentan las conclusiones y recomendaciones del presente estudio, el cual permitirá a los tomadores de decisiones, el diseño y adopción de planes y estrategias para gestionar la calidad del aire a nivel local y regional, lo cual influye en la transformación territorial, sectorial, social, económica y ambiental del país. ■



OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS) Y CALIDAD DEL AIRE

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) son el producto de un consenso general en torno a un marco medible para alcanzar niveles mínimos que garanticen la prosperidad, el bienestar de las personas y la conservación del ambiente. Por ello, el gobierno nacional a través del CONPES 3918 de 2018, estableció las metas y estrategias para el cumplimiento los Objetivos de Desarrollo Sostenible en el año 2030.

En la temática de calidad del aire, las metas 3.9. “De aquí a 2030, reducir considerablemente el número de muertes y enfermedades causadas por productos químicos peligrosos y por la polución y contaminación del aire, el agua y el suelo” y 11.6. “De aquí a 2030, reducir el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades, incluso prestando especial atención a la calidad del aire y la gestión de los desechos municipales y de otro tipo” describen la hoja de ruta para que el año 2030, se incremente el “Porcentaje de estaciones que cumplen con el objetivo intermedio III de las guías de calidad del aire de la Organización Mundial de la Salud (OMS) en material particulado inferior a 2.5 micras (PM_{2.5}) y material particulado inferior a 10 micras (PM₁₀).

Lo anterior, supone el involucramiento de diferentes entidades del orden nacional, a las cuales se les han asignado responsabilidades y recursos, para llevar a buen término las metas e indicadores propuestos. ■

2. CONTEXTO

La construcción del presente capítulo contó con la coautoría de la Ingeniera Claudia Carolina Cuentas Morales, Consultora Sénior en Contaminantes Climáticos de Vida Corta y Cambio Climático

“Nuestra actividad económica incesante, produce cambios en el ambiente que comprometen el equilibrio natural del planeta tierra. La mano del hombre está detrás de fenómenos que pueden alcanzar una gran dimensión de deterioro ambiental, como la pérdida de la biodiversidad, el cambio climático, la destrucción de la capa de ozono, la desertización o la continua generación de residuos peligrosos.

Como especie, perseguimos una progresiva mejora de la calidad de vida, lo que va ligado a la utilización y transformación de los recursos naturales, muchas veces limitados, para satisfacer nuestras necesidades. Adicionalmente, el modelo de desarrollo y de crecimiento exige en múltiples ocasiones una mayor demanda de recursos de todo tipo hasta el punto de contaminarlos, degradarlos e incluso agotarlos.

Por otro lado, la ciudadanía reclama que los sistemas que mejoren las condiciones de vida sean compatibles con una explotación racional del ambiente; ante el potencial impacto de la contaminación en el planeta, la sociedad toma conciencia de su influencia en el bienestar y de las posibles consecuencias en el futuro.

El aire, recurso natural imprescindible para nuestra vida no escapa de esta contradicción. Por un lado, soporta la continua acción contaminante del hombre, y, por otro lado, la sociedad se preocupa por los efectos negativos que ocasionan su degradación. Es decir, el hombre lidia con la paradoja de ser víctima y verdugo a la vez, y se enfrenta al complicado reto de garantizar el uso y consumo del capital natural con el máximo respeto a las leyes y a los mecanismos básicos de funcionamiento de los sistemas biofísicos” (Boldo, 2016).

Las sustancias que degradan la calidad del aire tienen diversos orígenes y composición, y se han clasificado según sus efectos en la salud o en el ambiente como: criterio, tóxicos o peligrosos, climáticos de vida corta y de efecto invernadero. En el presente documento se analizan los resultados asociados al monitoreo y seguimiento de los contaminantes criterio, cuya evidencia epidemiológica señala que son perjudiciales para la salud y el ambiente.

Por tal motivo, el presente capítulo define estos contaminantes, los procesos y cantidades en los cuales son emitidos y explica el complejo proceso de química atmosférica que permite la formación, dilución y transporte, determinando así, la concentración de las sustancias en la atmósfera, lo cual permitirá entender la interrelación existente entre las actividades antropogénicas cotidianas y la contaminación.

2.1. ¿Cuáles son las contaminantes que emitimos a la atmósfera?

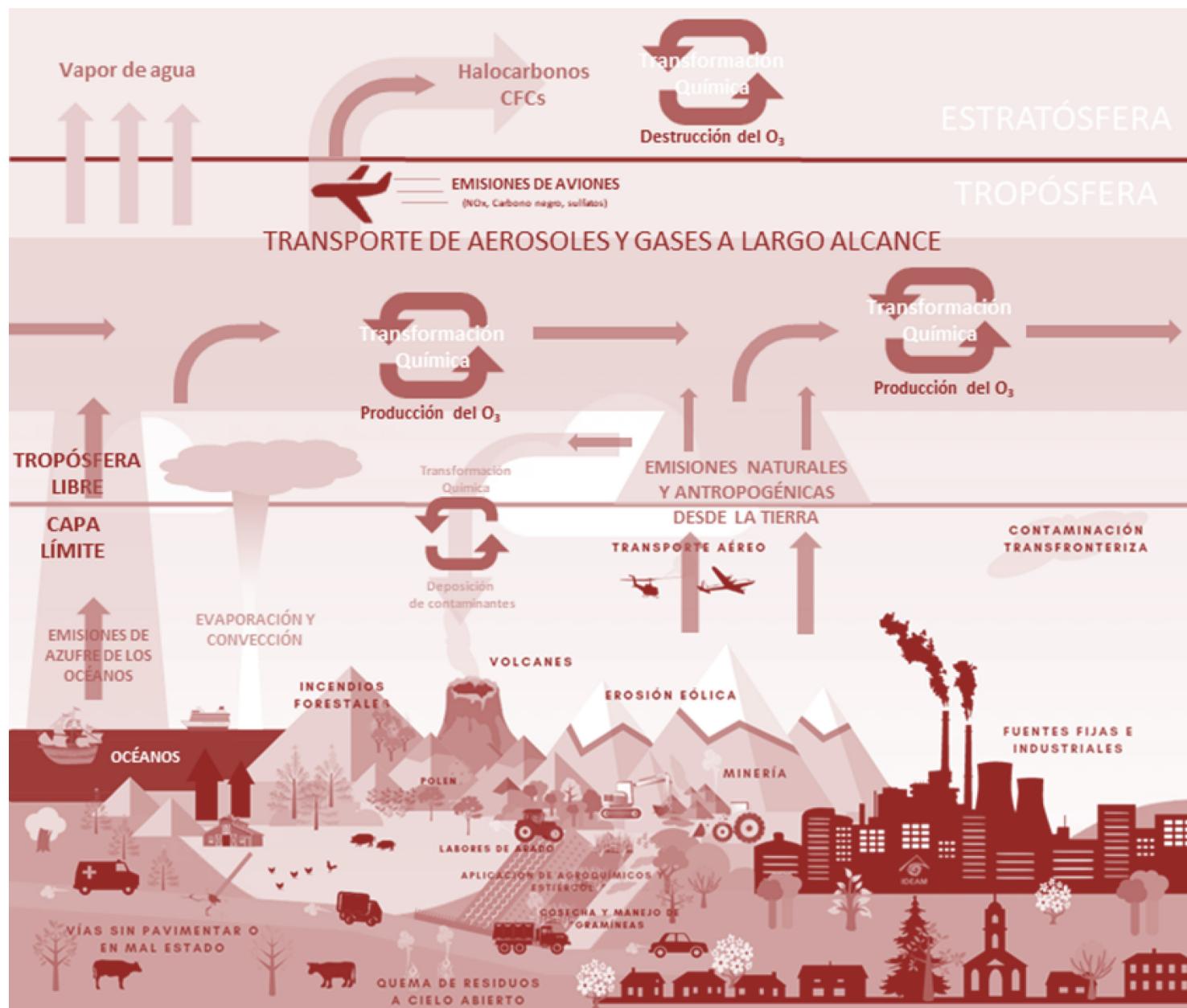
Cuando hablamos de contaminación atmosférica debemos conocer que existen diferentes ciclos biogeoquímicos que han condicionado las distintas formas de vida que actualmente se conocen sobre la Tierra. Los principales de ellos, y que tienen influencia con los procesos de alteración y degradación de la atmósfera, corresponden al del agua (H₂O), Carbono (C), Oxígeno (O₂), Hidrógeno (H), Azufre (S) y Nitrógeno (N₂). Los tres primeros son de tipo gaseoso mientras que los dos últimos son de tipo sedimentario.

Durante millones de años los ciclos biogeoquímicos se han repetido sin cesar dando lugar a un determinado equilibrio ecológico. Sin embargo, todas las actividades del hombre, el metabolismo de la materia viva y los fenómenos naturales que se producen en la superficie o en el interior de la tierra, van acompañados de emisiones de gases, vapores, polvos y aerosoles que al descargarse a la atmósfera se integran en los distintos ciclos biogeoquímicos que se desarrollan en la Tierra, y tienen la capacidad de alterar su equilibrio y composición (Ver Figura 2).

La naturaleza y transformación de los contaminantes es muy diversa. Algunos destacan por su elevada proporción en el aire o por sus efectos. Otros reaccionan entre sí o con otras sustancias presentes en la atmósfera, como el vapor de agua, y originan nuevos contaminantes. Así podemos diferenciar, contaminantes primarios, emitidos directamente por una fuente, de los secundarios, producto de reacciones ulteriores.

El tiempo que un contaminante permanece en el aire se conoce con el nombre de tiempo de residencia. Este tiempo varía según el tipo de contaminante y el estado de la atmósfera. Los contaminantes atmosféricos se clasifican en dos grandes grupos: los gases y las partículas. Para los gases, el tiempo de residencia depende de su capacidad de reacción, los más reactivos permanecen menos tiempo en el aire. Para las partículas depende de su tamaño y composición. Algunas definiciones, así como efectos en la salud de ciertos contaminantes se encuentran resumidos en la Figura 2.

Figura 1. Fuentes de emisión de contaminantes y su interacción en la atmósfera

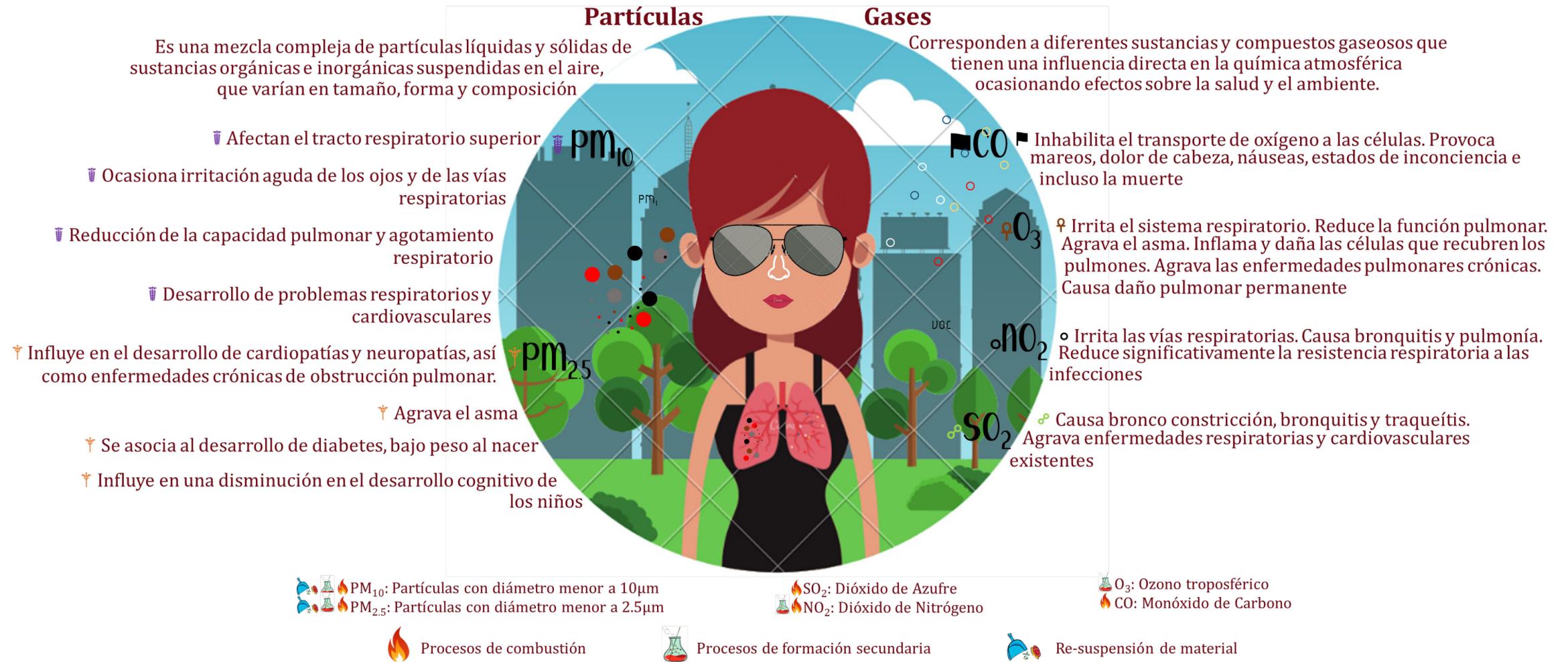


GASES DE EFECTO INVERNADERO
(Cambio Climático)

CONTAMINANTES CRITERIO
(Efectos en la salud y el ambiente)

En el aire se encuentran disueltos o en suspensión una mezcla bastante compleja de partículas líquidas y sólidas, o sustancias orgánicas e inorgánicas, que varían en tamaño, forma y composición, que sí se introducen de manera continua a la atmósfera durante un tiempo determinado ocasionan contaminación.

Figura 2. Definición y efectos de los contaminantes criterio



2.2. ¿Dónde se encuentran las principales actividades y procesos de emisión?

El Inventario Indicativo Nacional de Contaminantes Criterio y Carbono Negro 2010-2014, realizado por IDEAM y la Coalición del Clima y el Aire Limpio, reveló que en el año 2014 fueron emitidas a la atmósfera 241.605 Toneladas de material particulado menor a 2.5 micras, siendo los procesos relacionados con los Incendios de Bosques y Praderas, y las actividades residenciales y comerciales (determinadas dentro de la categoría 1A4 -a, b y c- de Otros sectores del IPCC), los que mayor cantidad emiten PM_{2.5} (Figura 3).

Figura 3. Emisiones totales de material particulado PM_{2.5} en toneladas para el año 2014

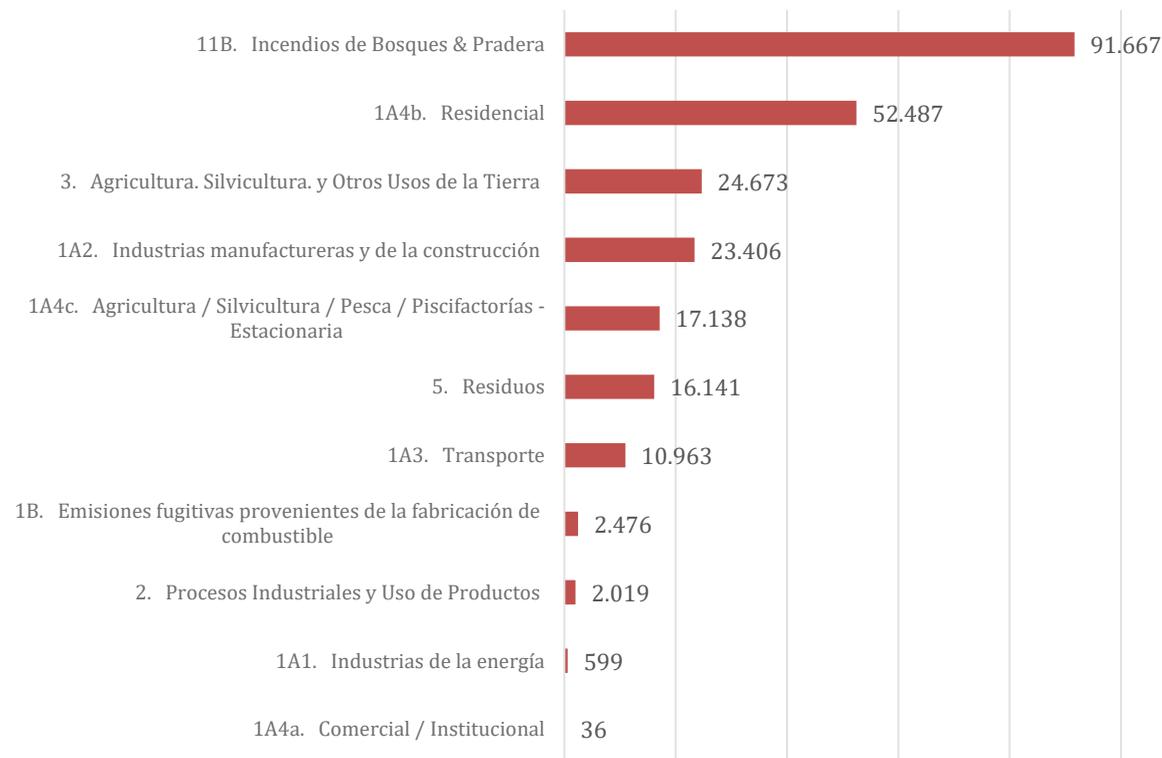
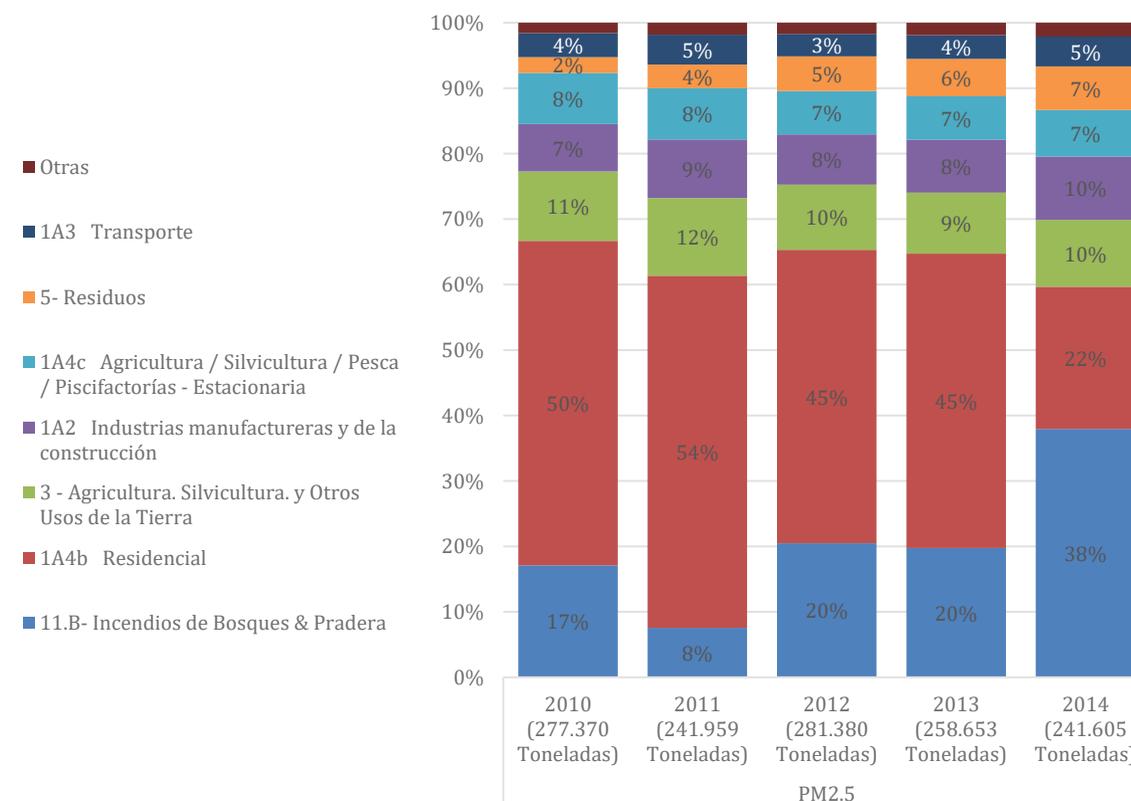


Figura 4. Total emisiones históricas de material particulado (PM_{2.5}) y proporciones por categoría



Para PM_{2.5} la categoría "Otras" contempla los siguientes sectores: 1.B Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustible; 2 - Procesos Industriales y Uso de Productos; 1A1 Industrias de la energía; 1A4a Comercial / Institucional

En cuanto al Monóxido de Carbono (CO), el total de emisiones de en el 2014 fue de 2.565.694 Toneladas, y los procesos y actividades que mayor aporte tienen en su emisión son el transporte, los incendios de boques y praderas y el uso de leña como combustible para la cocción de alimentos y calefacción de los hogares (residencial) (Figura 5).

Por su parte, el Dióxido de Nitrógeno (NO₂) emitido en 2014 fue de 354.007 Toneladas (Figura 7), y el total de emisiones de Dióxido de Azufre (SO₂) en el 2014 fue de 176.096 Toneladas. Los principales procesos que aportan a la emisión de estos contaminantes son el transporte y las industrias de la energía.

Figura 5. Emisiones totales de Monóxido de Carbono CO en toneladas para el año 2014

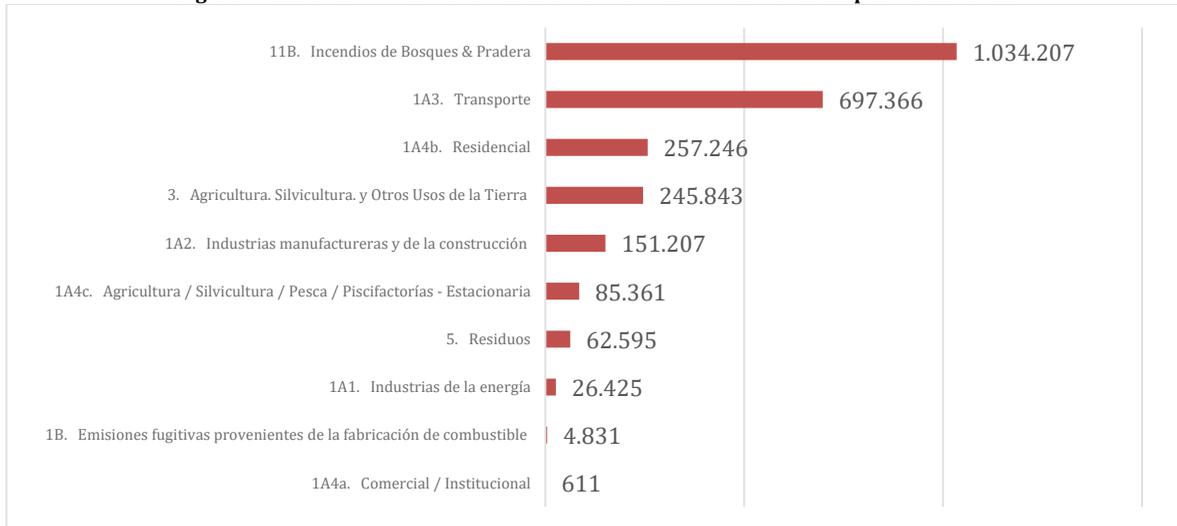
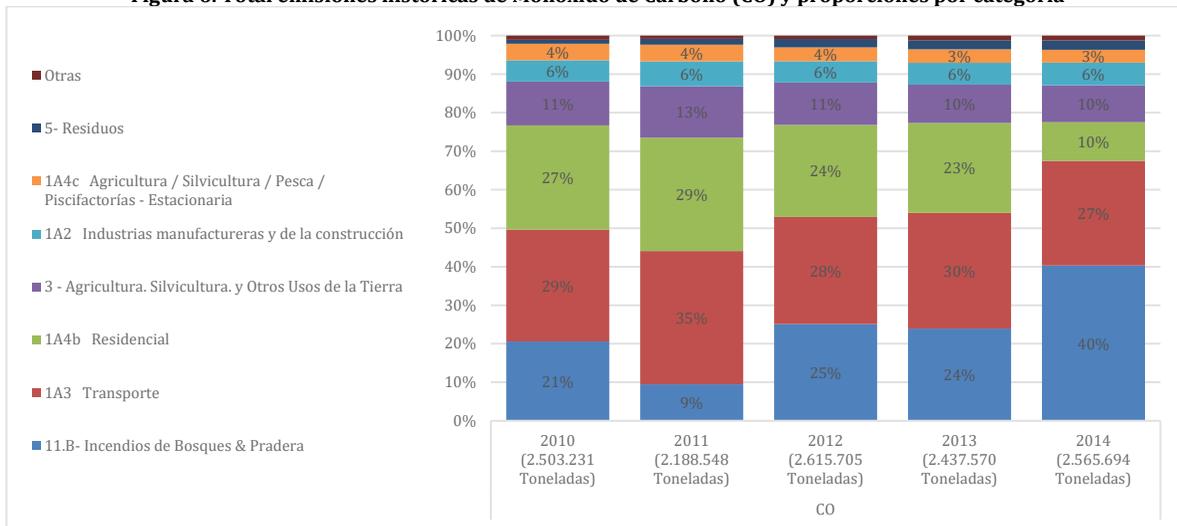


Figura 7. Emisiones totales de NO₂ en toneladas para el año 2014

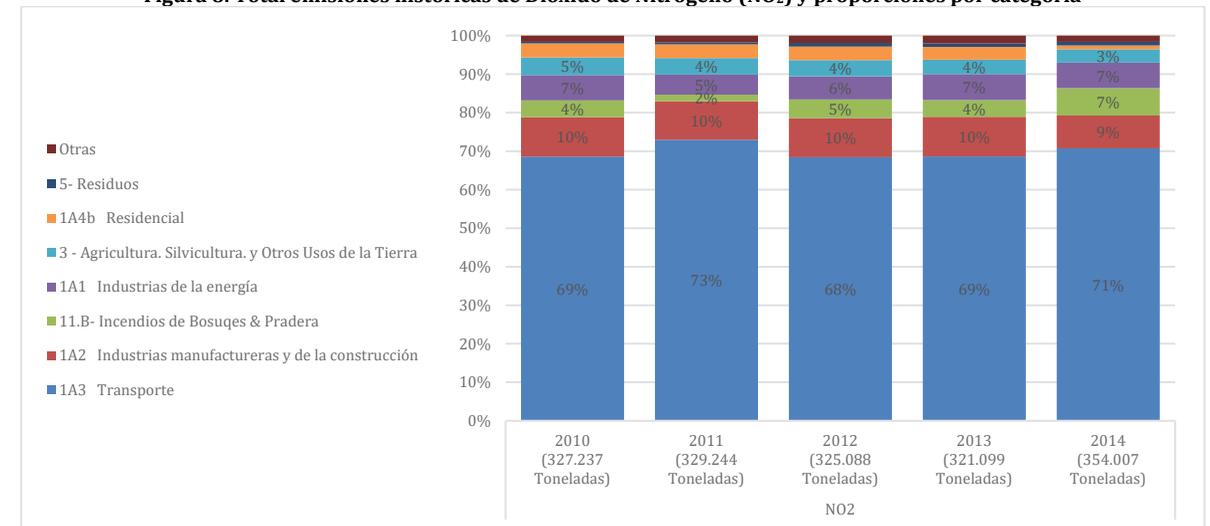


Figura 6. Total emisiones históricas de Monóxido de Carbono (CO) y proporciones por categoría



Para CO la categoría "Otras" contempla los siguientes sectores: 1A1 Industrias de la energía
 1.B Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustible; 1A4a Comercial / Institucional

Figura 8. Total emisiones históricas de Dióxido de Nitrógeno (NO₂) y proporciones por categoría



Para NO₂ la categoría "Otras" contempla los siguientes sectores: 1A4c Agricultura / Silvicultura / Pesca / Piscifactorías - Estacionaria
 1A4a Comercial / Institucional; 1.B Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustible

Figura 9. Emisiones totales de SO₂ en toneladas para el año 2014

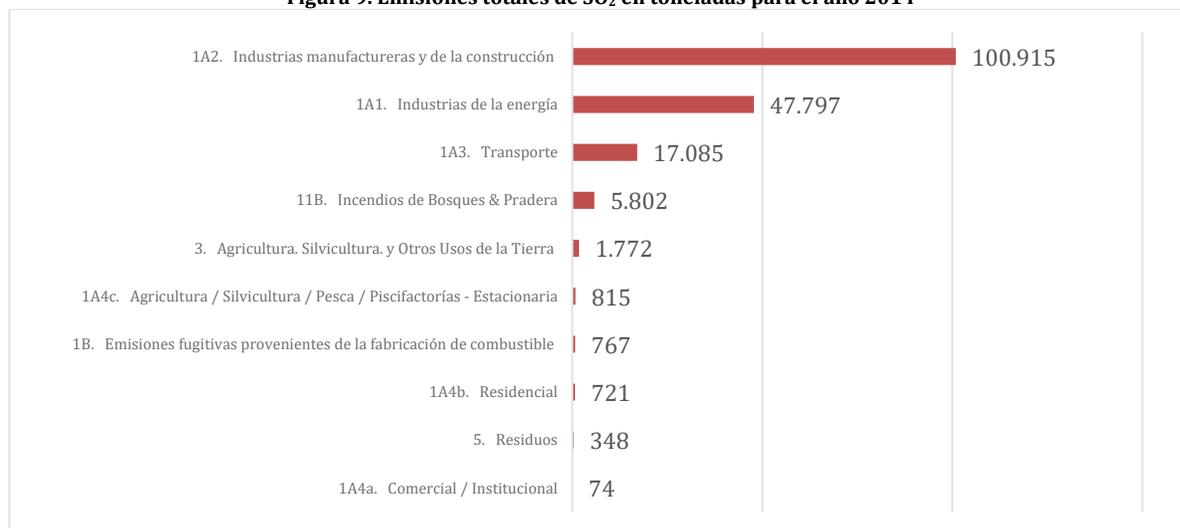
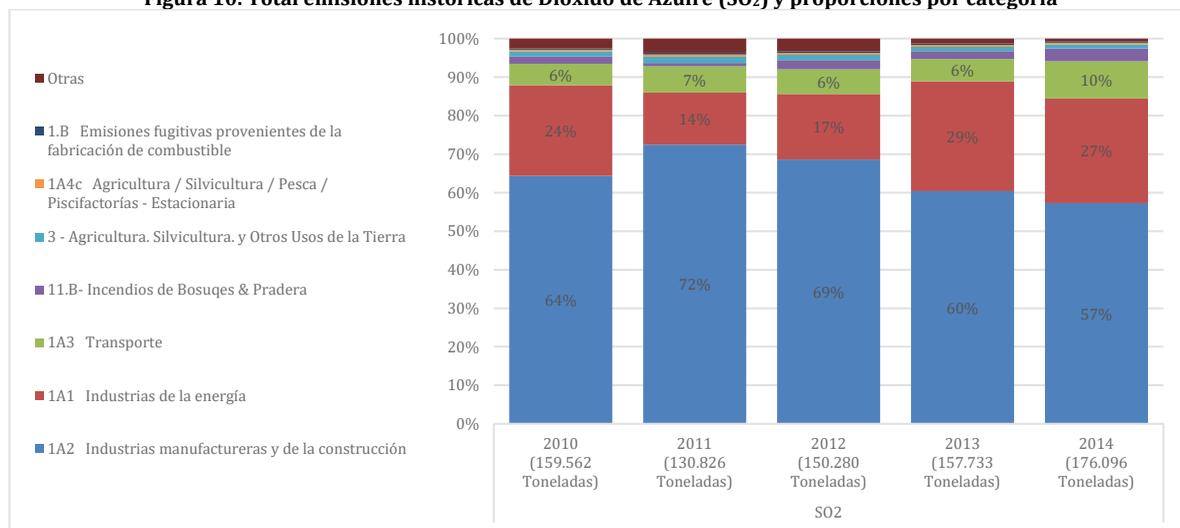


Figura 10. Total emisiones históricas de Dióxido de Azufre (SO₂) y proporciones por categoría



Para SO₂ la categoría "Otras" contempla los siguientes sectores: 1A4b Residencial; 5- Residuos 1A4a Comercial / Institucional

2.3. ¿Qué sucede cuando emitimos contaminantes a la atmósfera?

Alteramos los Ciclos Biogeoquímicos.

Cuando nos hablan de ciclos biogeoquímicos inmediatamente reconocemos que involucran organismos vivos y que se refiere al movimiento de elementos (Nitrógeno, Oxígeno, Hidrógeno, Calcio, Sodio, Azufre, Fósforo, Potasio, Carbono y otros elementos) entre los componentes; tierra, atmósfera, biósfera, litósfera e hidrósfera. Los ciclos biogeoquímicos, son ciclos milenarios, que permanecieron inalterados por un largo periodo de tiempo y constantemente tienen lugar a diferentes velocidades y escalas, en los factores bióticos y abióticos. Estos ciclos son esenciales para la vida humana y de otras especies, sin embargo, pueden ser alterados por la actividad humana (Daily, 1997).

Algunos ejemplos de alteraciones son:

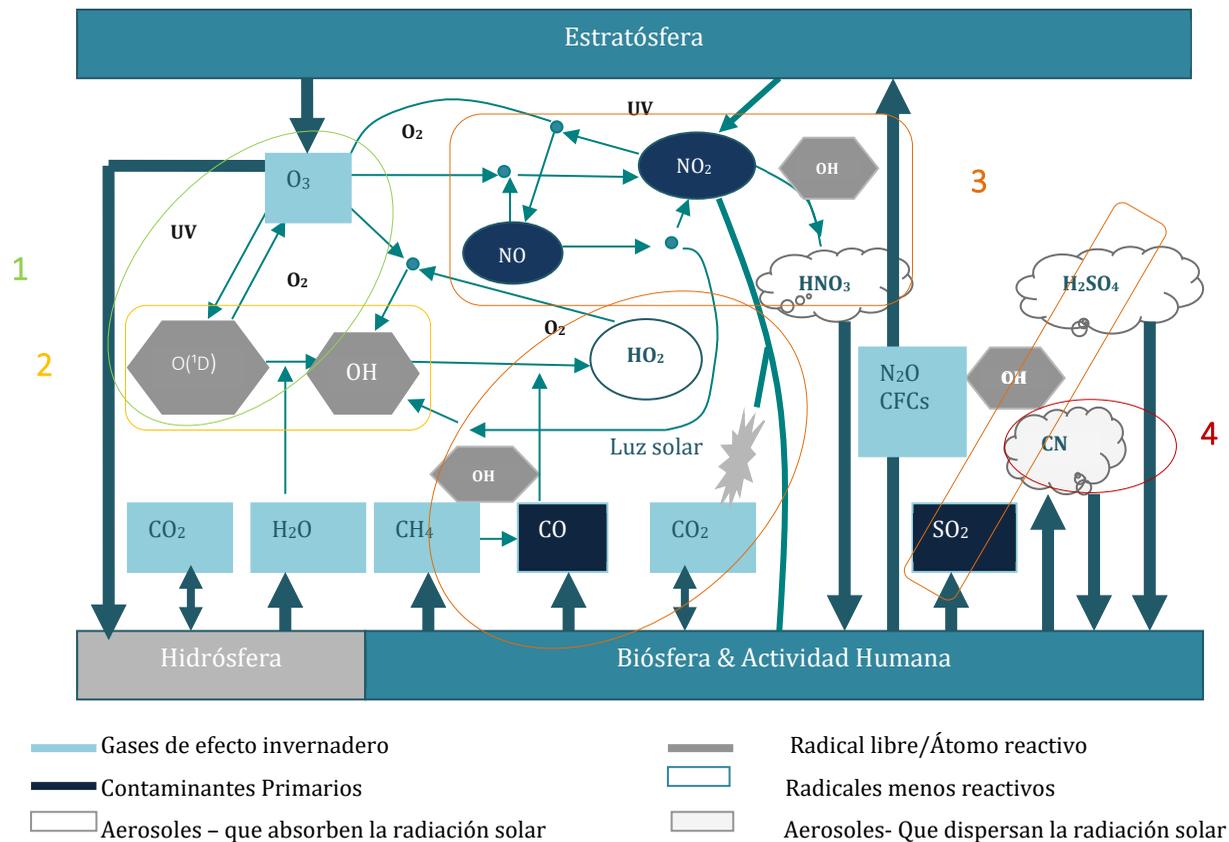
- ❖ La homogenización de ecosistemas, como es el caso de los monocultivos (Alsterberg, Roger, Sundbäck, Juhanson, Hulth, Hallin, & Gamfeldt, 2017).
- ❖ Las emisiones de gases y material particulado que se originan por las actividades de la economía nacional, que fluyen a la atmósfera para formar parte del ambiente natural, donde llegan a influenciar los ciclos ecológicos.

La habilidad de la atmósfera baja- Tropósfera, de remover contaminantes depende de la química compleja que es activada por la presencia de luz ultravioleta proveniente del sol, que logra atravesar la capa de Ozono (O₃) de la Estratósfera. Estas reacciones químicas determinan los ciclos de vida tanto de agentes forzadores climáticos - como los gases de efecto invernadero (Vapor de agua (H₂O), Metano (CH₄), Ozono (O₃)) - y los contaminantes criterio [Monóxido de Carbono (CO), Óxido de Nitrógeno (NO), Dióxido de Nitrógeno (NO₂)].

También involucran aerosoles que tienen influencia en el clima (Ácido Sulfúrico (H₂SO₄), Ácido Nítrico (HNO₃), Carbono Negro (CN)), e influyen en la productividad de los ecosistemas por exposición al Ozono (O₃) y la lluvia ácida (aerosoles de Ácido Sulfúrico (H₂SO₄) y Ácido Nítrico (HNO₃)). Finalmente, afecta la salud humana a través de la inhalación ((Prinn, Reilly, Sarofim, Wang, & Felzer, 2007). A continuación, se presenta un esquema simplificado de las reacciones que tienen lugar en la parte baja de la atmósfera.

Química atmosférica en la tropósfera
La importancia del Radical Hidroxilo (OH)

Figura 11. Resumen de las reacciones químicas que tienen lugar en la tropósfera (Prinn, Reilly, Sarofim, Wang, & Felzer, 2007)



Química atmosférica en la tropósfera
La importancia del Radical Hidroxilo (OH)

1. La fotólisis de las moléculas de Ozono (O₃), en la Tropósfera, es habilitada por una pequeña cantidad de luz ultravioleta (hν) que pasa a través de la capa de Ozono (O₃) presente en la Estratósfera. El producto de la fotólisis de la molécula de Ozono, es una molécula de Oxígeno con una configuración específica de sus electrones de valencia. → 1s²2s² 2p⁴. Este átomo O(¹D), aunque más reactivo que el Ozono, no contribuye significativamente en las reacciones de oxidación de los gases traza ya que se recombina con las moléculas de Oxígeno, permaneciendo en concentraciones bajas.

2. Sin embargo, una fracción de este átomo O(¹D), reacciona con las moléculas de vapor de agua para formar → O(¹D) + H₂O → OH +OH.

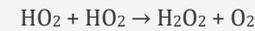
3. El Radical Hidroxilo (OH), oxida las moléculas de: i) Monóxido de Carbono (CO) para formar (CO₂), ii) Dióxido de Nitrógeno (NO₂) para formar Ácido Nítrico (HNO₃), iii) Dióxido de Azufre (SO₂) para formar Ácido Sulfúrico (H₂SO₄). El Radical Hidroxilo (OH) reacciona también con el Metano (CH₄) para formar (CO).

Durante las reacciones de oxidación de las moléculas de Monóxido de Carbono (CO) y Metano (CH₄), se forman compuestos intermedios que al reaccionar generan Peróxidos (sustancias que presentan un enlace Oxígeno-Oxígeno):

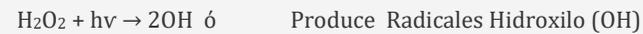


El Radical Metilo (CH₃ ·) y el Ion Hidrogeno (H⁺) se unen a las moléculas de Oxígeno (O₂), para formar Dióxido de Hidrogeno (HO₂) y el Peróxido de Metilo (CH₃O₂). Estos radicales son poco reactivos y pueden mantener la concentración del Radical Hidroxilo muy baja.

Dos moléculas de Dióxido de Hidrógeno (HO₂) pueden reaccionar para producir Peróxido de Hidrógeno (H₂O₂).

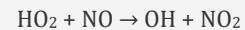


El Peróxido de Hidrogeno (H₂O₂) es altamente soluble en agua y es removido de la atmósfera por la lluvia, en una escala de tiempo de una semana. También puede reaccionar por fotólisis con el radical hidroxilo.



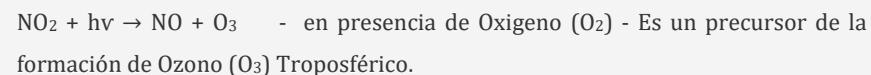
El Radical Hidroxilo (OH) tiene una vida en la atmósfera de segundos, sin embargo, en este corto tiempo tiene la capacidad de controlar el tiempo de vida de otras moléculas - contaminantes. Existen varios compuestos/agentes capaces de oxidar otras moléculas y así se convierten en determinantes de los tiempos de vida en la atmósfera de esas moléculas, esos agentes, son agentes oxidantes, como por ejemplo el Ozono (O₃).

En presencia del Monóxido de Nitrógeno (NO), compuesto que tiene origen en fuentes naturales y antropogénicas, el Dióxido de Hidrógeno (HO₂), puede producir:



Esta reacción favorece la generación del Radical Hidroxilo (OH), sin embargo, produce Dióxido de Nitrógeno (NO₂).

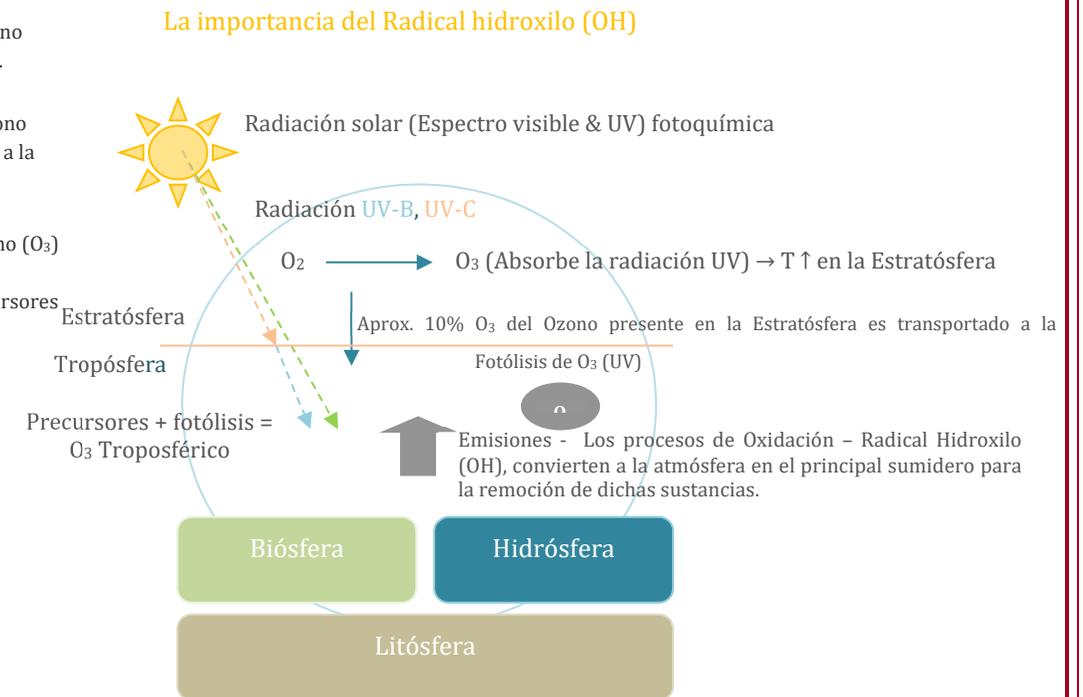
El Dióxido de Nitrógeno (NO₂) por fotólisis produce:



Finalmente, la molécula de Ozono (O₃) produce por fotólisis más Radicales Hidroxilo (OH).

Figura 12. Representación simplificada de la formación del Radical Hidroxilo (OH) y su función en la atmósfera.

1. Formación del Ozono (O₃) Estratosférico.
2. Transporte del Ozono (O₃) Estratosférico a la Tropósfera.
3. Formación de Ozono (O₃) Troposférico, en presencia de precursores



La atmósfera es el principal componente con la capacidad de remover las emisiones de algunos contaminantes comunes, generados por procesos naturales y las actividades antropogénicas; como el Monóxido de Carbono (CO), los Óxidos de Nitrógeno (NO_x), Compuestos Orgánicos Volátiles (VOCs), Metano (CH₄) y los aerosoles de Sulfato, a través de reacciones fotoquímicas en las que participa el Radical Hidroxilo (OH), convirtiéndolo en un determinante de los ciclos de vida de estos compuestos. El Radical Hidroxilo (OH), es el agente químico oxidante principal en la atmósfera.

Anualmente el radical Hidroxilo (OH) remueve 3.7 giga toneladas (1 giga tonelada = 10¹⁵ gm) de gases traza reactivos. Esta cantidad es similar al carbón removido anualmente de la atmósfera por ambos, la tierra y los océanos (Prinn, Reilly, Sarofim, Wang & Felzer, 2007).

Sin embargo, los cambios drásticos en las concentraciones de estas sustancias pueden alterar de forma irreparable el balance necesario, reduciendo la capacidad del Radical Hidroxilo (OH) para cumplir dicha función.

El Ozono (O₃) Estratosférico que pasa a la Tropósfera forman el Radical Hidroxilo (OH), sin embargo, esta cantidad no es suficiente para oxidar las emisiones antropogénicas y naturales de Monóxido de Carbono (CO) y Metano (CH₄), entre otras emisiones.

Imaginemos que la única fuente de Ozono (O₃) en la Tropósfera es el Ozono (O₃) que proviene de la Estratósfera y no existe formación de Ozono (O₃) en la Tropósfera.

En ausencia de otras fuentes de generación del Radical Hidroxilo (OH), los gases traza como el Monóxido de Carbono (CO) y Metano (CH₄), e incluso los Hidroclorofluorocarburos (HCFCs) y otros gases se acumularían en la tropósfera.

Interacciones de la contaminación atmosférica

Las principales categorías de interacciones, generadas por la contaminación atmosférica se reflejan en la Figura 12:

- ❖ Cambio en la composición atmosférica
- ❖ Interacción Atmósfera - Biósfera
- ❖ Interacción Atmósfera- Criósfera
- ❖ Aerosoles- Interacción en la formación de las nubes
- ❖ Aerosoles- Efecto Radiativo

Plan Nacional de Desarrollo
2018 - 2022

Pacto por
Colombia
pacto por
la equidad

PLAN NACIONAL DE DESARROLLO Y CALIDAD DEL AIRE

El Pacto por la Sostenibilidad “Producir conservando y conservar produciendo” contempla los siguientes objetivos y acciones para mejorar la calidad del aire de los colombianos.

Objetivo 1: Actividades productivas comprometidas con la sostenibilidad y la mitigación del cambio climático.

- ❖ Aumentar el ingreso de vehículos limpios
- ❖ Formular el programa de reemplazo de la flota oficial a vehículos eléctricos e híbridos.
- ❖ Implementación de la etiqueta vehicular.
- ❖ Reconversión tecnológica para una industria sostenible y baja en carbono

Objetivo 2: Mejoramiento de la calidad del aire, del agua y del suelo

- ❖ Desintegración y renovación del parque automotor.
- ❖ Incorporación de vehículos de cero y bajas emisiones.
- ❖ Actualización de los estándares de emisión de fuentes móviles.
- ❖ Mejoramiento de la calidad de los combustibles.
- ❖ Fortalecimiento de los Centros de Diagnóstico Automotor (CDA).
- ❖ Reducción de la evasión de la revisión técnico-mecánica y de gases.

Objetivo 3: Acelerar la economía circular como base para la reducción, reutilización y reciclaje de residuos

- ❖ Fomento a la economía circular en procesos productivos.

Objetivo 4: Desarrollar nuevos instrumentos financieros, económicos y de mercado

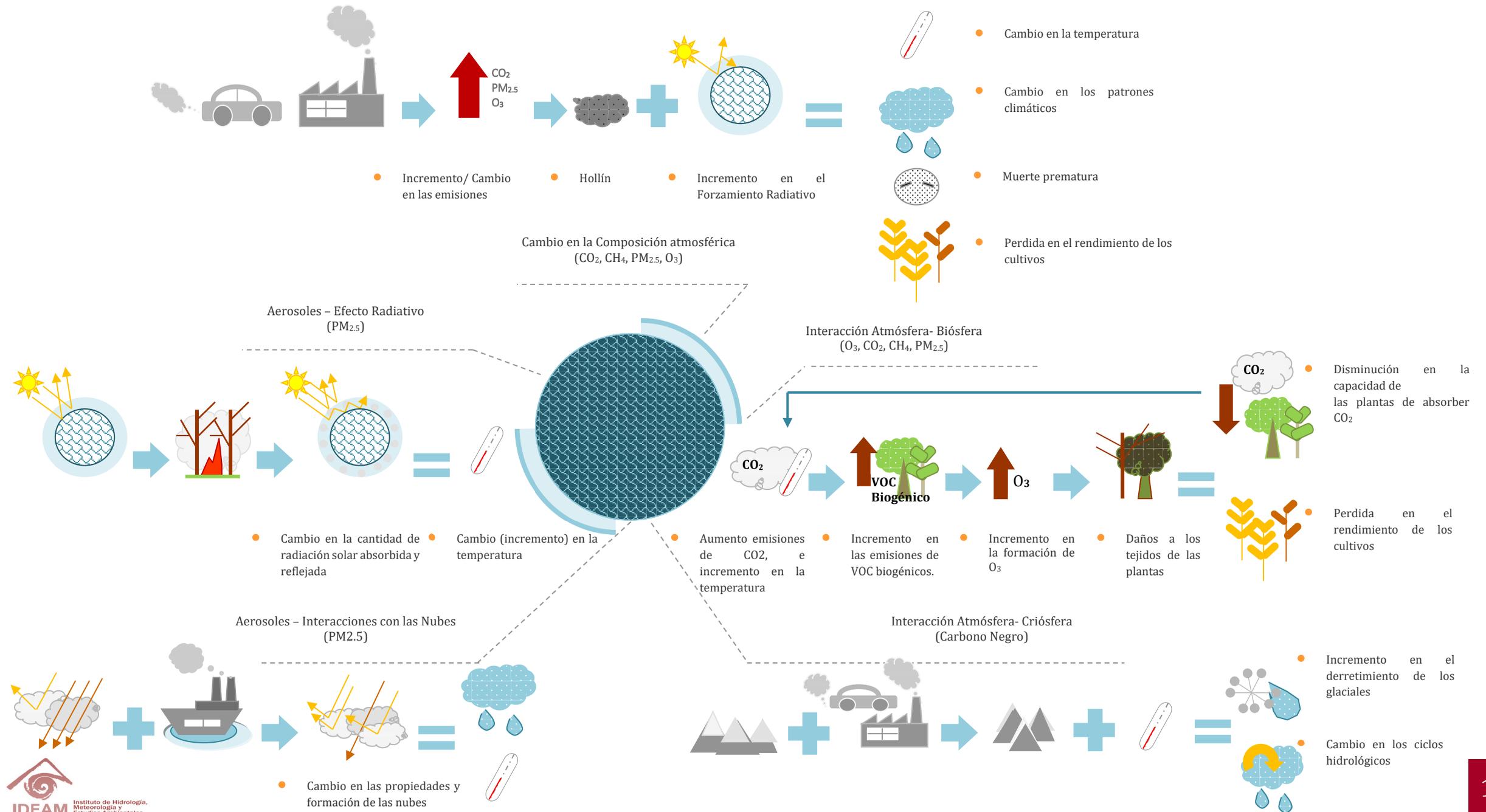
- ❖ Instrumentos financieros para incentivar el sector productivo.

Meta 2022



**Pasar de 22 % a 35 % de
las estaciones que
cumplen el Objetivo 3
OMS – PM10**

Figura 13. Esquema de la interacción de los contaminantes atmosféricos y sus efectos



2.4. Normatividad Aplicable

Los niveles máximos permisibles para los contaminantes criterio a nivel nacional fueron adoptados por la Resolución 2254 de 2017 (Tabla 1). Esta norma atiende a las recomendaciones realizadas por la Organización Mundial de la Salud – OMS, la cual, a partir de la evidencia epidemiológica existente, estableció un valor guía y diferentes niveles objetivo a partir de los cuales se incrementa o disminuye la morbilidad y mortalidad asociada a enfermedades respiratorias y cardiovasculares que se ven exacerbadas por concentraciones altas de contaminantes atmosféricos.

La adopción del nivel guía o de los niveles objetivo, depende de la capacidad social, económica, política e institucional de cada país, los cuales dependiendo su nivel de desarrollo deberán implementar medidas para avanzar en relación con la gestión de la calidad del aire.

Tabla 1. Normatividad de calidad del aire en Colombia versus Recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud.

Contaminante	Res. 2254 de 2017 (a partir de 2018)	Res. 2254 a 2030 (a partir de 2030)	OMS Objetivo Intermedio - 2	OMS Objetivo Intermedio - 3	Valor Guía OMS
Valores anuales – Exposición prolongada					
PM ₁₀	50	30	50	30	20
PM _{2.5}	25	15	25	15	10
NO ₂	60	40	-	-	40
Valores diarios – Exposición de corta duración – 24 horas					
PM ₁₀	75	75	100	75	50
PM _{2.5}	37	37	50	37,5	25
SO ₂	50	20	-	-	-
Valores octohorarios – Exposición de corta duración – 8 horas					
O ₃	100	-	-	-	100
CO	5000	-	-	-	-

2.5. Índice de Calidad del Aire – ICA

La evaluación de los potenciales efectos de las concentraciones de los contaminantes atmosféricos en la salud de la población se realiza a través del cálculo del Índice de Calidad del Aire (ICA), el cual corresponde a un valor adimensional, entre 0 y 500, que le asigna a determinada concentración, un color y una categoría, que de menor a mayor representa los potenciales efectos asociados en la salud.

El Índice de Calidad del Aire el ICA, se calcula para los seis contaminantes criterio contemplados en la normativa nacional (O₃, PM₁₀, PM_{2.5}, CO, SO₂ y NO₂) en tiempos de exposición que oscilan entre 1 hora y 24 horas de acuerdo con los puntos de corte establecidos en la Resolución 2254 de 2017, los cuales se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Puntos de corte del Índice de Calidad del Aire ICA en Colombia.

ICA	COLOR	CLASIFICACIÓN	O ₃ 8h µg/m ³	O ₃ (1) 1h µg/m ³	PM ₁₀ 24h µg/m ³	PM _{2.5} 24h µg/m ³	CO 8h µg/m ³	SO ₂ 1h µg/m ³	NO ₂ 1h µg/m ³
0 - 50	Verde	Buena	0 - 106	-	0 - 54	0-12	0-5094	0-93	0-100
51 - 100	Amarillo	Aceptable	107-138	-	55 - 154	13-37	5095-10819	94-197	101-189
101 - 150	Naranja	Dañina a la salud para grupos sensibles	139-167	245-323	155 - 254	38-55	10820-14254	194-486	190-677
151 - 200	Rojo	Dañina a la salud	168 - 207	324-407	255 - 354	56-150	14255-17688	487-797	678-1221
201 - 300	Púrpura	Muy dañina a la salud	208-393	402-794	355 - 424	151-250	17689-34862	798-1583	1222-2349
301 - 500	Marrón	Peligrosa	394(2)	795-1185	425 - 604	251-500	34863-57703	1584-2629	2350-3853

(1) En general, se requiere que en todas las zonas de monitoreo se reporte el ICA de ozono de 8 horas. Sin embargo, hay un pequeño número de áreas donde un ICA basado en valores de ozono de 1 hora sería más precautorio (estaciones ubicadas en zonas de alto tráfico vehicular en épocas de intensa radiación solar). En estos casos, además de calcular el valor del índice de ozono de 8 horas, se debe calcular ICA de ozono de 1 hora y reportar el más alto de los dos.

(2) EL ICA de ozono de 8 horas no será calculado para concentraciones superiores a 394 µg/m³. Para Valores superiores se realiza únicamente el cálculo de ICA de ozono para 1 hora.

3. METODOLOGÍA

Para evaluar las problemáticas de calidad del aire en su jurisdicción y medir la efectividad de las medidas de prevención, control y mitigación implementadas, las Corporaciones Autónomas Regionales y las Autoridades Ambientales de los Grandes Centros Urbanos realizan periódicamente la evaluación del recurso. Para ello, se basan en los lineamientos contemplados en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de Calidad del Aire, el cual define las metodologías para realizar el diagnóstico, diseño, instalación, operación y mantenimiento de los equipos a través de los cuales se evalúan los diferentes contaminantes atmosféricos.

Por otra parte, y tras realizar los procesos de **recolección, custodia, validación, análisis, transmisión y divulgación** de los datos de sus Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire, las diferentes Corporaciones Autónomas Regionales y las Autoridades Ambientales de los Grandes Centros Urbanos, tienen la obligatoriedad de reportar toda la información generada (datos meteorológicos, de contaminantes y de ruido ambiental) al Subsistema de Información sobre Calidad del Aire - SISAIRE, el cual es la fuente principal de información para el diseño, evaluación y ajuste de las políticas y estrategias nacionales y regionales en prevención y control de la contaminación del aire.

SUBSISTEMA DE INFORMACIÓN SOBRE CALIDAD DEL AIRE - SISAIRE

El SISAIRE es la principal fuente de información para el diseño, evaluación y ajuste de las políticas y estrategias nacionales y regionales de prevención y control de la calidad del aire.

El SISAIRE es un sistema bajo ambiente Web, para la captura, almacenamiento, transferencia procesamiento y consulta de información, que permite la generación de información unificada de las redes de calidad del aire del país, y cuya administración está a cargo del IDEAM.

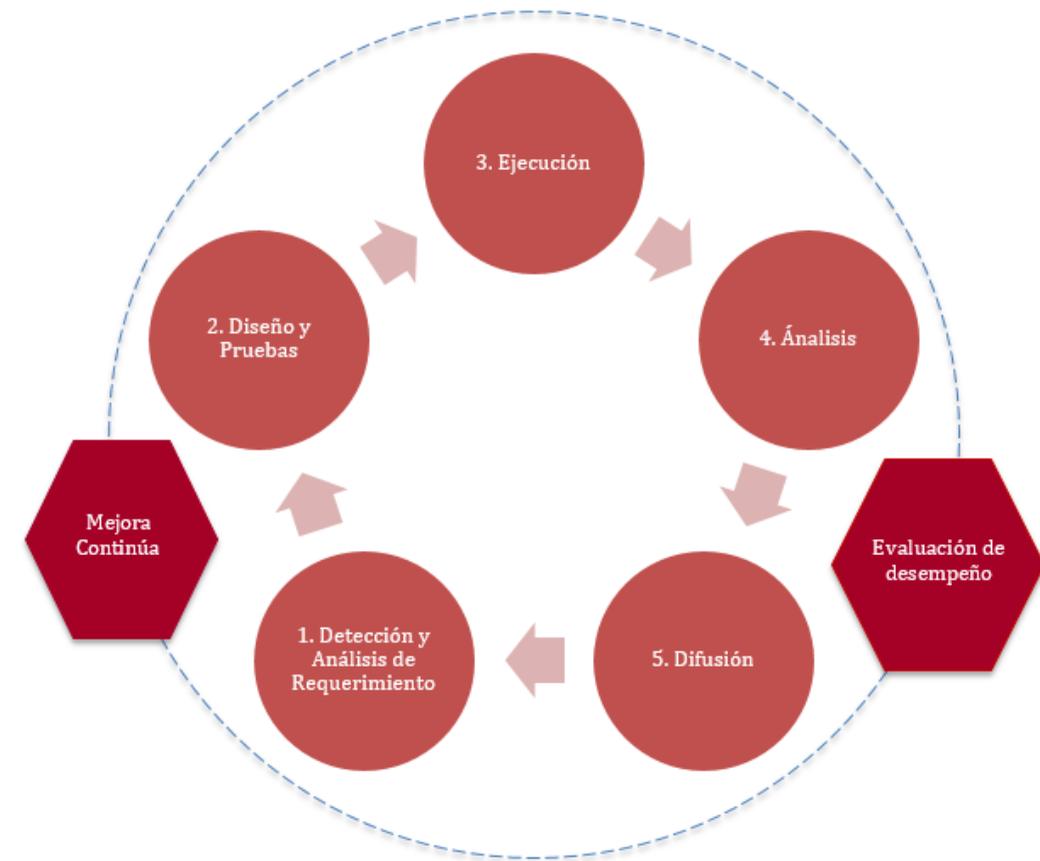
Este sistema de información permite:

- ❖ Recolectar información actualizada y veraz sobre calidad del aire de manera inmediata, la cual es generada por los distintos Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire que hacen parte de las autoridades ambientales, de tal forma que se garantice la disponibilidad y la calidad de la información ambiental que se requiera por parte los tomadores de decisiones, para el logro del desarrollo sostenible del país.
- ❖ Mantener dicha información al alcance de los ciudadanos y de las instituciones encargadas de la investigación en el tema ambiental.



Consulte más información en www.sisaire.gov.co

Figura 14. Metodología de elaboración del Informe del Estado de la Calidad del Aire en Colombia

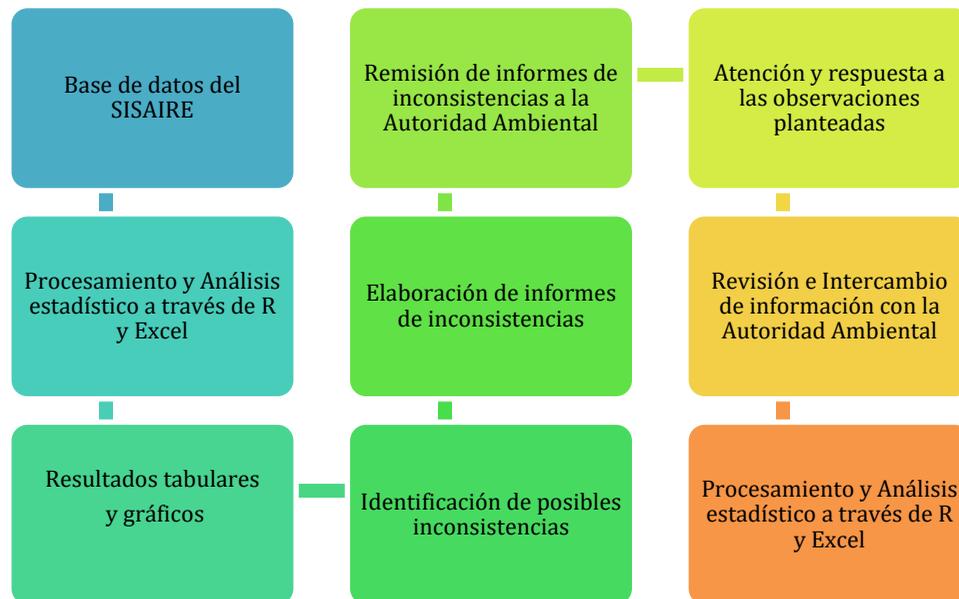


Mensualmente, el IDEAM realiza el seguimiento a la información reportada al Subsistema de Información sobre Calidad del Aire – SISAIRE, por parte de las Autoridades Ambientales, con el fin de garantizar la oportunidad de los datos entregados a la ciudadanía en general, y anualmente, a través de la operación “Estadísticas para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire”, realiza la verificación estadística, espacial y temporal de la información reportada, por variable y por estación de monitoreo, con el fin de detectar y corregir, en un proceso constructivo e iterativo con las Autoridades Ambientales, posibles inconsistencias de los datos reportados; de este modo, se garantiza la **consistencia, coherencia, confiabilidad y validez** de la información entregada y presentada en el presente informe.

La operación estadística cuenta con 5 fases a saber: Detección y análisis de Requerimientos, Diseño y Pruebas, Ejecución, Análisis y Difusión (Figura 14). La primera fase involucra una identificación de los usuarios de la información con el fin de reconocer necesidades no atendidas mediante un análisis de los hallazgos, lo que permite establecer los objetivos y construir un plan de trabajo para dar atención a dichos requerimientos.

Posteriormente la fase de diseño y pruebas permite definir, probar y documentar los instrumentos para la ejecución, análisis y difusión. Es este punto, el Instituto ha desarrollado un proceso de estandarización y semiautomatización de la operación estadística, desde la sistematización de la captura de información a través del Subsistema de Información sobre Calidad del Aire – SISAIRE, hasta el desarrollo y uso del lenguaje de programación estadística R para realizar los análisis y generar las salidas de información.

Figura 15. Flujo de información de las fases de ejecución y análisis de la Operación Estadística.



Una vez diseñados los mecanismos, se realiza la fase ejecución, en la cual se realiza la recolección de la información en el Subsistema de Información sobre Calidad del Aire – SISAIRE, de acuerdo a la periodicidad establecida en la Resolución 651 de 2010, y se procede al procesamiento de la información. En este paso, se realizan los diferentes análisis operativos (cantidad de estaciones y equipos de monitoreo existentes, variables evaluadas y cobertura espacial), funcionales (tecnología empleada y representatividad temporal), estadísticos

(cumplimiento normativo, tendencias anuales e interanuales, excedencias, índice de calidad del aire e indicador de seguimiento de la Política de Prevención y Control de la Contaminación del Aire) y meteorológicos (cruces entre las concentraciones reportadas por contaminantes con las variables meteorológicas reportadas).

A partir de las salidas generadas, se ejecuta la fase de análisis, en la cual se examina la consistencia y coherencia de la información procesada. Para ello, se realiza un proceso conjunto con las Corporaciones Autónomas Regionales y las Autoridades Ambientales de los Grandes Centros Urbanos, donde por parte del instituto, se remiten informes de inconsistencias y se realiza por parte de la autoridad ambiental la atención de las observaciones planteadas. Este proceso de comunicación permanente permite incluir visiones desde el punto de vista del territorio, y obtener una base de datos consolidada con la cual se proceden a generar las salidas de información definitivas (Figura 16. Salidas de información generadas).

Figura 16. Salidas de información generadas en la operación estadística.



Por último, se procede con la última fase del proceso estadístico, que corresponde a la difusión, donde se pone a disposición de los usuarios los resultados de la operación estadística, los cuales se presentan en el presente informe, y quedan disponibles para consulta del público en los portales web del instituto (www.ideam.gov.co) y del SISAIRE (www.sisaire.gov.co). ■

4. ESTADO DE LOS SISTEMAS DE VIGILANCIA

Según lo contemplado en el literal d) del artículo 2.2.5.1.6.2. del Decreto 1076 de 2015, las Autoridades Ambientales competentes dentro de la órbita de su competencia y en el territorio de su jurisdicción, deben realizar la observación y seguimiento constante, medición, evaluación y control de los fenómenos de contaminación del aire y definir los programas regionales de prevención y control.

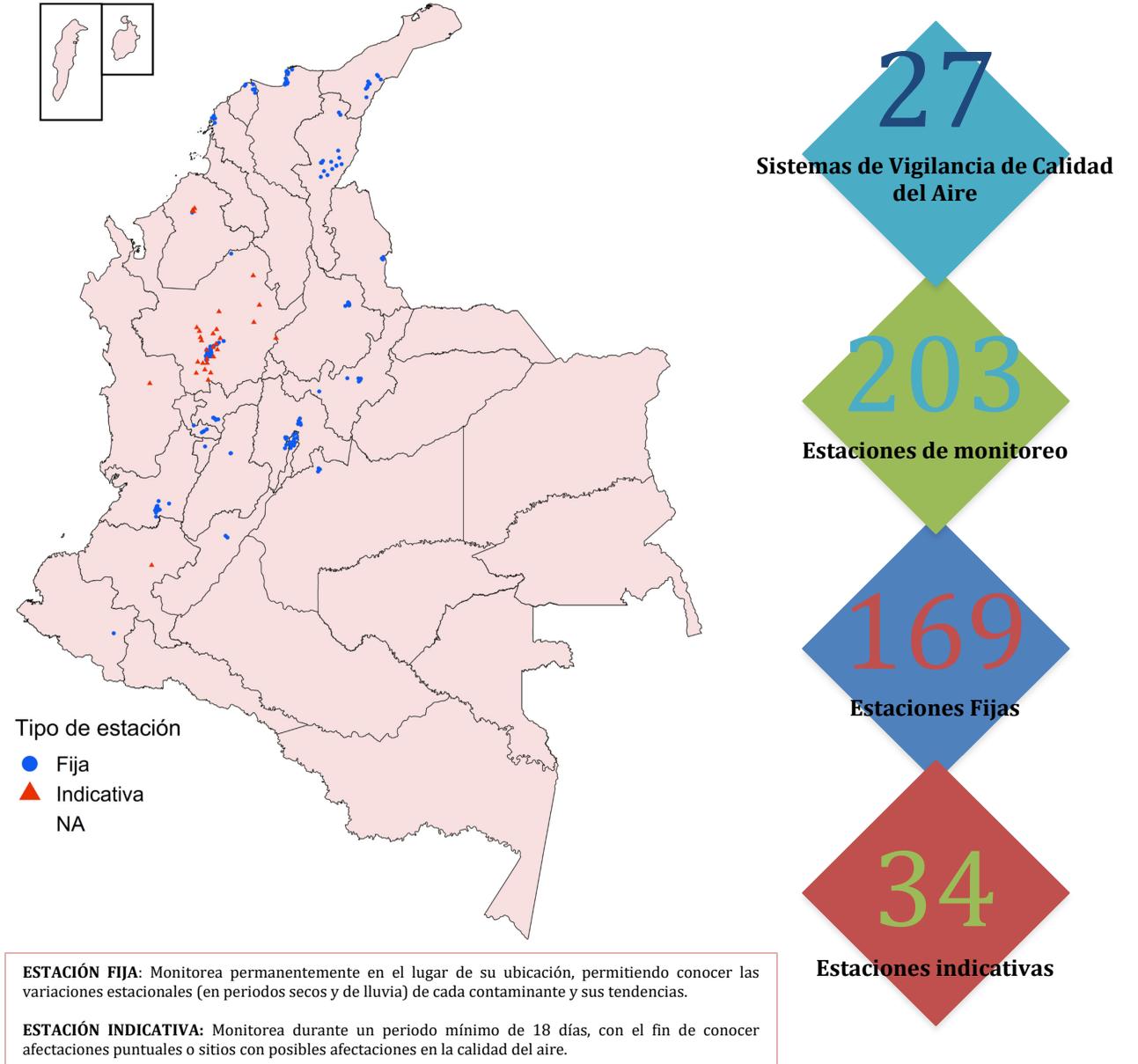
Por tal motivo, y a partir de los lineamientos contemplados en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire¹, se han venido implementando y operando diversas estaciones de monitoreo agrupadas en Sistemas de Vigilancia de Calidad del Aire.

La información capturada, procesada y validada por las Corporaciones Autónomas Regionales y las Autoridades Ambientales de los Grandes Centros Urbanos es reportada en el Subsistema de Información sobre Calidad del Aire – SISAIRE (www.sisaire.gov.co).

Con base en esta información, durante el año 2018, operaron a nivel nacional 27 sistemas de Vigilancia de Calidad del Aire, conformados por 203 estaciones de monitoreo de las cuales 169 fueron fijas y 34 indicativas. Lo anterior representa un incremento de 3 estaciones fijas y una reducción de 4 indicativas, con respecto a los reportes realizados en el año 2017.

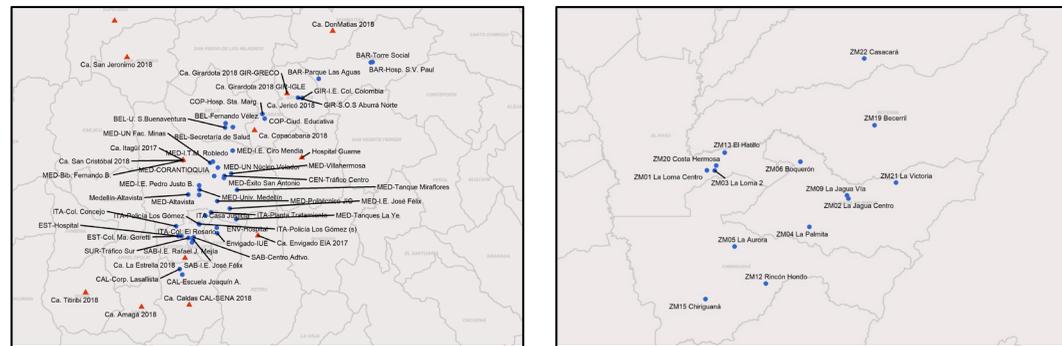
En comparación con el año inmediatamente anterior, el número de estaciones de monitoreo disminuyó de 204 a 203. Por su parte, el número de Sistemas de Vigilancia de Calidad del Aire aumentó, gracias a la incorporación de las mediciones realizadas en las jurisdicciones del Área Metropolitana de Bucaramanga – AMB y de la Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental – CORPONOR. Sin embargo, durante el mismo periodo, no se realizaron mediciones por parte del Sistema de Vigilancia Indicativo operado por CORPORINOQUIA.

Figura 17. Número de SVCA y desagregación por tipo de estación 2018



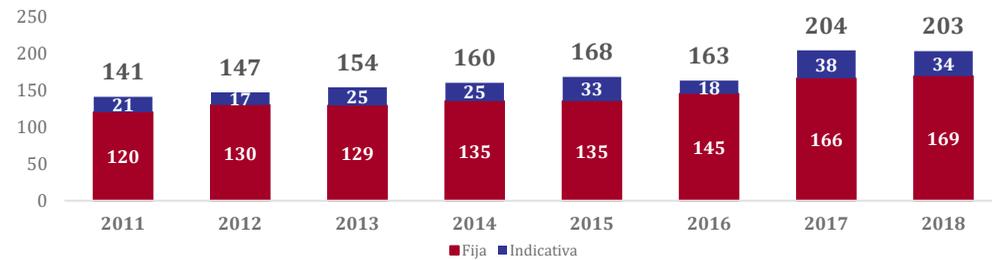
¹ Adoptado por la Resolución 650 de 2010, y modificado por la Resolución 22154 de 2010.

Figura 18. Sistemas de Vigilancia y Estaciones de Calidad del Aire existentes en Colombia y su evolución temporal

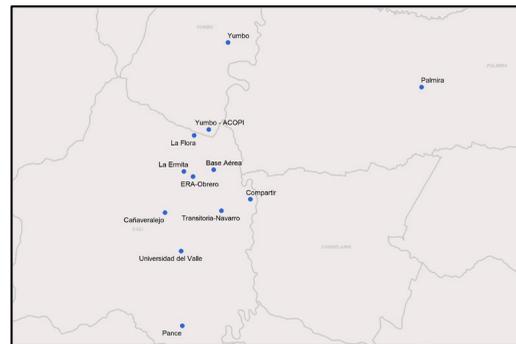


Estaciones de monitoreo localizadas en el Valle de Aburrá y alrededores

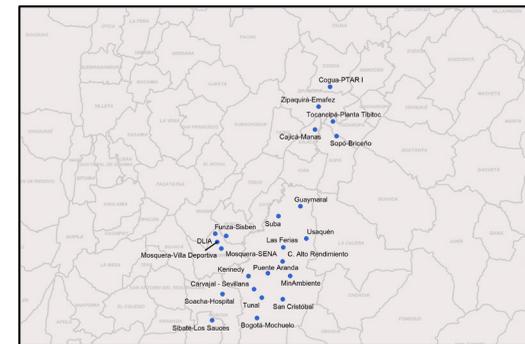
Estaciones de monitoreo localizadas en la Zona Minera del Cesar y Valledupar



Número de estaciones por año



Estaciones de monitoreo localizadas en Santiago de Cali y alrededores

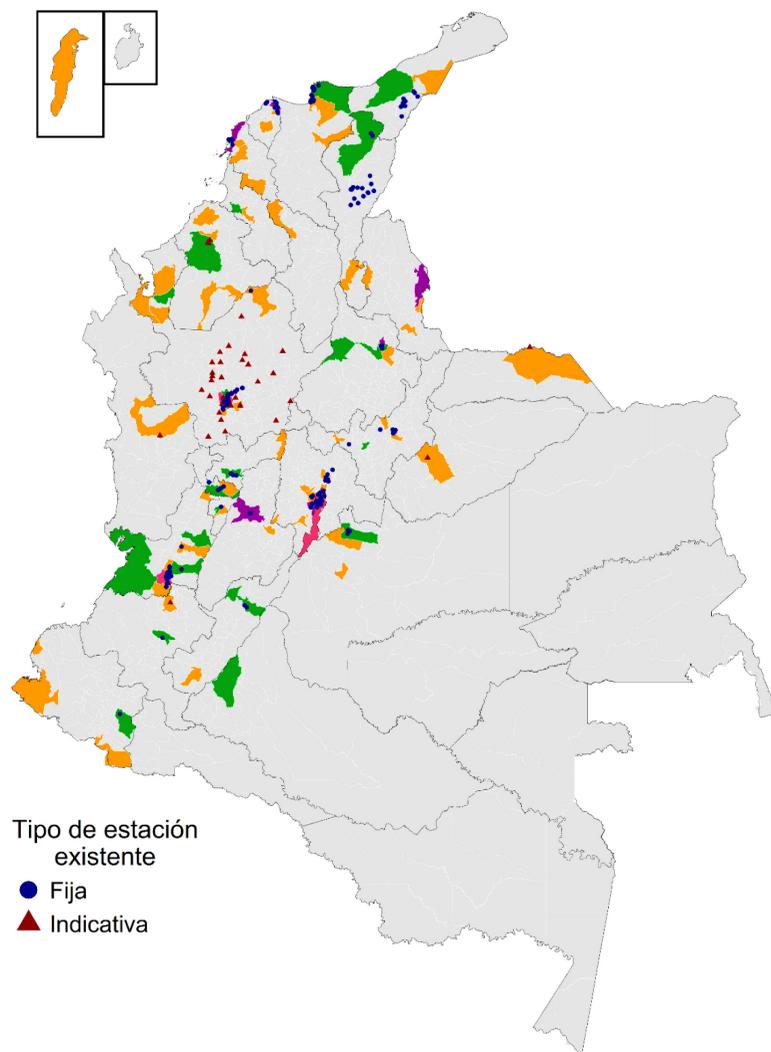


Estaciones de monitoreo localizadas en Bogotá D.C. y alrededores.

Tabla 3. Estaciones de monitoreo de calidad del aire por Autoridad Ambiental - 2018.

Autoridad Ambiental	Número de Estaciones	Estaciones de Monitoreo
AMB	5	F.blanca - Acualago, B.manga - Caldas, Giron, B.manga - Normal, B.manga - Pilar Barbosa - Hosp. S.V. Paul, Barbosa - Parque Las Aguas, Barbosa - Torre Social, Bello - Fernando Vélez, Bello - Secretaría de Salud, Bello - U. S.Buenaventura, Caldas - Corp. Lasallista, Caldas - Escuela Joaquín A, Medellín - Tráfico Centro, Copacab. - Ciud. Educativa, Copacab. - Hosp. Sta. Marg., Envigado - Hospital, Estrella - Col. Ma. Goretti, Estrella - Hospital, Girard. - I.E. Col. Colombia, Girard. - S.O.S Aburrá Norte, Itagüí - Casa Justicia, Itagüí - Col. Concejo, Itagüí - Col. El Rosario, Itagüí - Planta Tratamiento, Itagüí - Policía Los Gómez, Medellín - Altavista, Medellín - Bib. Fernando B., Medellín - CORANTIOQUIA, Medellín - Éxito San Antonio, Medellín - I.E. Ciro Mendía, Medellín - I.E. José Félix, Medellín - I.E. Pedro Justo B., Medellín - I.T.M. Robledo, Medellín - Politécnico JIC, Medellín - Tanque Miraflores, Medellín - Tanques La Ye, Medellín - UN Fac. Minas, Medellín - UN Núcleo Volador, Medellín - Univ. Medellín, Medellín - Villahermosa, Medellín Miraflores, Sabaneta - Centro Advtvo., Sabaneta - I.E. José Félix, Sabaneta - I.E. Rafael J. Mejía, Sabaneta - SUR-Tráfico Sur
AMVA	41	Neiva - CAM Norte, Neiva - CORHUILA
CAM	2	Bogotá-Mochuelo, Cajicá-Manas, Cogua-PTAR I, Mosquera-DLIA, Funza-Sisben, Mosquera-SENA, Mosquera-Villa Deportiva, Ráquira-Colegio, Sibate-Los Sauces, Soacha-Hospital, Sopó-Briceno, Tocancipá-Planta Tibitoc, Zipaquirá-Emafez
CAR	13	Dosquebradas-Balalaika, La Virginia-C. Río Risaralda, Pereira-CARDER, Pereira-Centro Tradicional, Sta. Rosa de Cabal
CARDER	5	B.manga - Cabecera, B.manga - Ciudadela, F.blanca - Florida
CDMB	3	Quibdó - Univ. Tec. del Chocó
CODECHOCÓ	1	Ca. Amagá 2018, Ca. Caldas CAL-SENA 2018, Ca. Don Matías 2018, Ca. El Bagre 2018, Ca. Entrerrios 2018, Ca. Envigado EIA 2017, Ca. Fredonia 2018, Ca. Girardota 2018 GIR-GRECO, Ca. Girardota 2018 GIR-IGLE, Ca. Itagüí 2017, Ca. Jericó 2018, Ca. La Estrella 2018, Ca. La Pintada 2017, Ca. Liborina 2018, Ca. Olaya 2018, Ca. Puerto Berrío 2018_1, Ca. Puerto Berrío 2018_2, Ca. Medellín San Cristóbal 2018, Ca. San Jerónimo 2018, Ca. Segovia 2018, Ca. Sopetran 2018, Ca. Sta. Bárbara 2018, Ca. Sta. Rosa Osos 2018, Ca. Tarso 2018, Ca. Titiribí 2018, Ca. Vegachi 2018, Ca. Yarumal 2018, Ca. Cauca, Envigado-IUE, Medellín-Altavista
CORANTIOQUIA	31	V.cencio - Catumare, V.cencio - Cofrem, V.cencio - La Esmeralda
CORMACARENA	3	Guarne - Hospital
CORNARE	1	S. Marta - Aeropuerto, S. Marta - Alcatraces, Ciénaga, Ciénaga - Cordobita, Ciénaga - Costa verde, S. Marta - Don Jaca, Ciénaga - Jolonura, S. Marta - Marina, S. Marta - Molinos, Ciénaga - Papare, S. Marta - Pescaito, Ciénaga - Playitas, S. Marta - Tayrona, S. Marta - UNIMAG
CORPAMAG	14	Sogamoso - Hospital, Sogamoso - Mov. J. J. Rondón, Nobsa - Nazaret, Nobsa - Bomberos, Paipa, Sogamoso - Parq Rec. Norte, Sogamoso - SENA
CORPOBOYACA	7	Manizales - La Nubia, Manizales - Palogrande, Manizales - Lic. Isab. Católica, Manizales - Licorera, Manizales - Maltería, Manizales - Milán
CORPOCALDAS	6	V.dupar - Seminario, V.dupar - Bomberos, El Paso - ZM01, La Jagua de Ibirico - ZM02, El Paso - ZM03, La Jagua de Ibirico - ZM04, Chiriguaná - ZM05, La Jagua de Ibirico - ZM06, La Jagua de Ibirico - ZM09, Chiriguaná - ZM12, El Paso - ZM13, Chiriguaná - ZM15, Becerrill - ZM19, El Paso - ZM20, La Jagua de Ibirico - ZM21, Agustín Codazzi - ZM22
CORPOCESAR	16	Albania, Barrancas, Fonseca - Conejo, Albania - Cuestecitas, Hatonuevo, Albania - Los Remedios, Barrancas - Pacharocas, Barrancas - Papayal, Barrancas - Provincial
CORPOGUAJIRA	9	Pasto - UNIMAR
CORPONARIÑO	1	Cúcuta - Cínera, Cúcuta - Policía Atalaya, Cúcuta - ECOLBA
CORPONOR	3	Ibagué - CORTOLIMA, Ibagué - Policía Carreteras
CORTOLIMA	2	Malambo-Secret. de Tránsito, Puerto Colombia-Alcaldía, Puerto Colombia-Bomberos, Soledad-EDUMAS, Soledad-Policía Hipódromo
CRA	5	Popayán - Campanario
CRC	1	Armenia - CRQ
CRQ	1	Palmira, Yumbo, Yumbo - ACOPI
CVC	3	Montería - LA GLORIA, Montería - Terminal, Montería - UNISINU, Montería - UPB
CVS	4	Cali - Base Aérea, Cali - Cañavalejo, Cali - Compartir, Cali - ERA-Obrero, Cali - La Ermita, Cali - La Flora, Cali - Pance, Cali - Transitoria-Navarro, Cali - Universidad del Valle
DAGMA	9	Soledad - Policía, B.quilla - Tres Ave Marías
EPA Barranquilla Verde	2	Cartagena - Bocana, Cartagena - EPA Cartagena, Cartagena - Policía, Cartagena - ZF La Candelaria
EPA Cartagena	4	Bogotá - C. Alto Rendimiento, Bogotá - Carvajal - Sevillana, Bogotá - Guaymaral, Bogotá - Kennedy, Bogotá - Las Ferias, Bogotá - MinAmbiente, Bogotá - Puente Aranda, Bogotá - San Cristóbal, Bogotá - Suba, Bogotá - Tunal, Bogotá - Usaquén
SDA	11	

Figura 19. Municipios que no cuentan con SVCA durante 2018 según los criterios del Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire.



Tipo de estación existente

- Fija
- ▲ Indicativa

CRITERIOS DEL PROTOCOLO PARA EL MONITOREO Y SEGUIMIENTO DE LA CALIDAD DEL AIRE

Tamaño Poblacional	Tipo de SVCA a implementar	No. Mínimo de estaciones	Contaminantes por evaluar
Menor o igual a 50.000	Especial	Dependerá de la existencia de problemas específicos	
Entre 50.001 y 150.000	Indicativo	2 (en campaña)	Mínimo PM10
Entre 150.001 y 500.00	Básico	2 (fijas)	Mínimo PM10
Entre 500.001 y 1.500.000	Intermedio	3 (fijas)	Mínimo PM10, PM2.5, Ozono
Mayor a 1.500.000	Avanzado	4 (fijas)	Mínimo PM10, PM2.5, Ozono

Tabla 4. Municipios que deberían contar con un SVCA de acuerdo a la población.

MUNICIPIO	DEPARTAMENTO	POBLACIÓN 2018	TIPO SVCA
APARTADÓ	Antioquia	169.319	BÁSICO
RIONEGRO	Antioquia	82.971	INDICATIVO
CHIGORODÓ	Antioquia	72.166	INDICATIVO
TURBO	Antioquia	69.010	INDICATIVO
SAN ANDRÉS	Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	54.166	INDICATIVO
SABANALARGA	Atlántico	83.803	INDICATIVO
BARANOA	Atlántico	50.093	INDICATIVO
MAGANGUÉ	Bolívar	86.406	INDICATIVO
TURBACO	Bolívar	69.955	INDICATIVO
EL CARMEN DE BOLÍVAR	Bolívar	62.870	INDICATIVO
ARJONA	Bolívar	60.282	INDICATIVO
TUNJA	Boyacá	191.409	BÁSICO
DUITAMA	Boyacá	104.015	INDICATIVO
CHIQUINQUIRÁ	Boyacá	58.623	INDICATIVO
LA DORADA	Caldas	70.006	INDICATIVO
FLORENCIA	Caquetá	160.075	BÁSICO
SANTANDER DE QUILICHAO	Cauca	57.056	INDICATIVO
AGUACHICA	Cesar	83.924	INDICATIVO
MONTELÍBANO	Córdoba	68.772	INDICATIVO
LORICA	Córdoba	57.067	INDICATIVO
CERETÉ	Córdoba	54.360	INDICATIVO
FACATATIVÁ	Cundinamarca	126.239	INDICATIVO
FUSAGASUGÁ	Cundinamarca	114.822	INDICATIVO
CHÍA	Cundinamarca	106.697	INDICATIVO
GIRARDOT	Cundinamarca	103.341	INDICATIVO
MADRID	Cundinamarca	71.538	INDICATIVO
PITALITO	Huila	78.837	INDICATIVO
RIOHACHA	La Guajira	244.717	BÁSICO
MAICAO	La Guajira	112.809	INDICATIVO
MANAURE	La Guajira	50.467	INDICATIVO
FUNDACIÓN	Magdalena	56.175	INDICATIVO
ACACÍAS	Meta	62.309	INDICATIVO
GRANADA	Meta	55.531	INDICATIVO
SAN ANDRÉS DE TUMACO	Nariño	120.569	INDICATIVO
IPIALES	Nariño	109.080	INDICATIVO
OCAÑA	Norte de Santander	91.418	INDICATIVO
VILLA DEL ROSARIO	Norte de Santander	90.712	INDICATIVO
LOS PATIOS	Norte de Santander	77.039	INDICATIVO
PAMPLONA	Norte de Santander	55.825	INDICATIVO
CALARCÁ	Quindío	60.707	INDICATIVO
BARRANCABERMEJA	Santander	173.303	BÁSICO
PIEDRECUESTA	Santander	131.411	INDICATIVO
SINCELEJO	Sucre	269.300	BÁSICO
COROZAL	Sucre	52.490	INDICATIVO
ESPINAL	Tolima	58.518	INDICATIVO
BUENAVENTURA	Valle del Cauca	390.167	BÁSICO
TULUÁ	Valle del Cauca	189.368	BÁSICO
CARTAGO	Valle del Cauca	132.415	INDICATIVO
GUADALAJARA DE BUGA	Valle del Cauca	98.805	INDICATIVO
JAMUNDÍ	Valle del Cauca	86.803	INDICATIVO
PRADERA	Valle del Cauca	50.035	INDICATIVO

La cobertura espacial de los sistemas de vigilancia abarcó 22 departamentos y 83 municipios, con cobertura en las regiones Andina, Caribe, Pacífico y Orinoquía. Sin embargo, y a pesar de los esfuerzos realizados por atender la problemática asociada a la contaminación atmosférica, existen 51 municipios que necesitan un Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire, y 5 de los que reportan información, donde la capacidad instalada requiere ser fortalecida para realizar un adecuado estudio del problema.

Las ciudades y municipios con población superior a 150.000 habitantes, que con corte al año 2018, requieren de un sistema de monitoreo y seguimiento de calidad del aire fueron: Buenaventura, Sincelejo, Riohacha, Tuluá, Tunja, Barrancabermeja, Apartadó y Florencia.

Por su parte, los Sistemas de Vigilancia listados a continuación (Tabla 5), deben fortalecer la complejidad o el número de estaciones suficientes para cumplir con los lineamientos descritos en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire.

Tabla 5. Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire (SVCA) con complejidad inferior al reglamentado.

Municipio	Población Cabecera	Autoridad Ambiental	SVCA o número de estaciones actual	SVCA o número de estaciones a implementar
Montería	346.873	CVS	Indicativo	Básico
Ibagué	528.214	CORTOLIMA	2	3
Popayán	250.043	CRC	Indicativo	2
Armenia	290.189	CRQ	1	2
Pasto	371.045	CORPONARIÑO	1	2

4.1. Tecnología de medición empleada

La evaluación de los contaminantes criterio se realiza con equipos especializados que cuentan con métodos y principios de detección avalados por reconocidas agencias gubernamentales internacionales e institutos de investigación. Dependiendo la complejidad del sistema de vigilancia de calidad del aire, los objetivos de medición y el presupuesto de cada autoridad ambiental se han venido implementando en el país estaciones de monitoreo con tecnología de monitoreo manual, mixta o automática.

En el caso de la tecnología de monitoreo manual, el principio de medición requiere un muestreo in situ y un posterior análisis en laboratorio, haciendo que la logística empleada para su operación sea compleja. Adicionalmente, la toma de decisiones ante situaciones críticas de emergencia es limitada, debido a que los tiempos de medición y muestreo son diarios.

Por su parte, las estaciones con tecnología automática permiten obtener resultados en tiempo real, haciendo que la toma de decisiones y reportes al público se brinde en tiempos oportunos, garantizando la protección de la salud de los habitantes expuestos a la contaminación.

A nivel nacional, las Corporaciones Autónomas Regionales y las Autoridades Ambientales Urbanas de los Grandes Centros Urbanos, han venido implementando estaciones de monitoreo automáticas, las cuales se incrementaron en 2 unidades con respecto al año 2017, un crecimiento menor cuando se compara la variación entre 2016 y 2017. La cobertura de las mediciones con estaciones de monitoreo varió solo en una estación (Tabla 6).

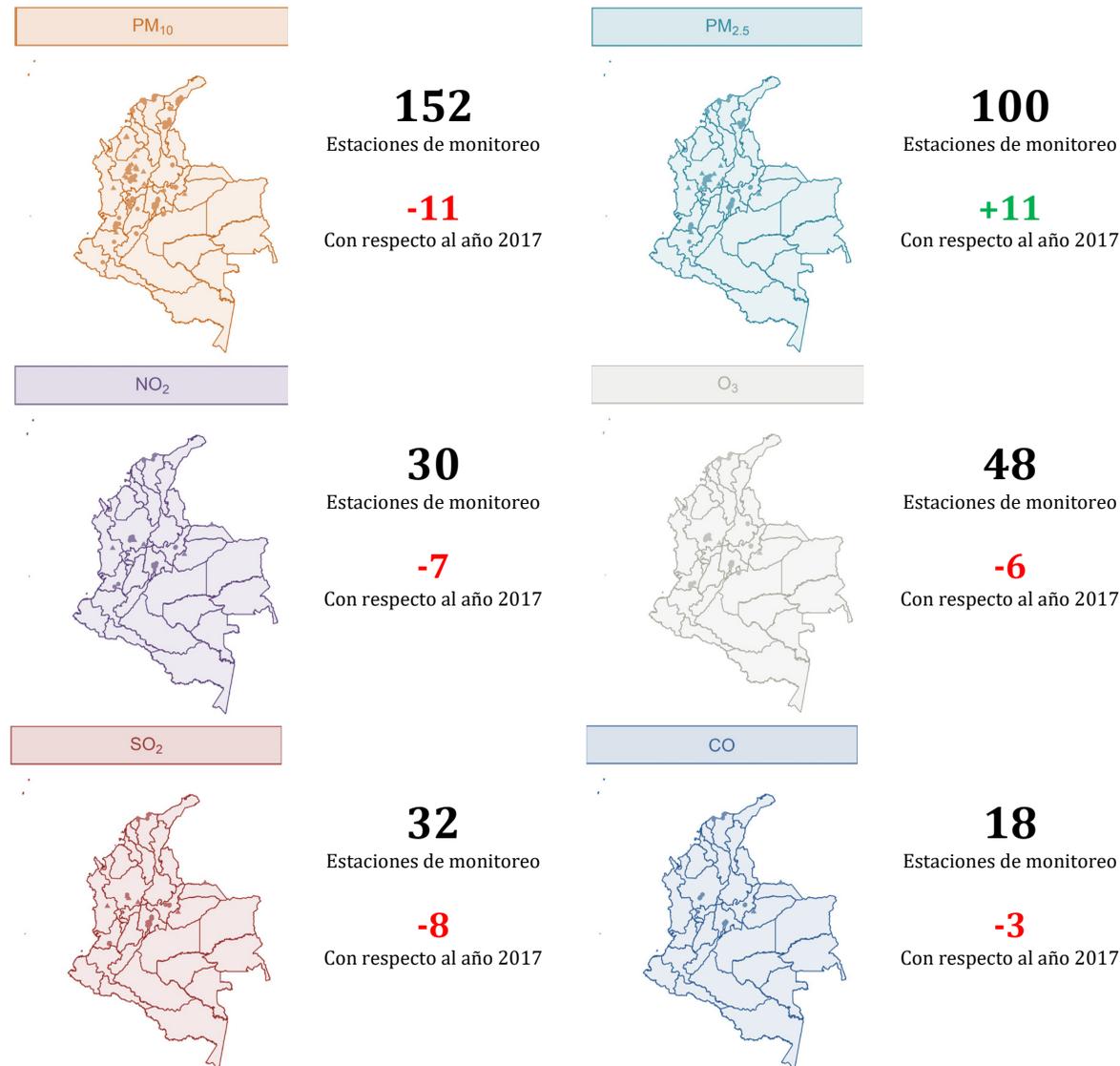
Tabla 6. Tecnología de medición empleada por los SVCA que operaron en el país durante 2018.

Tipo de tecnología	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Automáticas	 33	 43	 42	 52	 55	 64	 87	 89
Manuales	 101	 95	 103	 101	 104	 82	 100	 101
Mixtas	 7	 9	 9	 7	 9	 17	 17	 13

4.2. Contaminantes y variables meteorológicas evaluados

Las mediciones realizadas por las 203 estaciones se centran en el monitoreo y seguimiento de los contaminantes criterio, cuyos niveles máximos permisibles se encuentran regulados por la Resolución 2254 de 2017. Debido a sus potenciales afectaciones a la salud y al tipo de fuentes contaminantes existentes a nivel nacional, el contaminante más evaluado fue el material particulado menor a 10 micras (PM₁₀), cuyo seguimiento fue realizado por 152 de las 203 estaciones (75%). Con respecto al año 2017, el número de equipos empleados para la evaluación de material particulado menor a 2.5 micras (PM_{2.5}) presentó un incremento de 11 unidades, pasando de 89 a 100 estaciones con la capacidad de evaluar este contaminante.

Figura 20. Estaciones de monitoreo por tipo de contaminante evaluado.



Entre tanto, el seguimiento de las sustancias gaseosas (Dióxido de Azufre, Dióxido de nitrógeno, Monóxido de Carbono y Ozono) continúa concentrado en las principales ciudades del país (Bogotá, Medellín, Cali, Barranquilla, Cartagena, Santa Marta) y en los municipios de Nobsa y Sogamoso. Sin embargo, a nivel nacional se presentó una disminución de 8 y 6 estaciones de monitoreo para la evaluación de Dióxido de Azufre y Ozono respectivamente.

Con respecto al componente meteorológico colocalizado, el número estaciones a nivel nacional que durante el año 2018 realizaron la evaluación estas variables, se redujo al pasar de 73 a 57, las cuales estuvieron distribuidas en 9 sistemas de vigilancia: AMB, AMVA, CDMB, CORANTIOQUIA, CORMACARENA, CORPAMAG, CORPOBOYACA, DAGMA y EPA Barranquilla Verde, que representan 5 SVCA menos con respecto al año anterior. Las variables más evaluadas fueron: Velocidad y Dirección del Viento (57), Humedad Relativa y Temperatura (36), Precipitación líquida (34), Radiación Solar (31) y Presión Atmosférica (25). ■

Figura 21. Evolución anual del número de estaciones con medición de variables contaminantes.

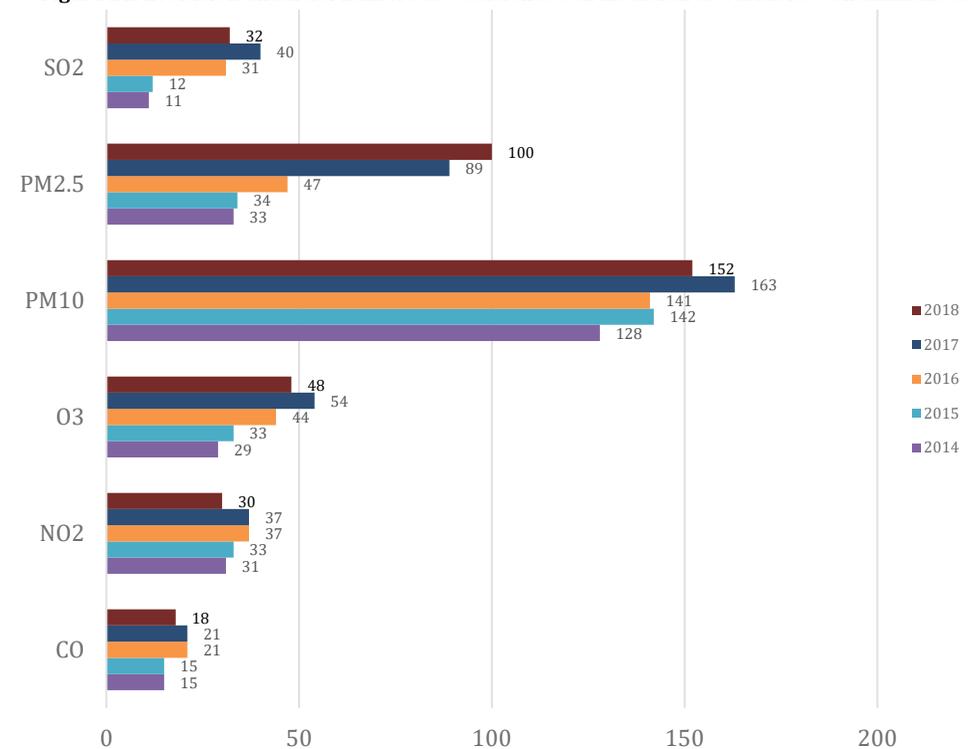
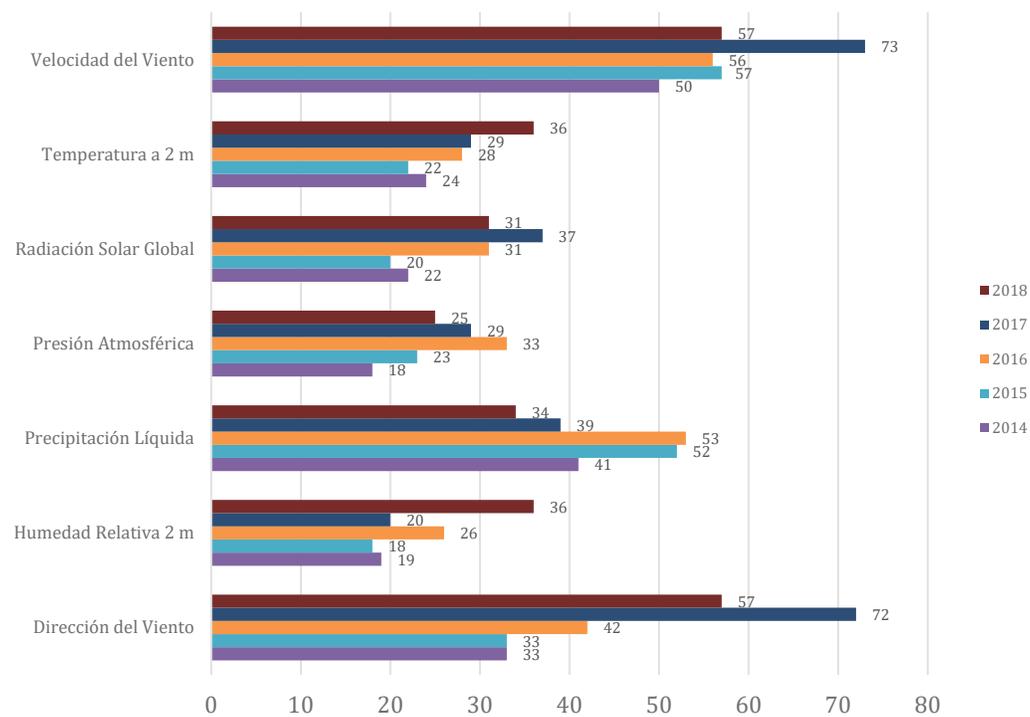


Figura 22. Evolución anual del número de estaciones con medición de variables meteorológicas.



4.3. Sistemas de Vigilancia de Calidad del Aire Acreditados

De conformidad con el parágrafo 2 del artículo 5, del Decreto 1600 de 1994, “los laboratorios que produzcan información cuantitativa, física, química y biótica para los estudios o análisis requeridos por las autoridades ambientales competentes, y los demás que produzcan información de carácter oficial relacionada con la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales renovables, deberán poseer **certificado de acreditación correspondiente otorgado por el IDEAM**”.

Durante el año 2016 únicamente 2 Sistemas de Vigilancia de Calidad del Aire (CORPOGUAJIRA y CORPOCESAR) se encontraban acreditados ante el IDEAM. Sin embargo, durante el año 2017, otras cuatro Autoridades Ambientales realizaron el proceso de acreditación (CAR, CVC, CORPOBOYACÁ y DAGMA). En el 2018 se incorporaron otros 2 Sistemas de Vigilancia al proceso (AMVA y SDA). La acreditación es una garantía de la competencia técnica y la idoneidad para la producción de datos e información físico química asociada a la operación y funcionamiento de sus correspondientes sistemas de vigilancia.



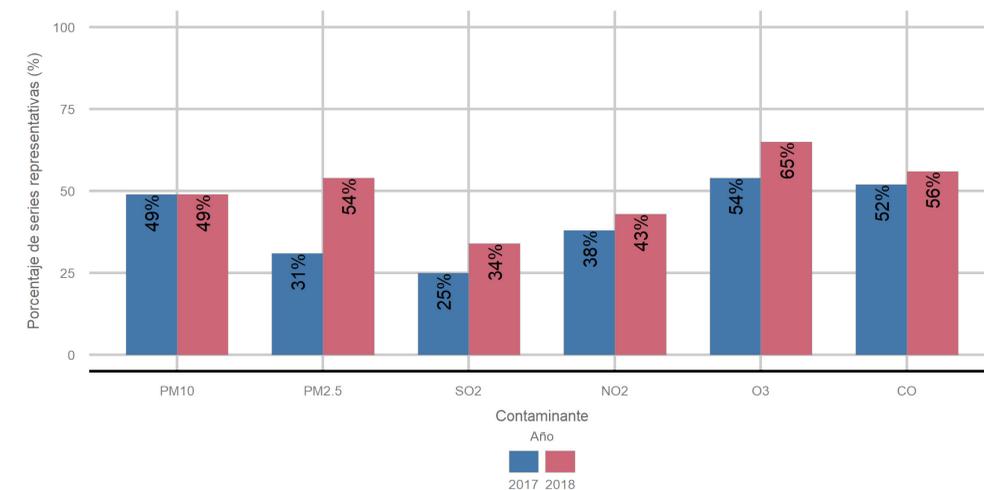
4.4. Cobertura temporal de la información reportada

La representatividad se refiere al grado en el cual los datos representan de una manera precisa y exacta, una característica de una población, la variación de un parámetro en un punto de muestreo, la condición de un proceso o una condición ambiental, encontrándose directamente relacionada con la Integridad temporal, la cual se define como la relación entre la cantidad de datos válidos obtenidos por un sistema de vigilancia comparado con la cantidad ideal que debería obtenerse en condiciones normales de operación.

El 61% de las estaciones de monitoreo fijas que operaron en el país durante 2018, cumplieron con el criterio de representatividad temporal en al menos uno de los parámetros evaluados. Teniendo la misma cantidad de estaciones que alcanzaron el criterio de la representatividad con respecto al año 2017 (Figura 23). Esto revela el importante esfuerzo que vienen realizando las Autoridades Ambientales para mantener la calidad del dato y las tasas de operación de sus sistemas de vigilancia.

Entre las medidas implementadas, se encuentra la realización de acuerdos con las comunidades para evitar acciones vandálicas, la instalación de paneles solares en zonas con funcionamiento intermitente del fluido eléctrico, el fortalecimiento de las capacidades del personal técnico y operativo, el compromiso de la dirección con las partidas presupuestales y la renovación y mejoramiento tecnológico de los equipos instalados en las estaciones.

Figura 23. Representatividad temporal de las series reportadas en 2018.



5. ESTADO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN COLOMBIA

Desde el primero de enero del año 2018 entró en rigor la Resolución 2254 de 2017, la cual actualizó los niveles máximos permisibles contemplados en la Resolución 610 de 2010. Por tal motivo, el monitoreo y seguimiento realizado por las Corporaciones Autónomas Regionales y Autoridades Ambientales de los Grandes Centros Urbanos se centró en los seis (6) contaminantes criterio: Partículas Menores a 10 Micras (PM₁₀), Partículas Menores a 2.5 Micras (PM_{2.5}), Dióxido de Azufre (SO₂), Dióxido de Nitrógeno (NO₂), Monóxido de Carbono (CO) y Ozono (O₃).

En el presente capítulo se realiza el análisis de cada uno de dichos contaminantes, cuyas series reportadas al SISAIRE, cumplieron con una representatividad igual o superior al 75%, presentando los resultados de la concentración promedio anual por estación, la comparación con el nivel máximo permisible, el análisis de las tendencias interanuales para el periodo 2017 - 2018, la presentación del número de excedencias al nivel máximo permisible diario y el Índice de Calidad del Aire (ICA) que asocia el nivel de un contaminante dado con un potencial efecto a la salud.

La representatividad temporal permite definir concluyentemente el estado de la calidad del aire en el área circundante a la estación, debido a que el número de datos obtenidos es suficiente como para representar el comportamiento de un contaminante en una zona dada, con condiciones meteorológicas cambiantes a través de un periodo evaluado

También se presentan de manera indicativa, los resultados obtenidos para las estaciones de monitoreo que no cumplieron con el criterio de representatividad temporal (siempre y cuando superen un mínimo de 18 muestras válidas), debido a que en algunos municipios y ciudades es probable que exista población expuesta a altas concentraciones, por lo cual invitamos a las autoridades ambientales a continuar realizando y mejorando los esfuerzos presupuestales, técnicos y operativos que permitan aumentar los tiempos de funcionamiento de las estaciones y la validación de los datos. El éxito del programa de monitoreo y seguimiento permitirá mejorar el diseño de medidas enfocadas en la prevención, control y reducción de la contaminación atmosférica.

Por último, se presenta el análisis del indicador “Porcentaje de estaciones reportando cumplimiento de la norma de calidad del aire en el país” establecido como indicador de seguimiento del plan de acción de la Política de Prevención y Control de la Contaminación del Aire, la cual fue adoptada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, en el año 2010.

“Los análisis presentados a continuación corresponden al comportamiento de cada uno de los contaminantes por estación de monitoreo. Por tal motivo, y debido a las diversas condiciones topográficas, meteorológicas y geomorfológicas que influyen en la concentración o dilución de los diversos contaminantes atmosféricos, los resultados no son extrapolables a la totalidad de una ciudad o región.”

5.1. Partículas Menores a 10 micras – PM10

Este contaminante corresponde a la fracción torácica del material particulado, y tiene un alto potencial de afectación debido a su capacidad de penetración en las vías respiratorias. Sin embargo, es importante mencionar que el material particulado no es un factor causal directo de enfermedad o mortalidad respiratoria aguda sino un factor asociado, que en combinación con otros factores produce un aumento de las enfermedades respiratorias. Entre dichos factores se encuentra la edad del individuo (niños menores a 5 años y adultos mayores a 65 años tienen mayor prevalencia), la existencia de antecedentes cardiorrespiratorios y cardiovasculares, mujeres en estado de gestación, y condiciones socioeconómicas deficientes.

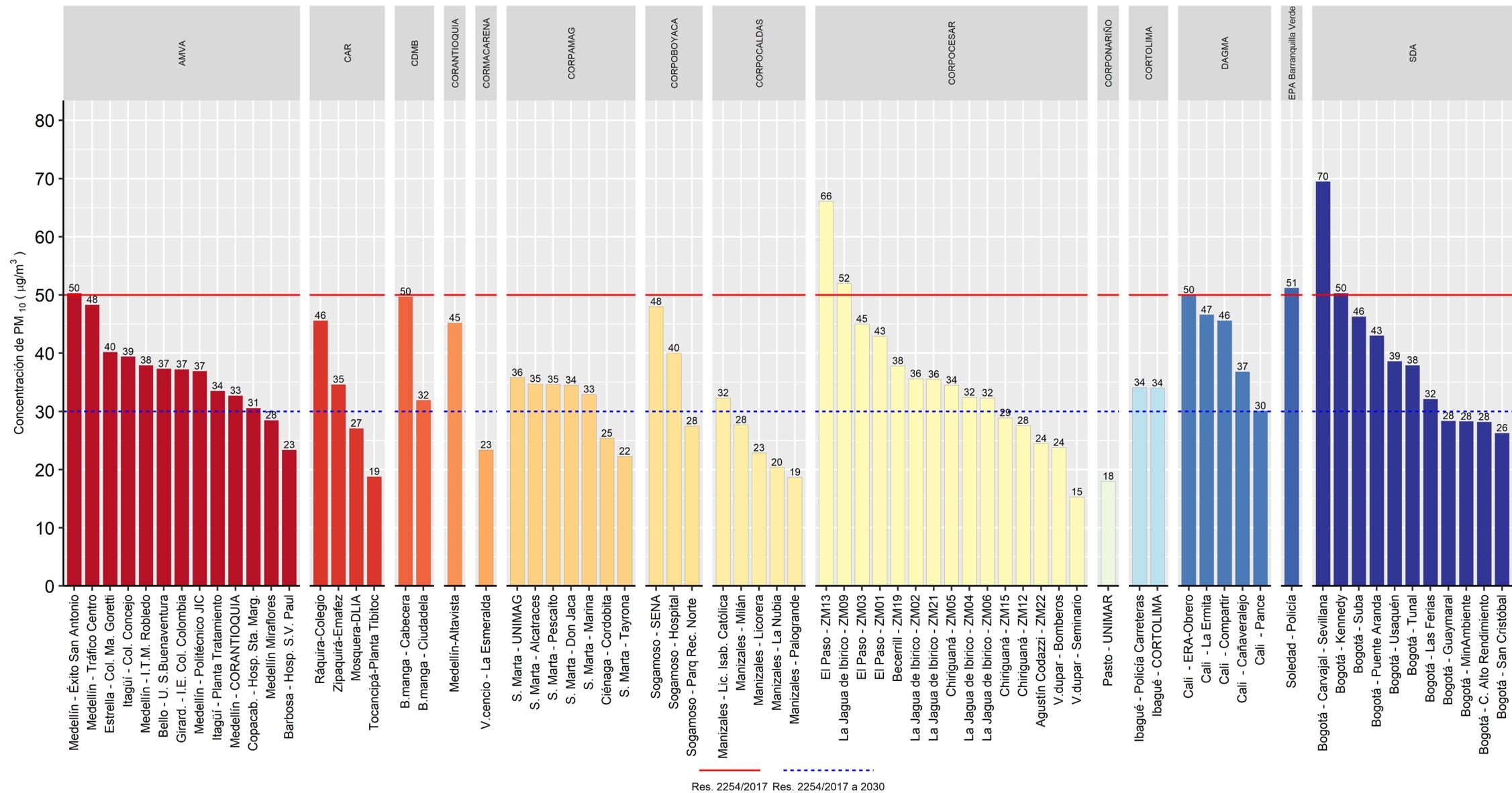
Según los lineamientos establecidos por la Resolución 2254 de 2017, a condiciones de referencia, el nivel máximo permisible anual de este contaminante corresponde a 50 µg/m³, mientras que, el nivel máximo permisible diario hasta el 30 de junio de 2018 fue de 100 µg/m³ y a partir del 1 de julio de 2018 corresponde a 75 µg/m³.

Concentraciones promedio anuales

Durante el año 2018, las concentraciones de este contaminante excedieron el nivel máximo permisible anual en seis (6) de setenta y tres (73) estaciones de monitoreo que cumplieron con el criterio de representatividad temporal: Carvajal – Sevillana y Kennedy en Bogotá (SDA), ZM13 – El Hatillo y ZM09 – La Jagua Vía ubicadas en el municipio de la Jagua de Ibirico (CORPOCESAR), Policía en Barranquilla (EPA BARRANQUILLA VERDE) y Éxito San Antonio en Medellín (AMVA). El cumplimiento normativo a nivel nacional para esta variable fue del 94,5% (3,1% más con respecto al año 2017).

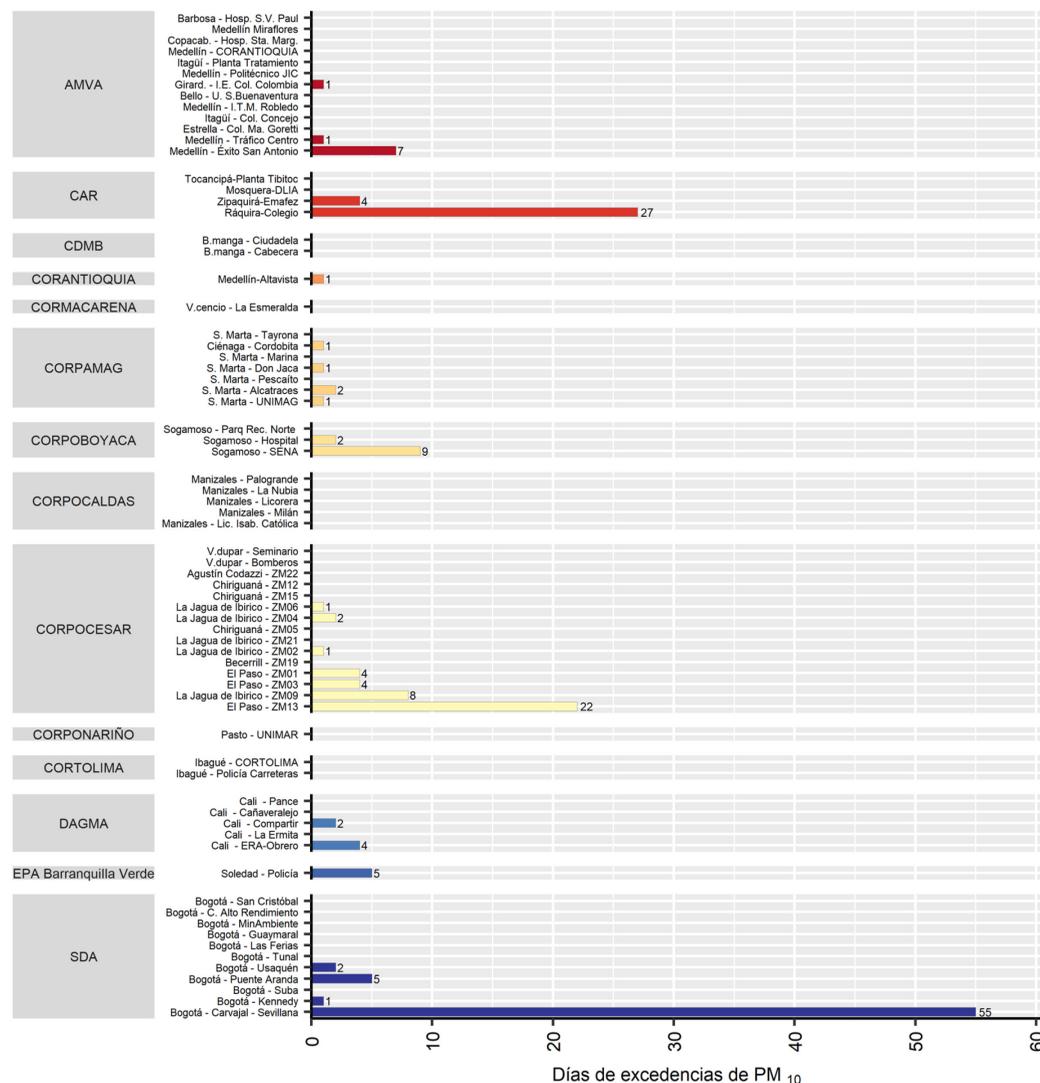
Las áreas circundantes de las estaciones de monitoreo que superaron los niveles máximos permisibles, se caracterizan por la **alta densidad poblacional**, un gran número de **fuentes móviles** y la ubicación de fuentes fijas y de área cercanas, que contribuyen al aumento de las concentraciones de este contaminante en el aire ambiente.

Figura 24. Concentraciones promedio anual de Partículas Menores a 10 micras (PM₁₀) en 2018 para las estaciones de los SVCA de Colombia que presentaron una representatividad temporal igual o superior a 75%.



Res. 2254/2017 Res. 2254/2017 a 2030

Figura 25. Días con excedencias al nivel máximo permisible diario para Partículas Menores a 10 micras (PM₁₀) en 2018, para las estaciones de los SVCA de Colombia que presentaron una representatividad temporal igual o superior a 75%.



Por otra parte, existen 22 estaciones de monitoreo, cuyas concentraciones promedio anual son inferiores al nivel máximo permisible establecido como objetivo para el año 2030 (30 µg/m³). Entre ellas se destacan las ubicadas en jurisdicción del AMVA (Tanque Miraflores en Medellín y Hospital San Vicente de Paúl en Barbosa), CORPOCESAR (ZM15 – Chiriguana y ZM12 – Rincón Hondo en el municipio de Chiriguana, ZM22 – Casacará en el municipio de Agustín Codazzi, V4 – Bomberos y V1 – seminario en la ciudad de Valledupar) y de la SDA (Centro de Alto Rendimiento, MinAmbiente, San Cristóbal y Guaymaral en la ciudad del Bogotá), cuyas jurisdicciones han sido catalogadas, en general, como las de peor calidad del aire del país. Sin embargo, la influencia de condiciones meteorológicas adversas ocasiona que el problema se encuentre muy localizado y centralizado en algunas estaciones. De ahí, la importancia de realizar el análisis por estación de monitoreo.

Excedencias al nivel máximo permisible diario.

A nivel nacional, la estación de monitoreo Carvajal – Sevillana de la Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá - SDA fue la que registró la mayor cantidad de días con excedencias al nivel máximo permisible diario con 55. En segundo y tercer lugar se ubican las estaciones de monitoreo Ráquira – Colegio y ZM13 – El Hatillo (El Paso, Cesar), localizadas en jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR y de la Corporación Autónoma Regional del Cesar – CORPOCESAR, las cuales registraron 27 y 22 días con excedencias respectivamente.

Por otra parte, las estaciones de monitoreo ZM09 – La Jagua Vía (8 días), ZM03 – La Loma 2 (4 días), ZM01 – La Loma Centro (4 días), ZM04 – La Palmita (2 días), ZM02 – La Jagua Centro (1 día) y ZM06 – Boquerón, localizadas en jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del César – CORPOCESAR, Zipaquirá-Emafez (4 días) ubicada en el área de competencia de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR, Medellín – Altavista (1 día) en jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia – CORANTIOQUIA, Alcatraces (2 días), UNIMAG (1 día), Don Jaca (1 día) y Cordobita (1 día) operadas por la Corporación Autónoma Regional del Magdalena – CORPAMAG y Sogamoso-SENA (9 días) y Hospital (2 días) perteneciente a la Corporación Autónoma Regional de Boyacá - CORPOBOYACA, reportaron durante el año 2018 excedencias al nivel máximo permisible diario.

En cuanto a las estaciones de monitoreo ubicadas en los principales centros urbanos del país, se presentaron excedencias en: Éxito San Antonio (7 días), Tráfico Centro (1 día) y I.E. Colegio Colombia (1 día) ubicadas en jurisdicción del Área Metropolitana del Valle de Aburrá – AMVA, ERA – Obrero (4 días) y Compartir (2 días) localizadas en el área de competencia del Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente – DAGMA, Policía (5 días) perteneciente al Establecimiento Público Ambiental Barranquilla Verde, y Usaquén (2 días), Puente Aranda (5 días) y Kennedy (1 día) operadas por la Secretaría Distrital de Ambiente – SDA.

Tendencias anuales 2017 - 2018

El análisis de las concentraciones obtenidas por estación de monitoreo y por autoridad ambiental, para el periodo 2017 - 2018, revela la reducción de las concentraciones de PM₁₀, en la mayoría de las estaciones de monitoreo que evaluaron este contaminante a nivel nacional.

Figura 26. Variación del promedio anual de Partículas Menores a 10 micras (PM₁₀) para las estaciones de los SVCA que tienen una representatividad temporal igual o superior a 75%. Años 2017 y 2018.

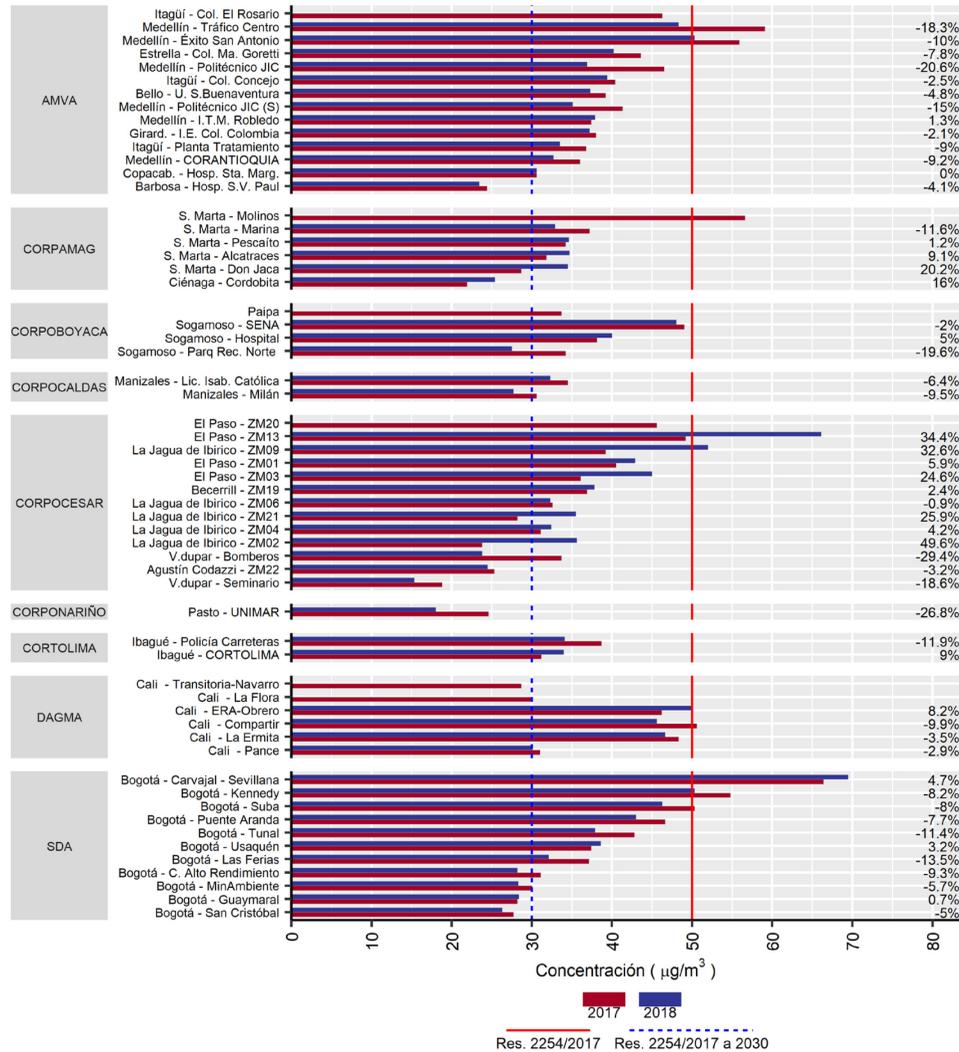
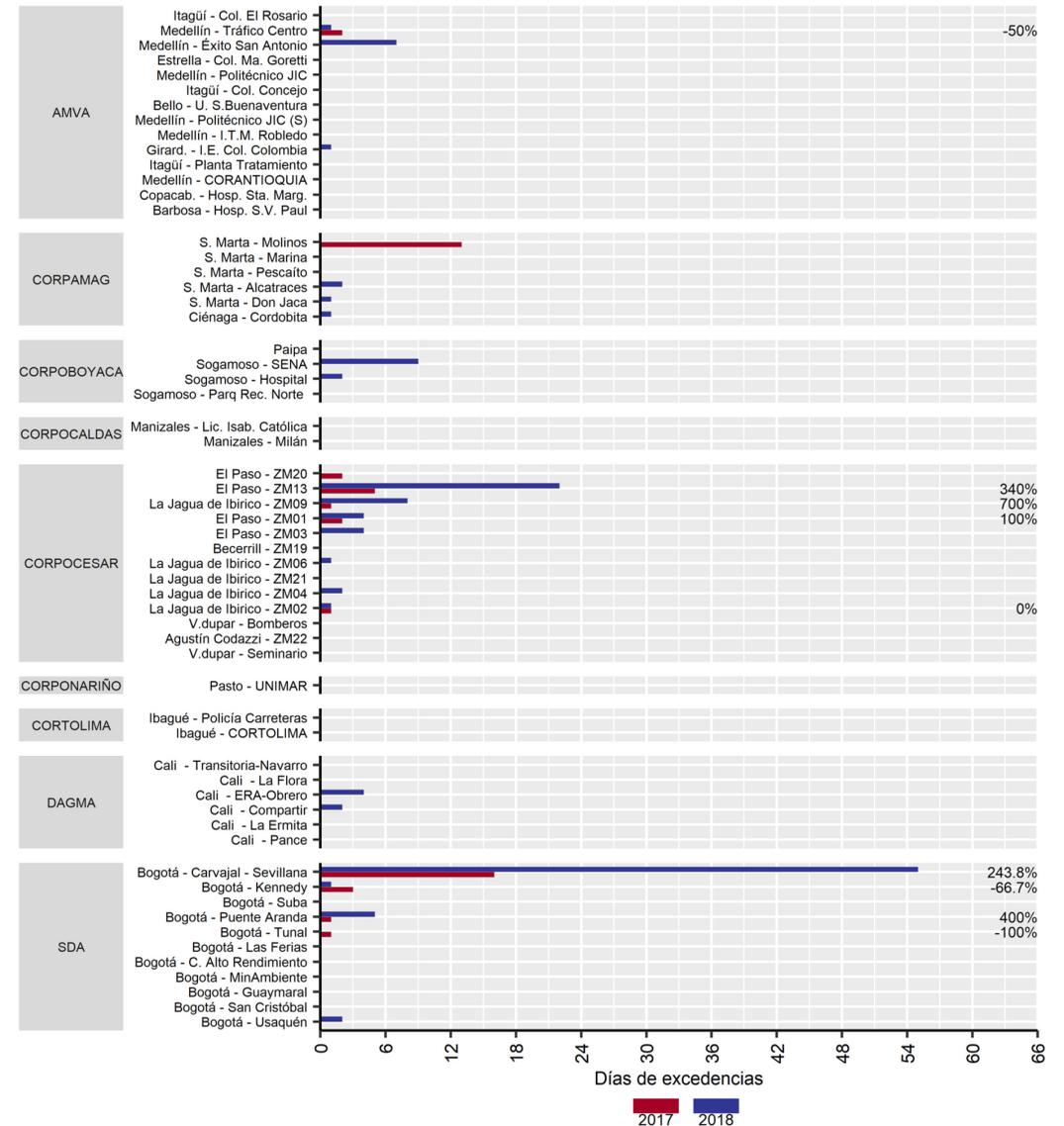


Figura 27. Variación anual de días con excedencias de Partículas Menores a 10 micras (PM₁₀) para las estaciones de los SVCA que tienen una representatividad temporal igual o superior a 75%. Años 2017 y 2018.



Las mayores reducciones con respecto al año 2017, se presentaron en las estaciones de monitoreo: Politécnico Jaime Isaza Cadavid (-20,6%), Trafico Centro (-18,3%) y Éxito San Antonio ubicadas en jurisdicción del AMVA, Marina Santa Marta (-11,6%) localizada en jurisdicción de CORPAMAG, Parque Recreacional del Norte (-19,6%) bajo competencia de CORPOBOYACA, V4 – Bomberos (-29,4%) y V1 – Seminario (-18,6%) pertenecientes a CORPOCESAR, Unimar (-26,8%) operada por CORPONARIÑO y Las Ferias (-13,5%) y Tunal (-11,4%) ubicada en jurisdicción de la SDA.

Por su parte, los registros obtenidos en las estaciones de monitoreo Don Jaca (+20,2%), Cordobita (+16%) y Alcatraces (+9,1%) operadas por CORPAMAG y ZM13 – El Hatillo (+34,1%), ZM09 – La Jagua Vía (+32,6%), ZM03 – La Loma 2 (+24,6%), ZM21 – La Victoria (+25,5%) y ZM02 – La Jagua Centro (+49,2%) pertenecientes a CORPOCESAR, registraron los mayores incrementos en sus concentraciones con respecto a las reportadas en el año inmediatamente anterior.

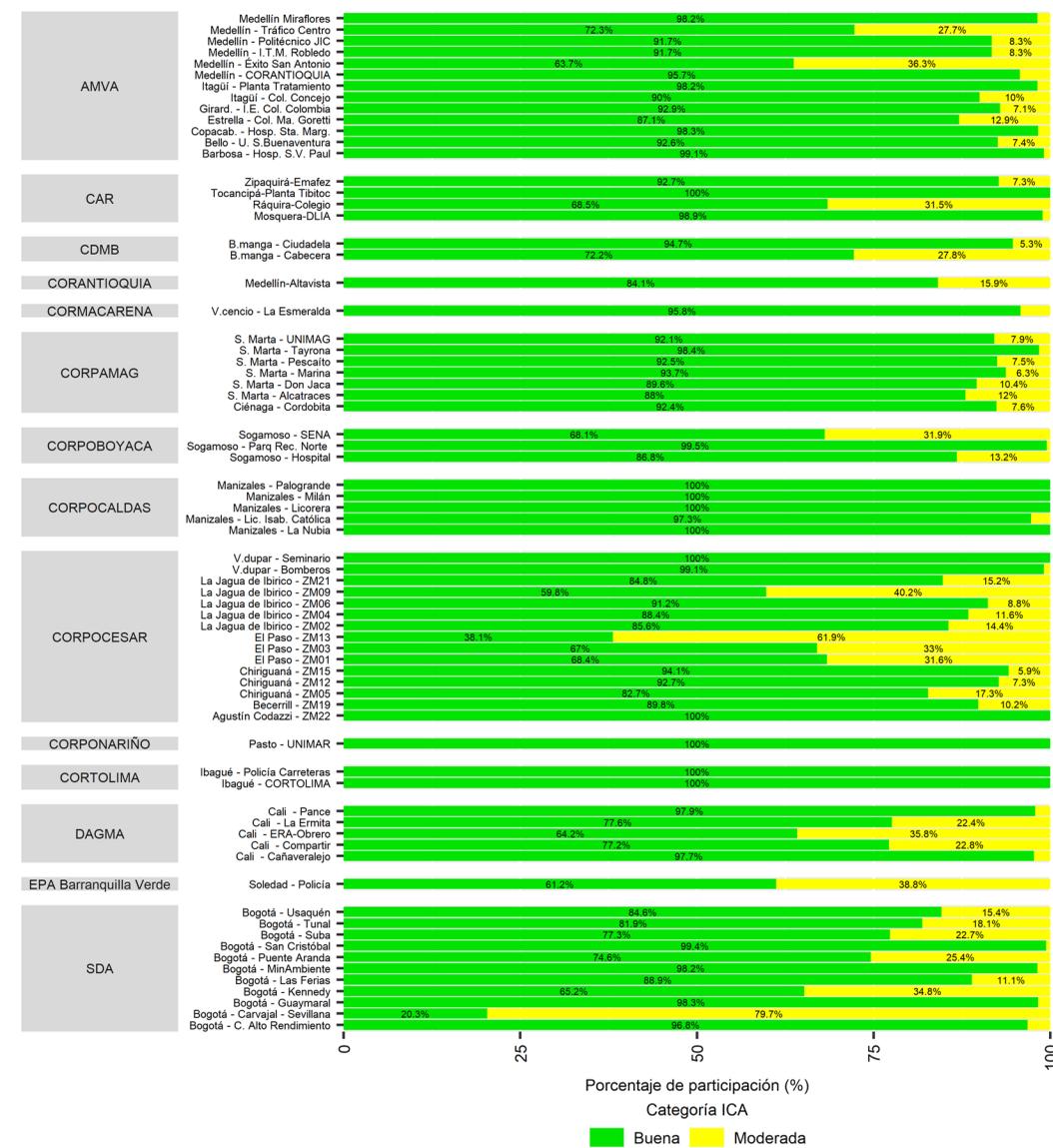
En cuanto a los días con excedencias al nivel máximo permisible diario, a partir del 1 de julio del año 2018 se presentó el cambio en el nivel máximo permisible, el cual cambio de 100 µg/m³ a 75 µg/m³, razón por la cual se observan incrementos significativos de este indicador con respecto al año 2017, en las estaciones de monitoreo ZM13 – El Hatillo, ZM09 – La Jagua Vía y ZM01 – La Loma Centro ubicadas en jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Cesar – CORPOCESAR, Carvajal – Sevillana y Puente Aranda pertenecientes al Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire de la Secretaría Distrital de Ambiente – SDA.

Índice de Calidad del Aire - ICA

El cálculo del Índice de Calidad del Aire para este contaminante indica que, durante el año 2018 ninguna de las estaciones de monitoreo reportó concentraciones superiores a la categoría moderada, por lo que según la literatura internacional, las personas extremadamente sensibles con asma y adultos con enfermedad cardio-cerebrovascular como hipertensión arterial, enfermedad isquémica del miocardio o pulmonar como asma, enfisema y bronquitis crónica deben reducir la actividad física fuerte o prolongada, debido a que las concentraciones de calidad del aire pueden exacerbar la sintomatología de sus enfermedades de base.

En cuanto a las estaciones de monitoreo que incumplieron el nivel máximo permisible promedio anual, se tiene que el 79,7% y el 34,8% de las mediciones realizadas en las estaciones Carvajal – Sevillana y Kennedy, ubicadas en jurisdicción de la Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá, registraron concentraciones categorizadas como moderadas; dentro de esta misma categoría, también se ubican el 61,9% y el 40,2% de los reportes realizados por las estaciones ZM13 – El Hatillo y ZM09 – La Jagua Vía de la Corporación Autónoma Regional del Cesar – CORPOCESAR, el 36,3% de las mediciones obtenidas por la estación Éxito San Antonio, ubicada en el área de competencia del área Metropolitana del Valle de Aburrá – AMVA, y el 38,8% de los reportes realizados por la estación Policía del Establecimiento Público Ambiental Barranquilla Verde.

Figura 28. Índice de calidad del aire para Partículas Menores a 10 micras (PM₁₀) en 2018 para las estaciones de los SVCA de Colombia que presentaron una representatividad temporal igual o superior a 75%.



Estaciones de monitoreo con representatividad temporal inferior al 75%

La evaluación indicativa del nivel máximo permisible promedio anual para las estaciones de monitoreo que no cumplieron con el criterio de representatividad temporal, revela que las estaciones de monitoreo Bogotá – Mochuelo, localizadas en jurisdicción de la CAR; Molinos Santa Marta y Aeropuerto en el área de competencia de CORPAMAG; ZM20 – Costa Hermosa, vinculada al SVCA de CORPOCESAR; Tráfico Sur en el área de competencia del AMVA; Policía Hipódromo - Soledad operada por la CRA; Yumbo – ACOPI operada por CVC; y Zona Franca La Candelaria en competencia de EPA CARTAGENA, registraron concentraciones que superan el límite máximo establecido para este periodo de tiempo.

En varios de los casos mencionados, se superan las 180 muestras válidas en el año (más de 6 meses de medición), por lo que este indicador revela la existencia de problemáticas locales asociadas a la contaminación atmosférica, por lo que las Autoridades Ambientales correspondientes deberán **implementar las medidas preventivas y correctivas** para evitar la exposición de la población a altas concentraciones de sustancias contaminantes en la atmosfera, y sus consecuentes efectos en la salud.

5.2. Partículas Menores a 2.5 micras – PM_{2.5}

Durante el último año, el monitoreo y seguimiento de este contaminante se incrementó debido a la alta capacidad de penetración en el tracto respiratorio de este tipo de partículas, por lo cual sus potenciales efectos en la salud son mucho más negativos. Los niveles máximos permisibles establecidos en la Resolución 2254 de 2017 corresponden a 25 µg/m³ para un tiempo de exposición anual, mientras que, para un tiempo de exposición diario fue de 50 µg/m³ hasta el 30 de junio de 2018, y a partir del 1 de julio del mismo año corresponde a 37 µg/m³.

Figura 29. Concentraciones promedio anual de Partículas Menores a 10 micras (PM₁₀) en 2018 para las estaciones de los SVCA de Colombia que presentaron una representatividad temporal inferior a 75%.

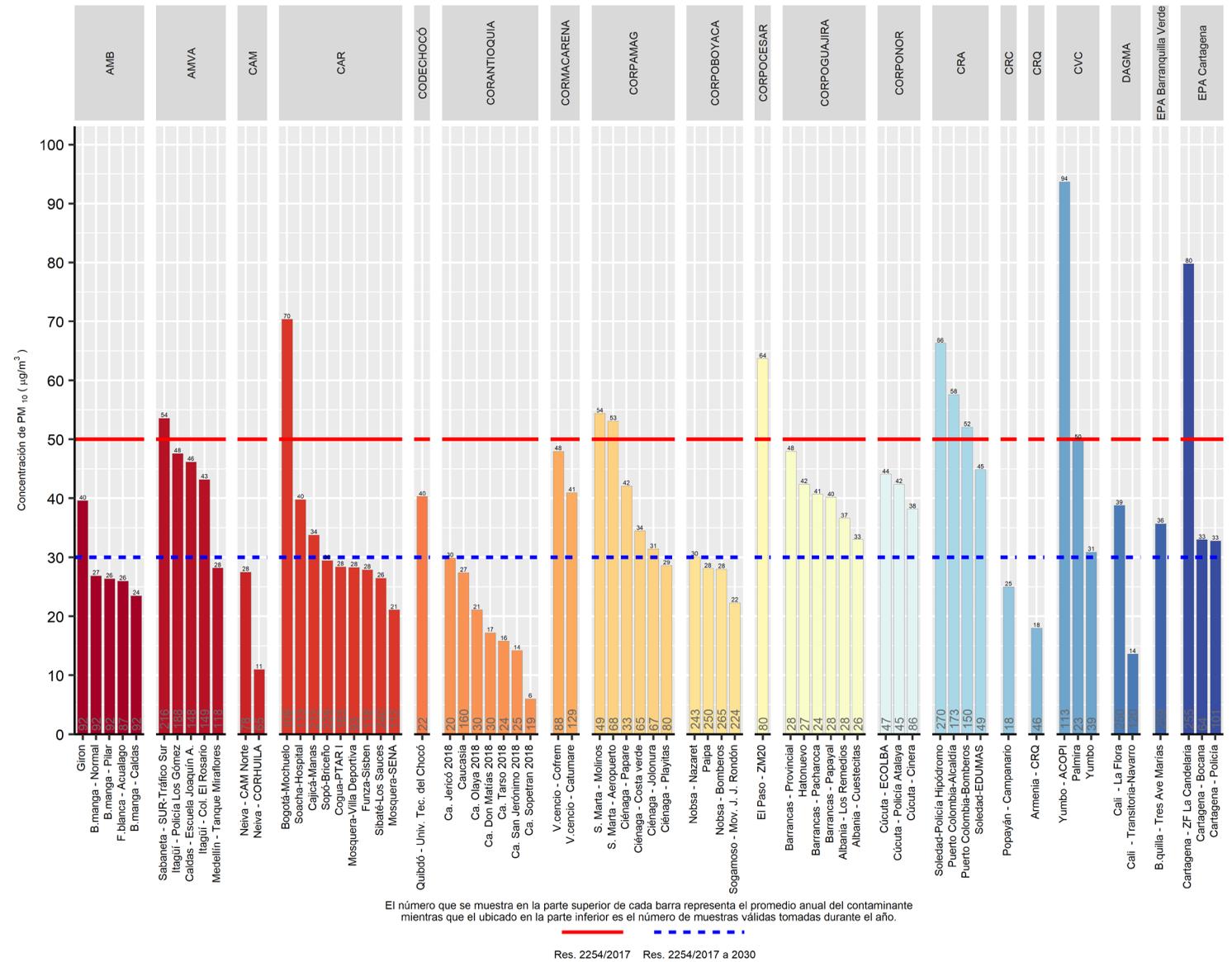
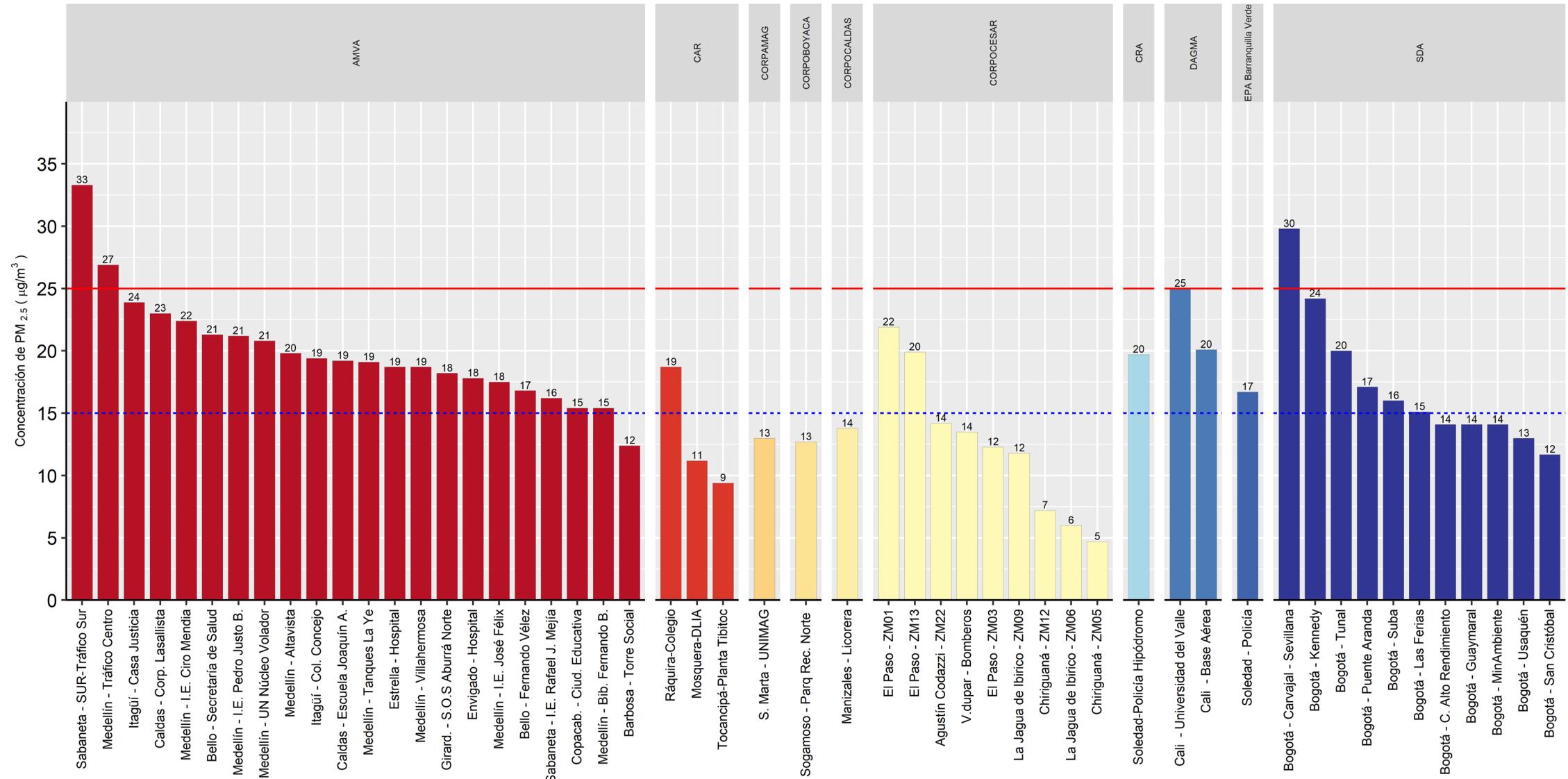


Figura 30. Concentraciones promedio anual de Partículas Menores a 2,5 micras (PM_{2.5}) en 2018 para las estaciones de los SVCA de Colombia que presentaron una representatividad temporal igual o superior a 75%.



Res. 2254/2017 Res. 2254/2017 a 2030

Concentraciones promedio anuales

En los sistemas de vigilancia que evaluaron este contaminante y cumplieron con el criterio de representatividad temporal superior al 75%, se sobrepasó el nivel máximo permisible promedio anual en tres (3) de las cincuenta y dos (52) estaciones de monitoreo, por lo que su nivel de cumplimiento a nivel nacional se ubicó en 94,2%, 21,1% más que lo reportado en el año inmediatamente anterior.

Las estaciones de monitoreo Carvajal – Sevillana localizada en el Distrito Capital; y las correspondientes a Tráfico Sur (Sabaneta) y Tráfico Centro (Medellín) en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, fueron los únicos tres (3) puntos de monitoreo y seguimiento que a nivel nacional presentaron concentraciones que superaron el nivel máximo permisible.

En cuanto al cumplimiento del nivel máximo permisible (15 µg/m³) establecido como objetivo por la Resolución 2254 de 2017 para el año 2030, se tiene que 18 estaciones de monitoreo a nivel nacional reportaron concentraciones inferiores a dicho nivel. Entre ellas se encuentran: Torre Social – Barbosa del AMVA; Tocancipá – Planta Tibitoc y Dirección de Laboratorio e Innovación Ambiental - DLIA ubicadas en jurisdicción de la CAR; UNIMAG perteneciente a CORPAMAG; Parque Recreacional del Norte operada por CORPOBOYACA; Licorera ubicada en el área de competencia de CORPOCALDAS; ZM05 – La Aurora, ZM06 – Boquerón, ZM12 – Rincón Hondo, ZM09 – La Jagua Vía, ZM03 – La Loma 2, V4 – Bomberos y ZM22 – Casacará pertenecientes al Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire de CORPOCESAR; y San Cristóbal, Usaquén, Centro de Alto Rendimiento, MinAmbiente y Guaymaral ubicadas en jurisdicción de la SDA.

Excedencias al nivel máximo diario

Las excedencias al nivel máximo permisible diario se presentaron con mayor frecuencia en las estaciones de monitoreo pertenecientes al SVCA operado por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, lo cual se debe a la existencia de periodos con condiciones meteorológicas adversas, que impiden la dispersión de los contaminantes a través del Valle. Por su parte, en las jurisdicciones de la CAR, de CORPOCESAR y de la SDA, las estaciones de monitoreo Ráquira Colegio, ZM13 – El Hatillo, ZM01 – La Loma Centro, Usaquén, MinAmbiente, Tunal, Carvajal – Sevillana y Kennedy, registraron al menos un día con excedencias, lo cual fue ocasionado por la ocurrencia de fenómenos particulares que afectaron la concentración del contaminante durante un periodo diario.

Figura 31. Días con excedencias al nivel máximo permisible diario para Partículas Menores a 2.5 micras (PM_{2.5}) en 2018, para las estaciones de los SVCA de Colombia que presentaron una representatividad temporal igual o superior a 75%.

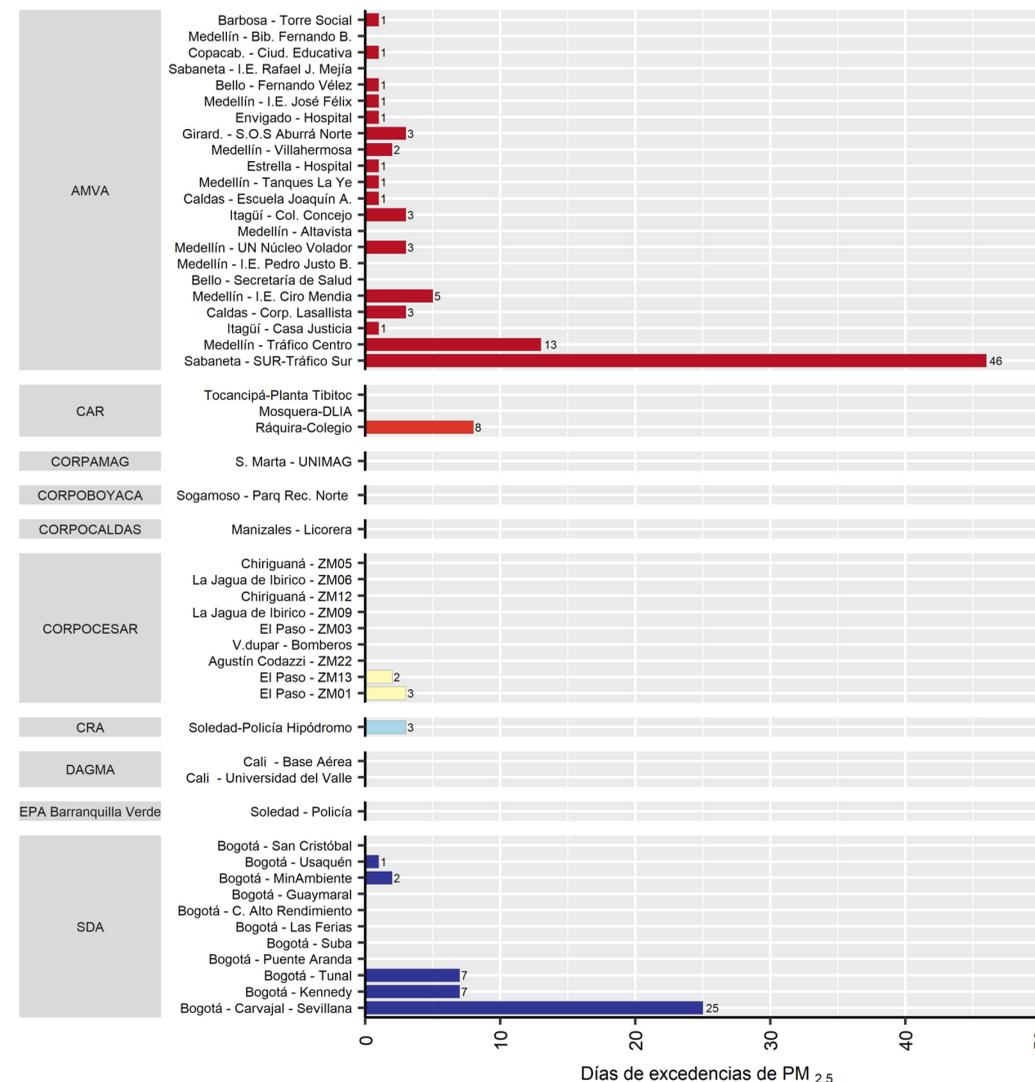


Figura 32. Variación del promedio anual de Partículas Menores a 2.5 micras (PM_{2.5}) para las estaciones de los SVCA que tienen una representatividad temporal igual o superior a 75%. Años 2016 y 2017.

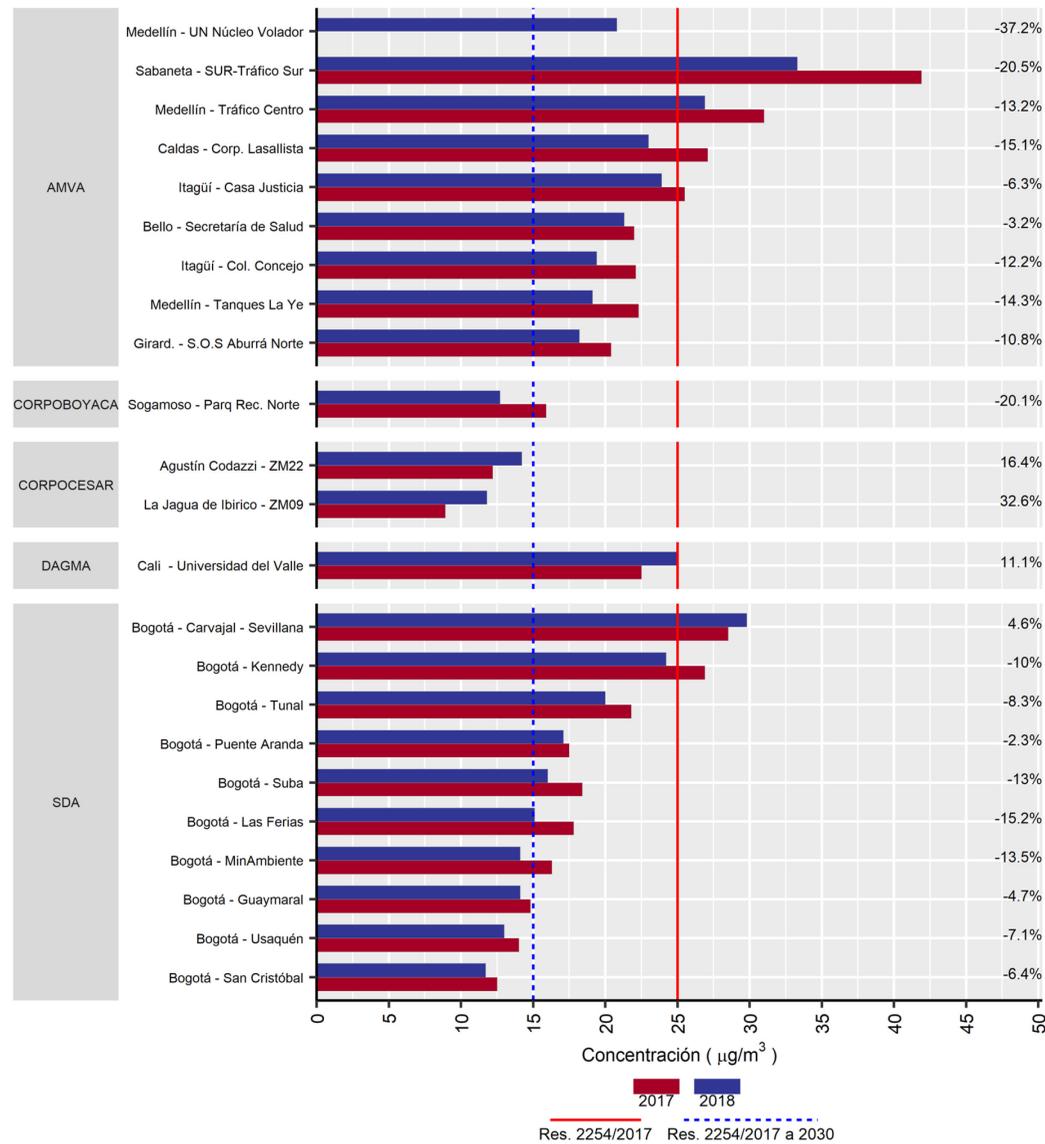
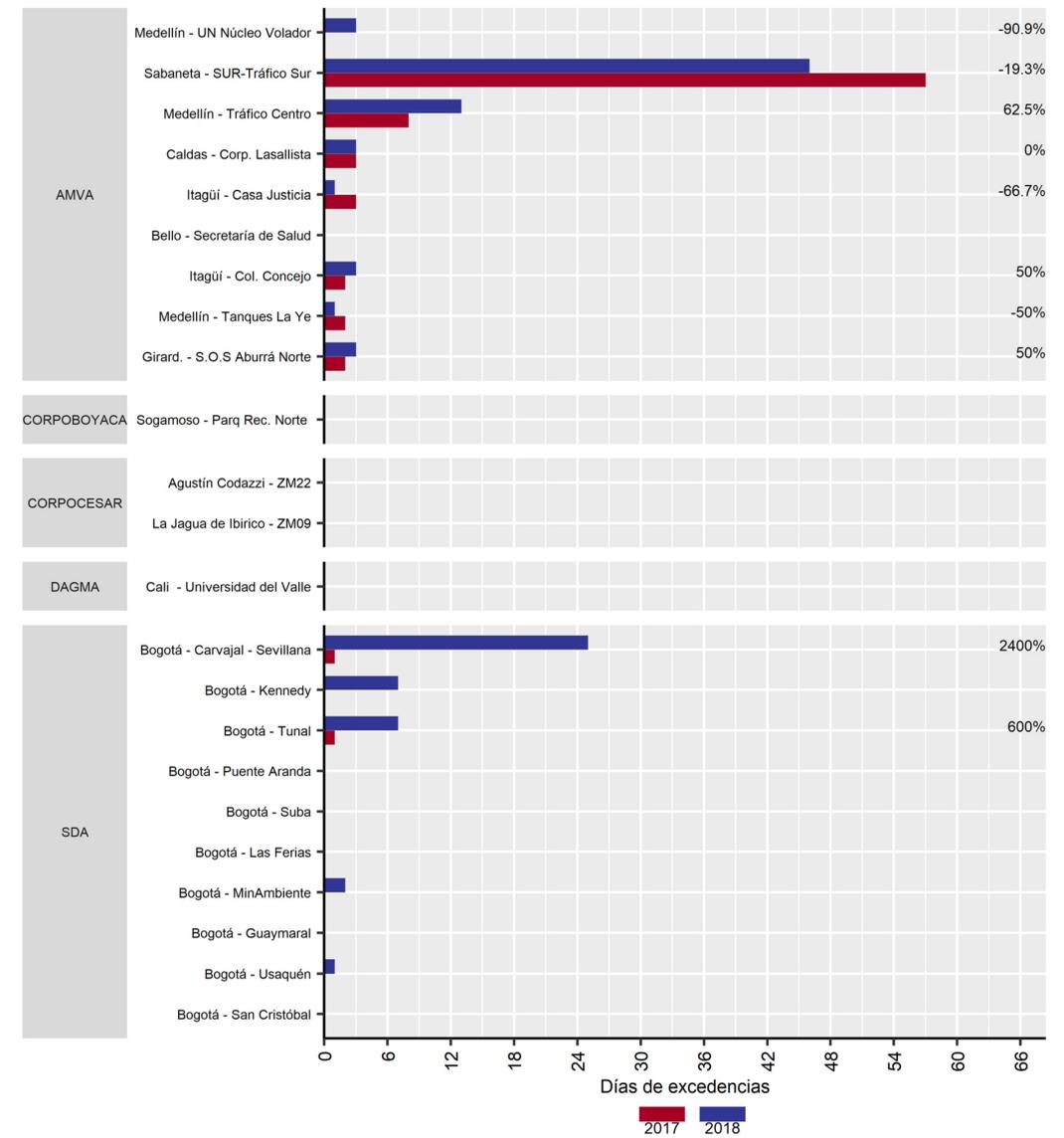


Figura 33. Variación anual de días con excedencias de Partículas Menores a 2.5 micras (PM_{2.5}) para las estaciones de los SVCA que tienen una representatividad temporal igual o superior a 75%. Años 2016 y 2017.



Tendencias anuales 2017 - 2018

La variación porcentual de los resultados obtenidos en el año 2018 con respecto a los del año 2017, muestra menores concentraciones promedio anual en todas las estaciones de monitoreo que evaluaron esta variable, con excepción de: ZM22 - Casacará (+16,4%) y ZM09 - La Jagua Vía (+32,6%) pertenecientes a CORPOCESAR, Universidad del Valle (+11,1%) operada por el DAGMA, y Carvajal - Sevillana (+4,6%) ubicada en jurisdicción de la SDA.

En el caso del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, las reducciones oscilan entre -10,8% (S.O.S. Aburra Norte - Girardota) y -20,5% (Tráfico Sur - Sabaneta), las cuales se vieron influenciadas por la aplicación de las medidas contempladas en el Plan Integral de Gestión de la Calidad del Aire; por su parte, el sistema de vigilancia operado por CORPOBOYACA reporto una disminución en la concentración de -20,1% en la estación Parque Recreacional del Norte (Sogamoso), influenciada por la reconversión tecnológica de hornos artesanales tipo colmena y de llama dormida que dispersaban gran cantidad de partículas en la región. En cuanto a la Secretaría Distrital de Ambiente, debido a los operativos en vía y control de fuentes fijas, se presentaron reducciones que varían entre -2,3% (Puente Aranda) y -15,2% (Las Ferias).

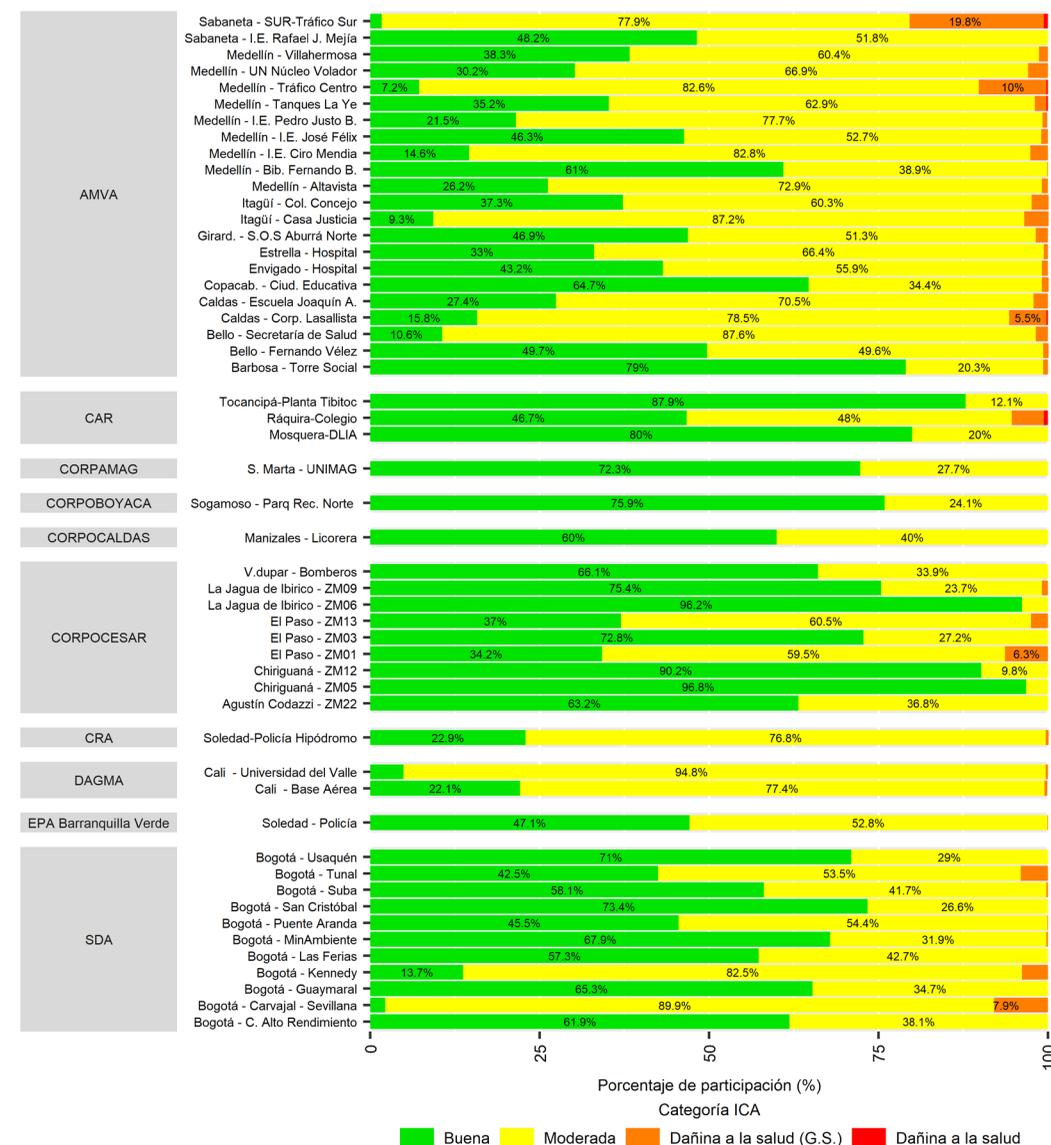
En cuanto a los días con excedencias al nivel máximo permisible diario se observa una tendencia hacia el aumento de las mismas, debido a la aplicación de un límite normativo mucho más restrictivo (a partir del 1 de julio de 2018 corresponde a 37 µg/m³). Las estaciones que a nivel nacional denotan con mayor severidad este cambio son: Carvajal - Sevillana y Tunal en jurisdicción de la SDA, y Trafico Centro, Colegio El Concejo y S.O.S. Aburra Norte en el área de competencia del AMVA.

Índice de Calidad del Aire - ICA

Los resultados del cálculo del Índice de Calidad del Aire para este contaminante indican que es el que tiene mayor potencial de afectación sobre la salud de la población, debido a que en algunas estaciones del país se reportan concentraciones Dañinas a la salud y Dañinas para Grupos Sensibles durante alguna época del año.

A nivel nacional, la estación de monitoreo que registro las concentraciones de material particulado menor a 2.5 micras más críticas, fue Tráfico Sur, localizada en competencia del AMVA, donde se registraron concentraciones Dañinas a la Salud (0,7%), Dañinas a la Salud de Grupos Sensibles (19,8%) y Moderadas (77,9%), lo cual podría ocasionar efectos adversos en personas con antecedentes cardiorrespiratorios que se sometían a una exposición prolongada. Situación similar se aprecia en las estaciones Tráfico Centro y Corporación Lasallista - Caldas, donde el 10% y 5,5% de las mediciones se ubican en categoría Dañina a la Salud de Grupos Sensibles, 82,6% y 78,5% en categoría moderada y únicamente el 7,2% y 15,8% de los registros con cualificación buena.

Figura 34. Índice de calidad del aire para Partículas Menores a 2.5 micras (PM_{2.5}) en 2018 para las estaciones de los SVCA de Colombia que presentaron una representatividad temporal igual o superior a 75%.



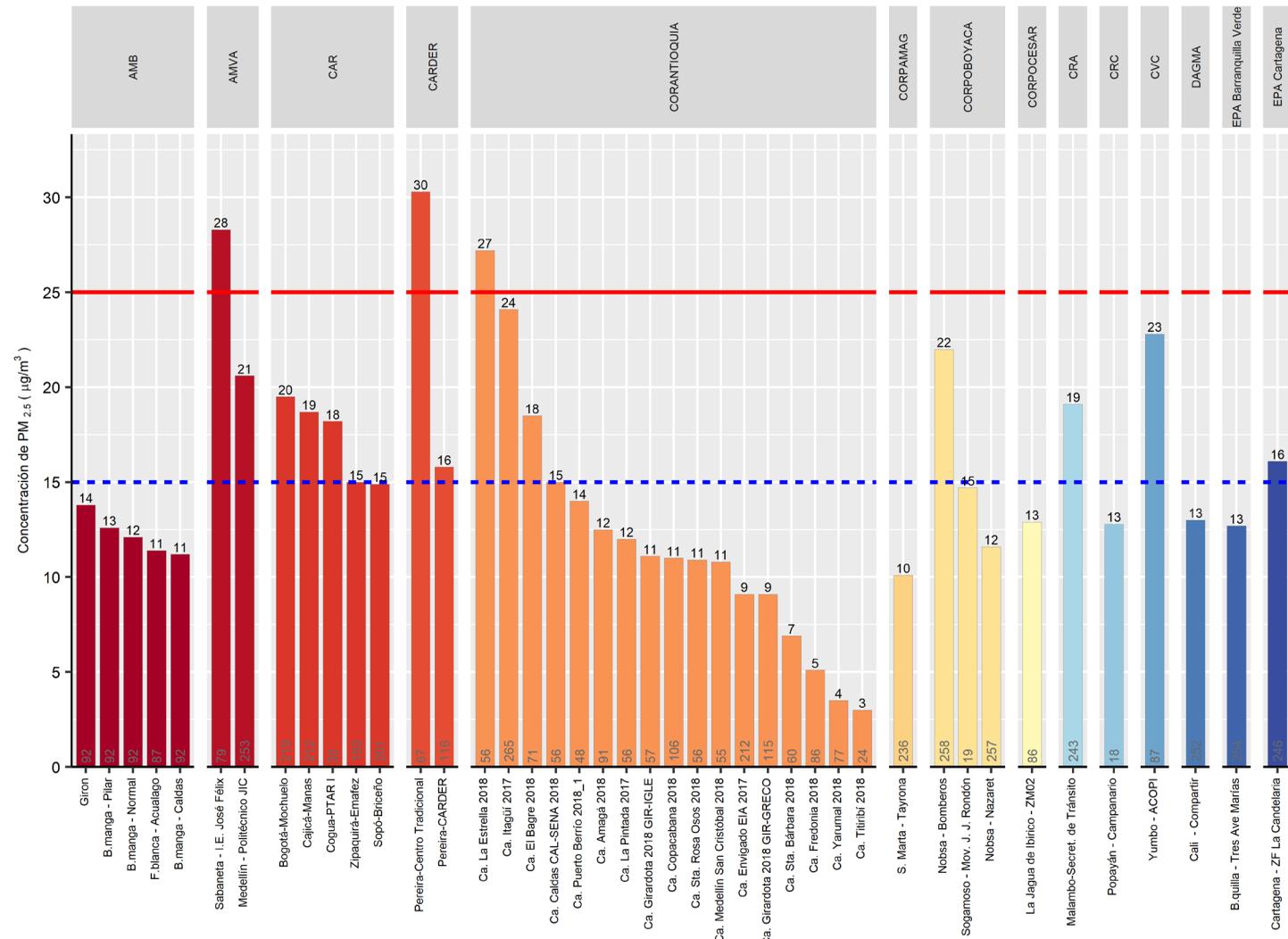
En cuanto a la jurisdicción de la Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá - SDA, el 7,9% de las mediciones de PM_{2.5} realizadas en la estación de monitoreo Carvajal - Sevillana se ubicaron en categoría Dañina a la Salud de Grupos Sensibles, el 89,9% en categoría moderada y únicamente el 6,9% en categoría buena. Por otra parte, las estaciones de monitoreo Kennedy y Tunal reportan el 3,8% y 4% de las mediciones en categoría Dañina a la Salud de Grupos Sensibles, el 82,5% y 53,4% en categoría moderada, y el 13,7% y 42,6% de los registros con cualificación buena.

En cuanto las estaciones de monitoreo Universidad del Valle y Base Aérea localizadas en jurisdicción del DAGMA, se obtuvieron concentraciones en categoría moderada durante el 94,8% y el 77,5% del tiempo total de medición.

Estaciones de monitoreo con representatividad temporal inferior al 75%

Las estaciones de monitoreo Institución Educativa José Félix – Sabaneta (AMVA), Pereira – Centro Tradicional (CARDER) y Campaña La Estrella 2018 (CORANTIOQUIA) registraron concentraciones promedio indicativas que superan el nivel máximo permisible anual de PM_{2.5} establecido por la Resolución 2254 de 2017, lo que conlleva a que las correspondientes Autoridades Ambientales refuercen las medidas de prevención y control para evitar la exposición de la población a altas concentraciones de este contaminante.

Figura 35. Concentraciones promedio anual de Partículas Menores a 2.5 micras (PM_{2.5}) en 2017 para las estaciones de los SVCA de Colombia que presentaron una representatividad temporal inferior a 75%.



El número que se muestra en la parte superior de cada barra representa el promedio anual del contaminante mientras que el ubicado en la parte inferior es el número de muestras válidas tomadas durante el año.

Res. 2254/2017 Res. 2254/2017 a 2030

Figura 36. Concentraciones promedio anual de Dióxido de Nitrógeno (NO₂) en 2018 para las estaciones de los SVCA de Colombia que presentaron una representatividad temporal igual o superior a 75%.

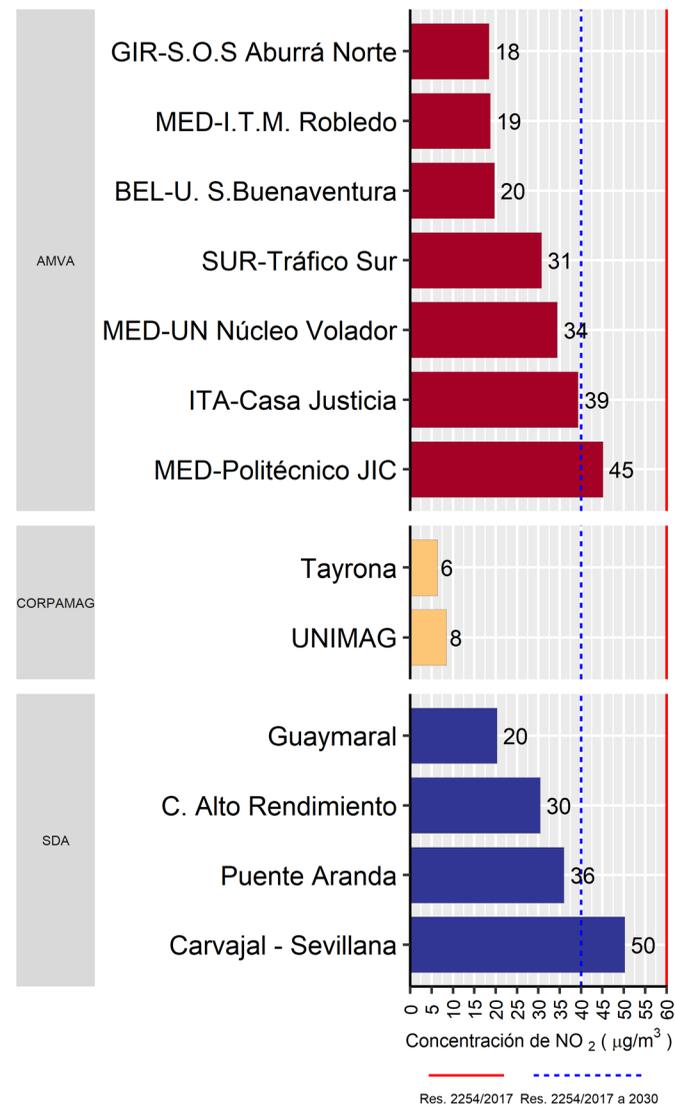
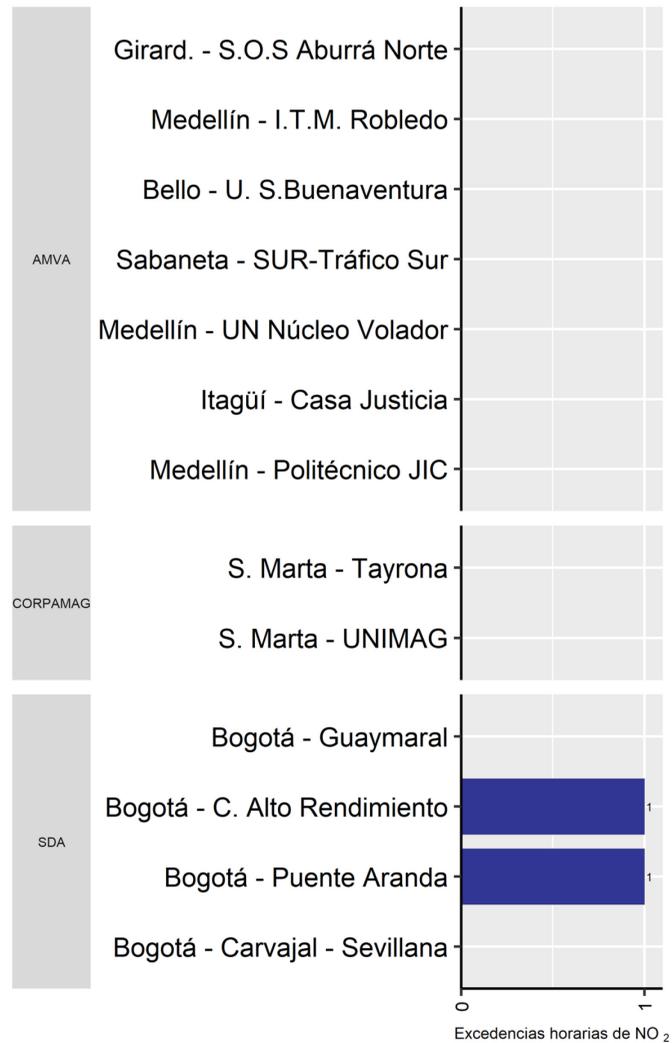


Figura 37. Días con excedencias al nivel máximo permisible horario para Dióxido de Nitrógeno (NO₂) en 2018, para las estaciones de los SVCA de Colombia que presentaron una representatividad temporal igual o superior a 75%.



5.3. Dióxido de Nitrógeno – NO₂

La Resolución 2254 de 2017 contempla niveles máximos permisibles para este contaminante de 60 µg/m³ para el tiempo de exposición anual y de 200 µg/m³ para una exposición horaria.

Concentraciones promedio anuales

Durante el año 2018, las concentraciones de este contaminante a nivel nacional se encontraron en niveles inferiores al 83% del nivel máximo permisible anual contemplado en la Resolución 2254 de 2017, siendo las estaciones Carvajal - Sevillana en Bogotá y Politécnico Jaime Isaza Cadavid en Medellín, las que registran las mayores concentraciones de este contaminante (50 µg/m³ y 45 µg/m³ respectivamente).

Estas dos estaciones son las únicas que se encuentran por encima del nivel objetivo de 40 µg/m³ al año 2030, establecido por la Resolución 2254 de 2017. De igual manera, se observa que, a nivel nacional 11 estaciones de monitoreo dan cumplimiento a dicha norma, lo que conlleva a que las correspondientes autoridades ambientales realicen planes y programas preventivos para evitar que se incrementen las concentraciones asociadas a este contaminante, el cual según los resultados del Inventario Indicativo Nacional de Contaminantes Criterio y Carbono Negro, están relacionados a procesos de combustión del sector transporte, y de las industrias manufactureras.

Excedencias al nivel máximo diario

Durante el año 2018, se presentaron excedencias al nivel máximo horario (200 µg/m³) contemplado en la Resolución 2254 de 2017, en las estaciones de monitoreo Centro de Alto Rendimiento y Puente Aranda, localizadas en la ciudad de Bogotá, en jurisdicción de la Secretaria Distrital de Ambiente.

Tendencias anuales 2017 - 2018

Las estaciones de monitoreo: Politécnico Jaime Isaza Cadavid, Sabaneta - Tráfico Sur, Medellín - Institución Universitaria Robledo y Girardota - S.O.S Aburrá Norte ubicadas en competencia del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, presentaron reducciones en las concentraciones de NO₂, que oscilaron entre -9,8% y -57,1%, mientras que, los puntos de monitoreo Itagüí - Casa de Justicia y Bello - Universidad de San Buenaventura de esta misma jurisdicción, y Centro de Alto Rendimiento y Puente Aranda de la Secretaría Distrital de Ambiente, reportaron incrementos porcentuales que fluctúan entre el 5,9% y 42,8%.

Con respecto a la variación de las excedencias horarias, se observan reducciones en la totalidad de estaciones de monitoreo del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, lo cual indica que no se están produciendo concentraciones excesivamente altas que conlleven a efectos agudos sobre la población que se localiza en el valle.

Estaciones de monitoreo con representatividad temporal inferior al 75%

En las estaciones de monitoreo con representatividad temporal inferior al 75%, se observa que la estación Medellín - Tráfico Centro supera, de manera indicativa, el nivel máximo permisible promedio anual (60 µg/m³) contemplado en la Resolución 2254 de 2017, mientras que, las demás estaciones de monitoreo reportaron concentraciones inferiores a dicho valor.

Para este contaminante, se recomienda a las Autoridades Ambientales implementar acciones para mejorar la tasa de operación de los equipos, así como planes preventivos que eviten el incremento de las concentraciones de este contaminante.

Figura 38. Variación del promedio anual de Dióxido de Nitrógeno (NO₂) para las estaciones de los SVCA que tienen una representatividad temporal igual o superior a 75%. Años 2017 y 2018.

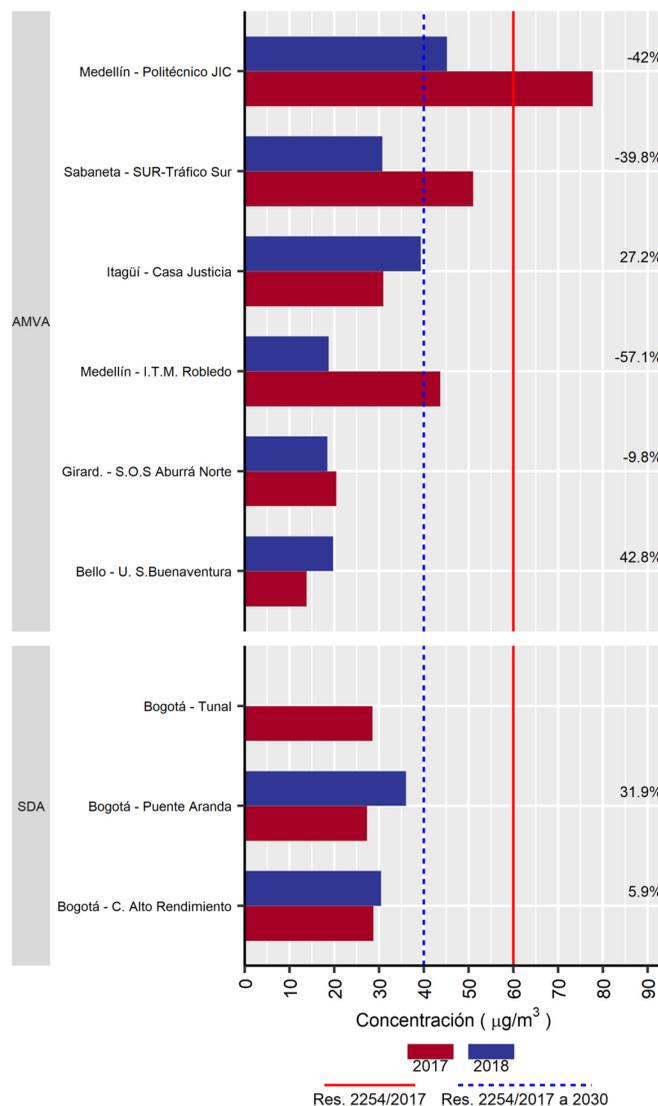


Figura 39. Variación anual de excedencias horarias de Dióxido de Nitrógeno (NO₂) para las estaciones de los SVCA que tienen una representatividad temporal igual o superior a 75%. Años 2017 y 2018.

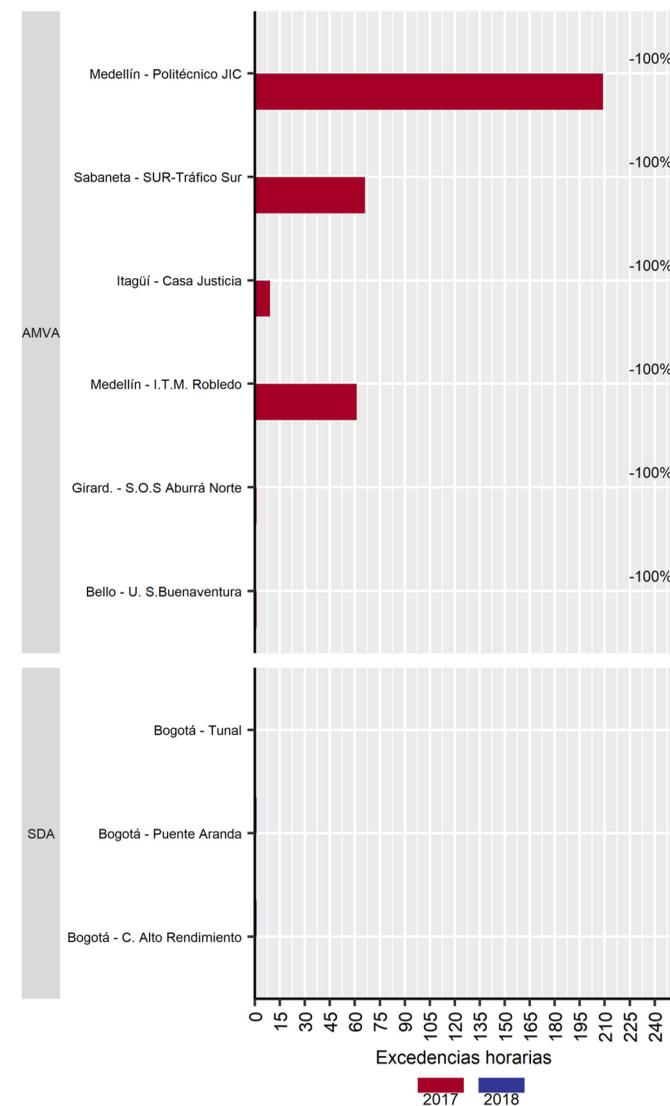
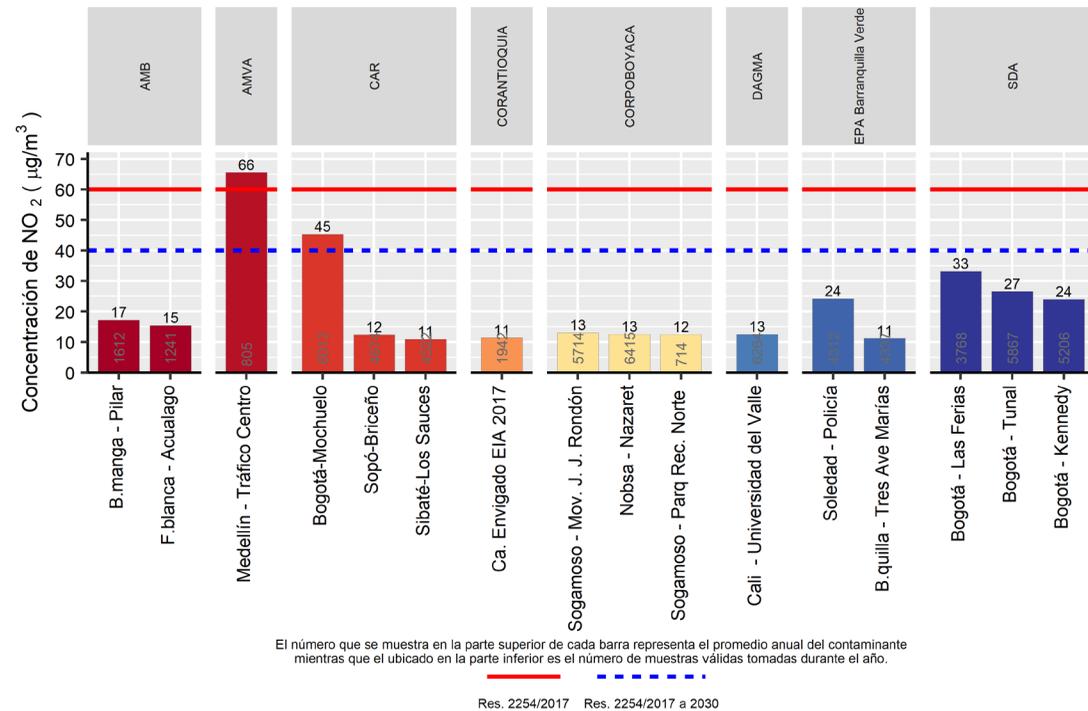


Figura 40. Concentraciones promedio anual de Dióxido de Nitrógeno (NO₂) en 2018 para las estaciones de los SVCA de Colombia que presentaron una representatividad temporal inferior a 75%.



5.4. Dióxido de Azufre – SO₂

La Resolución 2254 de 2017 define el cumplimiento de niveles máximos permisibles de 50 µg/m³ y 100 µg/m³ para tiempos de exposición diarios y horarios respectivamente. Este contaminante, se encuentra asociado a problemas de asma y bronquitis crónica, aumentando la morbilidad y mortalidad en personas mayores y niños. Los asmáticos y las personas con enfermedades pulmonares obstructivas crónicas (EPOC) y con problemas cardíacos son los más sensibles a los efectos del SO₂.

Las concentraciones promedio anual de este contaminante, se presentan de manera indicativa, para tener una referencia del comportamiento de este contaminante a nivel nacional.

Figura 41. Concentraciones promedio anual de Dióxido de Azufre (SO₂) en 2018 para las estaciones de los SVCA de Colombia que presentaron una representatividad temporal igual o superior a 75%.

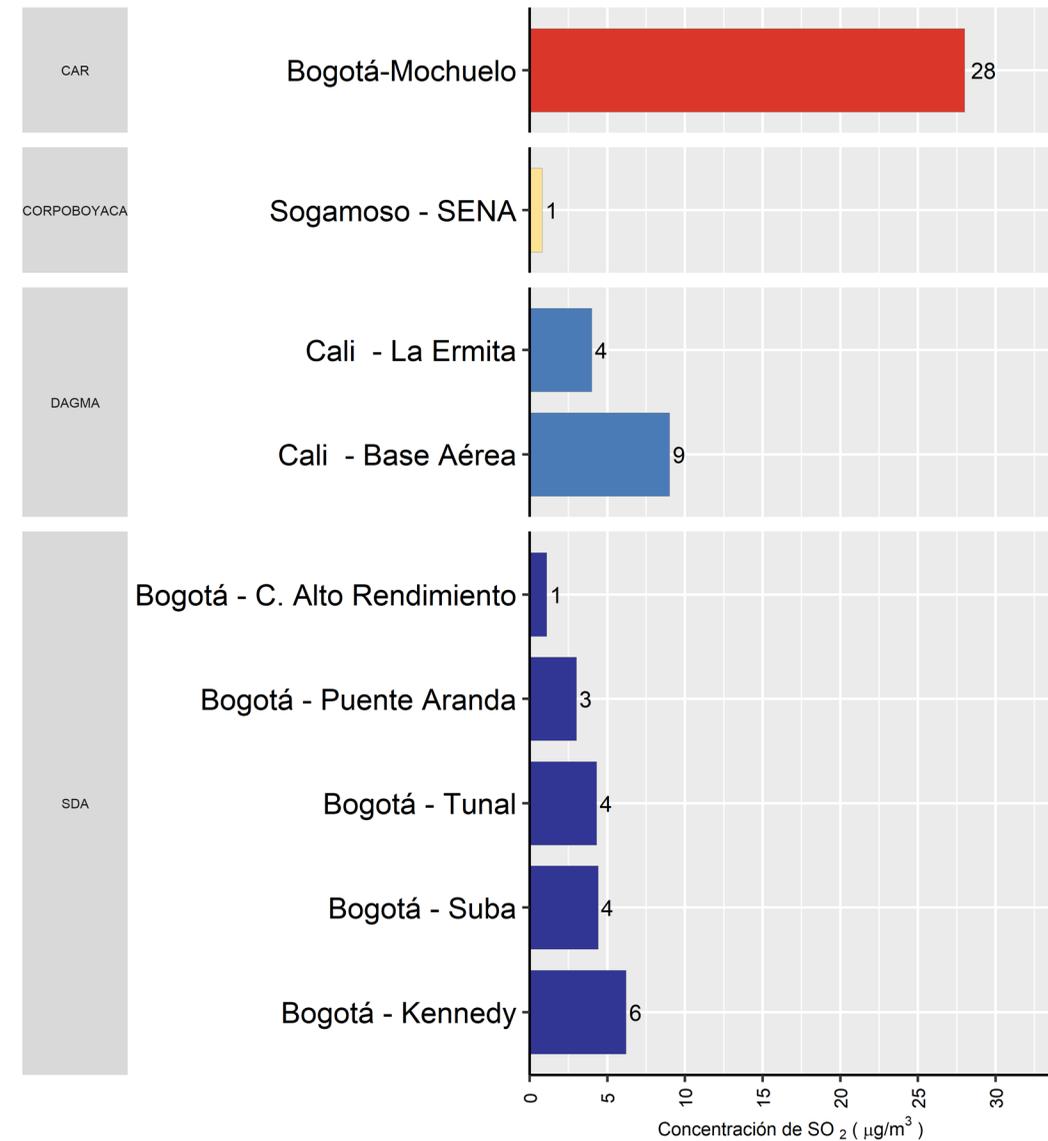
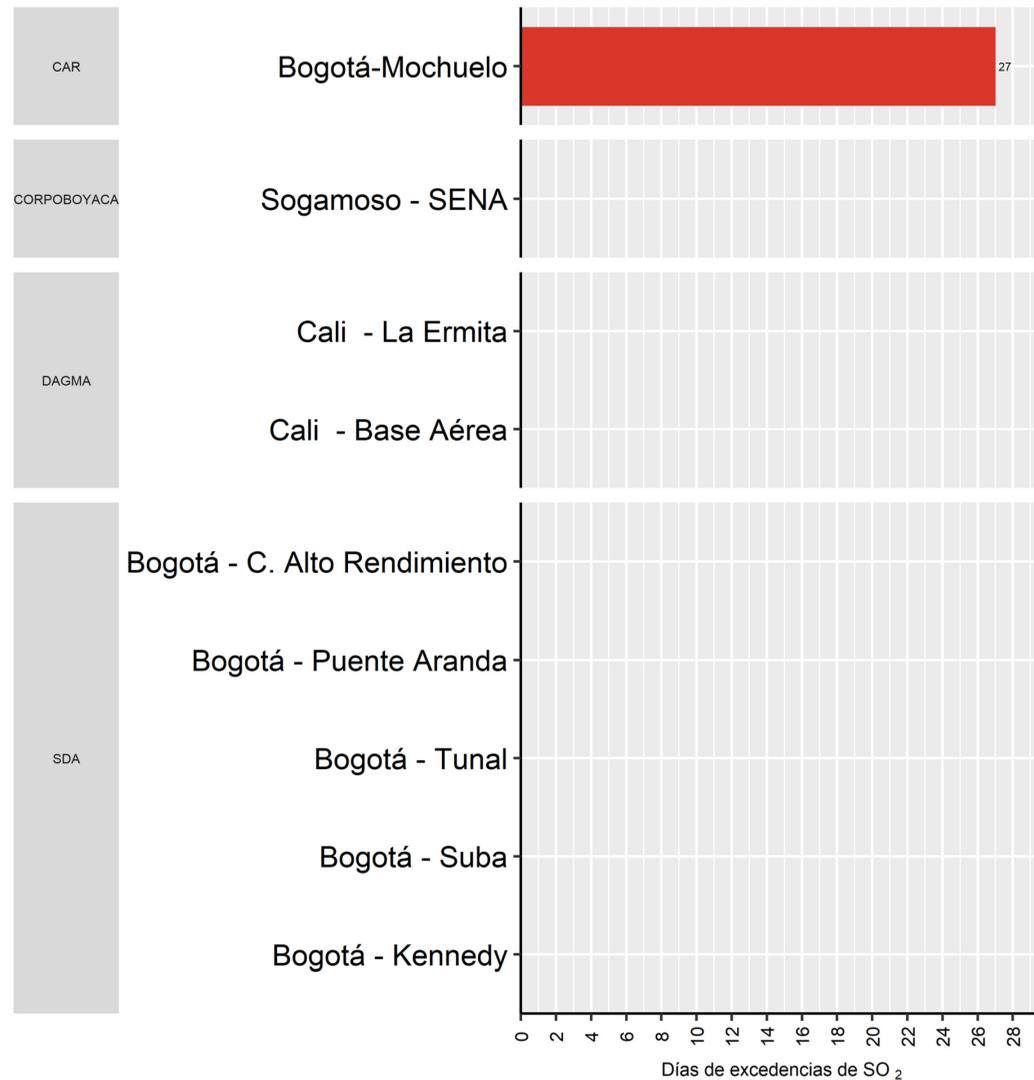


Figura 42. Días con excedencias al nivel máximo permisible diario para Dióxido de Azufre (SO₂) en 2018 para las estaciones de los SVCA de Colombia que presentaron una representatividad temporal igual o superior a 75%.



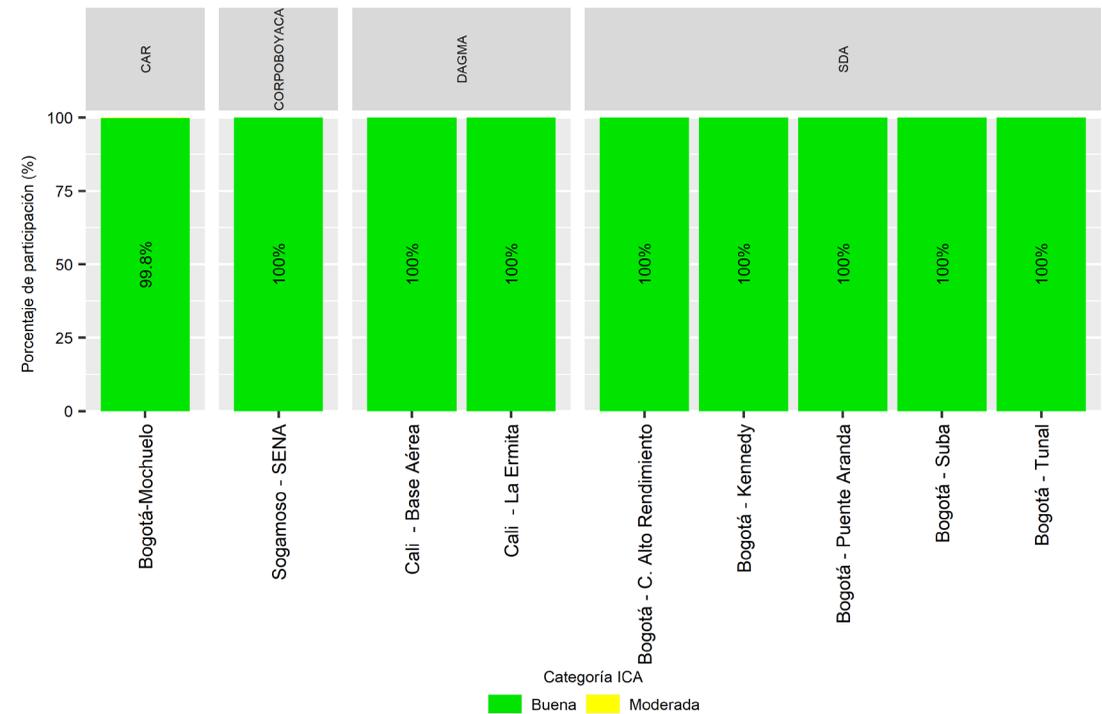
Concentraciones promedio anuales

Durante el año 2018, las máximas concentraciones obtenidas a nivel nacional se presentaron en la estación Bogotá – Mochuelo operada por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR, donde se presentaron 27 excedencias al nivel máximo permisible diario y 77 excedencias al nivel máximo permisible horario.

Por su parte, la estación de monitoreo Parque Recreacional del norte, ubicada en el municipio de Sogamoso en jurisdicción de CORPOBOYACA, presentó 6 excedencias al nivel máximo permisible horario (100 µg/m³).

Las demás estaciones de monitoreo ubicadas en el territorio nacional, no reportaron excedencias a los límites diarios u horarios, y sus concentraciones promedio anual oscilan entre 1 µg/m³ y 9 µg/m³, los cuales son considerablemente bajos y no representan efectos adversos ante exposiciones prolongadas.

Figura 43. Índice de calidad del aire para Dióxido de Azufre (SO₂) en 2018 para las estaciones de los SVCA de Colombia que presentaron una representatividad temporal igual o superior a 75%.



Índice de Calidad del Aire (ICA)

El Índice de calidad del aire obtenido para este contaminante revela que todas las concentraciones registradas a lo largo del año 2018 se ubicaron en la categoría buena, por lo que se descarta cualquier afectación o sintomatología asociada a la presencia de altas concentraciones de este contaminante en la atmósfera.

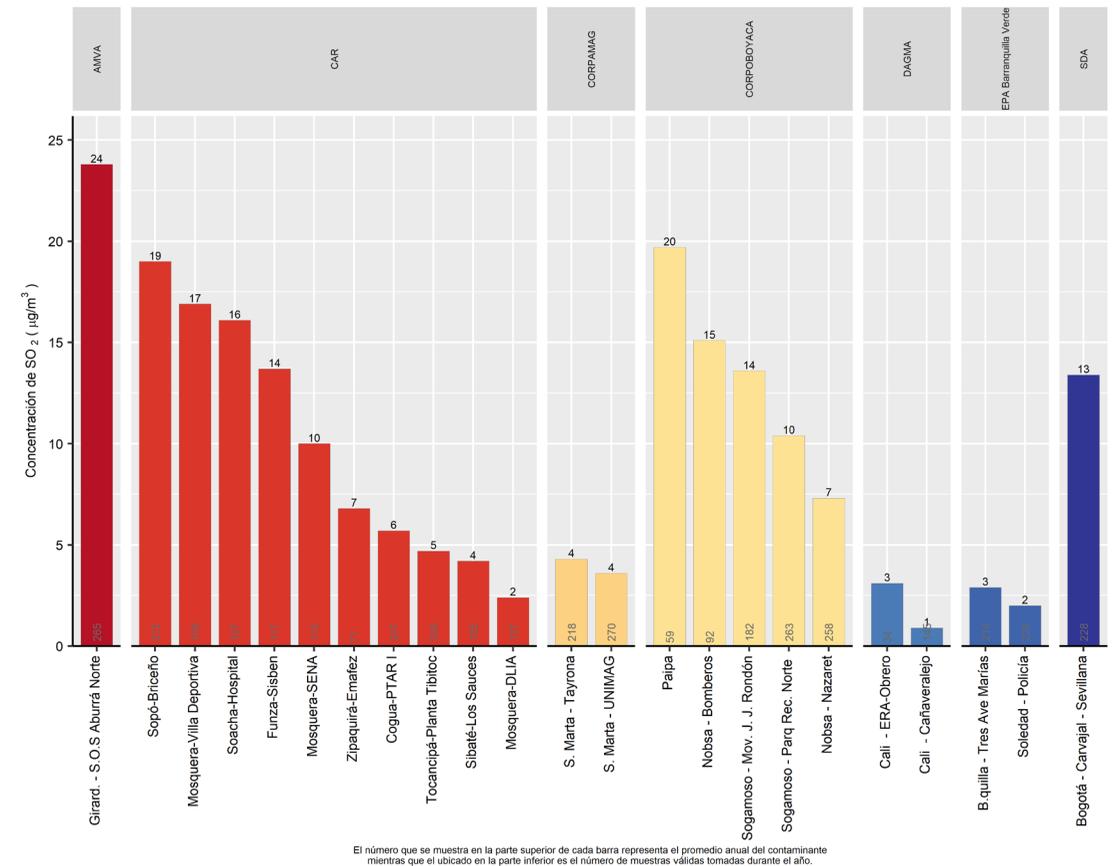
Estaciones de monitoreo con representatividad temporal inferior al 75%

Las concentraciones promedio anual obtenidas de manera indicativa para este contaminante, reflejan la inexistencia de efectos a largo plazo ocasionados por sus niveles en el aire ambiente. Sin embargo, y a pesar que algunas estaciones de monitoreo no operan de manera permanente, incumpliendo el criterio de representatividad temporal mayor al 75%, se presentan excedencias al nivel máximo permisible diario en: Girardota - S.O.S Aburrá Norte (2 días) del Área metropolitana del Valle de Aburra, Móvil Juan José Rondón (1 día) y Paipa (1 día) operadas por CORPOBOYACA.

De igual manera, se supera el nivel máximo permisible horario en las siguientes estaciones de monitoreo: Girardota – S.O.S Aburrá Norte (112 excedencias) operada por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá; Paipa (30 excedencias), Móvil Juan José Rondón (14 excedencias) y Nobsa – Bomberos (2 excedencias) en el área de competencia de la Corporación Autónoma Regional de Boyacá - CORPOBOYACA; Carvajal – Sevillana (14 excedencias) de la Secretaria Distrital de Ambiente y Tocancipá - Planta Tibitoc (10 excedencias) operada por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR.

Por lo anterior, se recomienda a las correspondientes Corporaciones Autónomas Regionales y Autoridades Ambientales de los Grandes Centros Urbanos, identificar las principales fuentes de emisión de este contaminante, e implementar las correspondientes medidas de prevención, control y reducción para evitar la exposición a concentraciones que puedan ocasionar efectos agudos sobre la salud de la población.

Figura 44. Concentraciones promedio anual de Dióxido de Azufre (SO₂) en 2018 para las estaciones de los SVCA de Colombia que presentaron una representatividad temporal inferior a 75%.



5.5. Ozono Troposférico – O₃

Las estaciones de monitoreo que evaluaron este contaminante y que cumplieron con el criterio de representatividad temporal superior al 75 %, se encuentran ubicadas en jurisdicción del Área Metropolitana del Valle de Aburrá - AMVA, de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga - CDMB, de la Corporación Autónoma Regional del Magdalena - CORPAMAG, de la Corporación Autónoma Regional de Boyacá - CORPOBOYACA, de la Corporación Autónoma Regional del Atlántico - CRA, del Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente de Cali - DAGMA, del Establecimiento Público Ambiental de Barranquilla - BARRANQUILLA VERDE y de la Secretaria Distrital de Ambiente de Bogotá - SDA.

La Resolución 2254 de 2017, establece un nivel máximo permisible de 100 µg/m³ para un tiempo de exposición de 8 horas, los cuales se evalúan a través de promedios móviles elaborados a partir de las mediciones horarias. En este contaminante no existe un límite anual y, por tanto, la evaluación del comportamiento de los promedios anuales carece de un valor de comparación.

Excedencias al nivel máximo octohorario

Las estaciones de monitoreo Universidad del Valle (22 días) y Pance (14 días), localizadas en jurisdicción del Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente (DAGMA) de la ciudad de Cali y Corporación Lasallista - Caldas (20 días) y Colegio Concejo - Itagüí (20 días), son los puntos de seguimiento que, a nivel nacional, presentan la mayor cantidad de días con excedencias al límite máximo permisible establecido para un tiempo de exposición de ocho horas.

Por su parte, las estaciones de monitoreo Universidad de Medellín, Universidad Nacional Núcleo Volador, Universidad de San Buenaventura, Tanques La Ye y S.O.S. Aburra Norte - Girardota pertenecientes al Área Metropolitana del Valle de Aburrá; Compartir en jurisdicción del Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente; Policía en el área de competencia del Establecimiento Público Ambiental de Barranquilla; MinAmbiente y Suba operadas por la Secretaría Distrital de Ambiente, reportaron al menos un día con excedencias al promedio octohorario, por lo que deben reforzarse los controles en las emisiones de los precursores que dan origen a esta sustancia.

Figura 45. Días con excedencias al nivel máximo permisible octohorario para Ozono (O₃) en 2018, para las estaciones de los SVCA de Colombia que presentaron una representatividad temporal igual o superior a 75%.

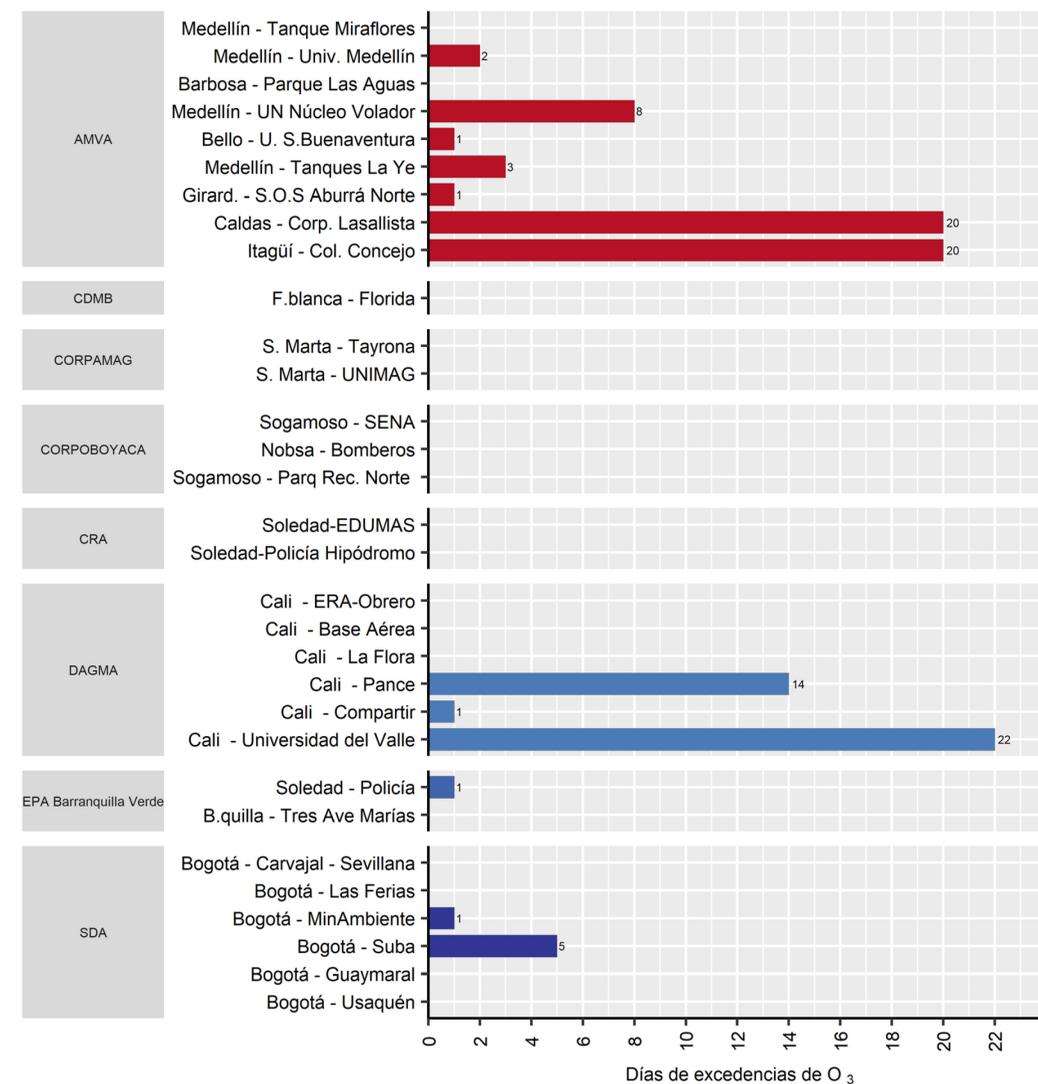
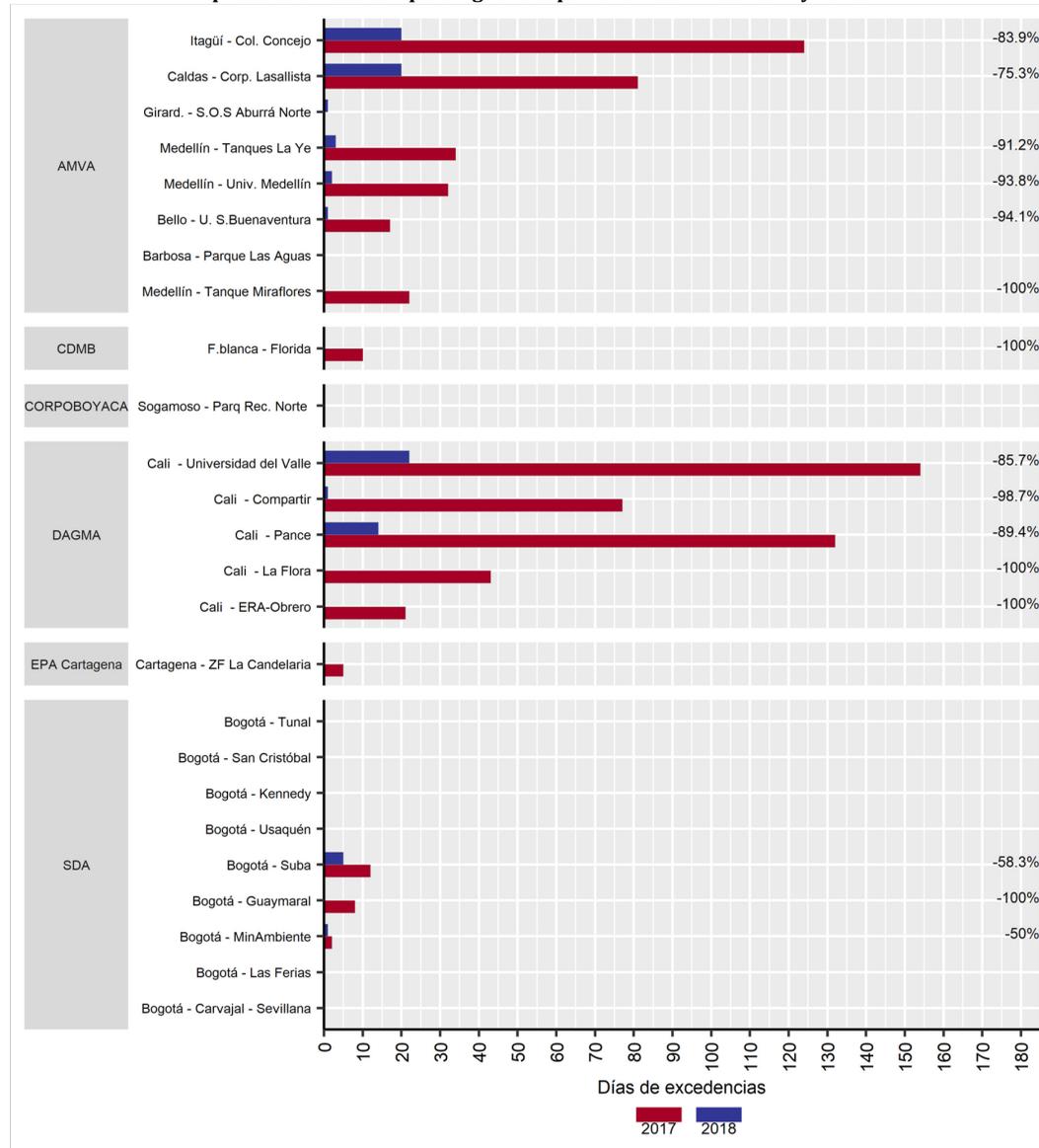


Figura 46. Variación anual de días con excedencias de Ozono (O₃) para las estaciones de los SVCA que tienen una representatividad temporal igual o superior a 75%. Años 2017 y 2018.



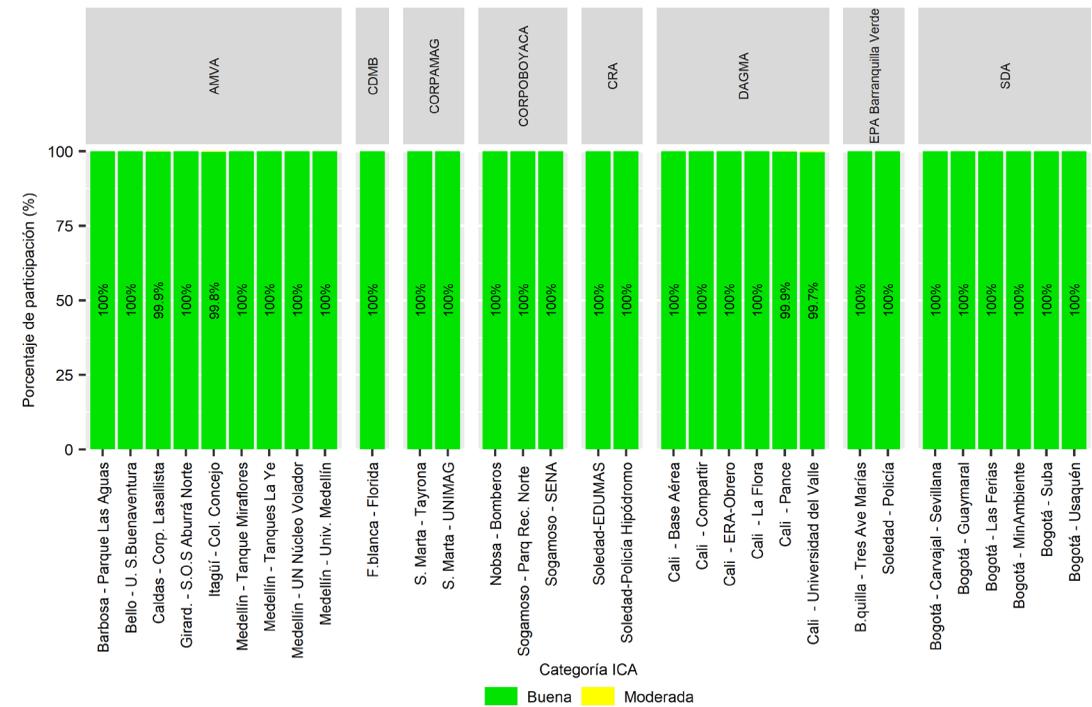
Tendencias anuales 2017 - 2018

La totalidad de las estaciones de monitoreo que evaluaron esta variable reportan reducción en el número de días en los cuales se excede el nivel máximo promedio octohorario establecido por la Resolución 2254 de 2017 para esta variable. Las reducciones reportadas oscilan entre el 50% y el 100% a nivel nacional.

Índice de Calidad del Aire - ICA

La mayoría de las mediciones realizadas a nivel nacional para este contaminante se ubicaron en la categoría buena, descartando cualquier efecto a la salud de la población expuesta a las concentraciones reportadas.

Figura 47. Índice de calidad del aire para Ozono (O₃) en 2018 para las estaciones de los SVCA de Colombia que presentaron una representatividad temporal igual o superior a 75%.

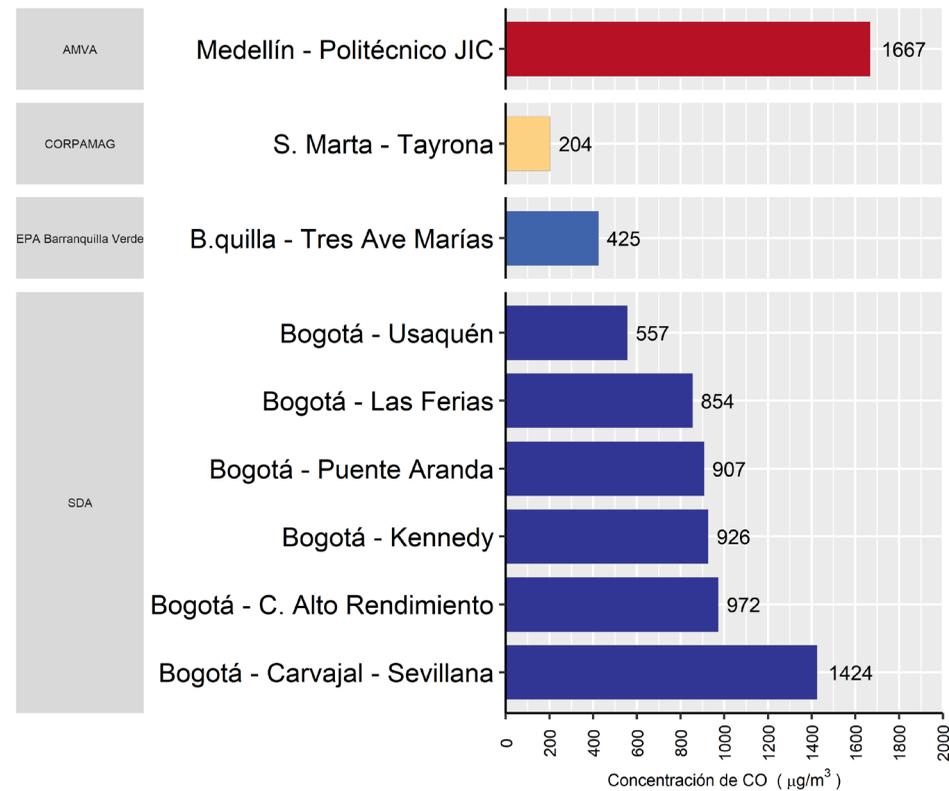


5.6. Monóxido de Carbono - CO

Este gas es producto de la combustión incompleta, y la importancia de su seguimiento y control radica en que durante los procesos de respiración tiene la capacidad de sustituir al oxígeno en la hemoglobina de la sangre, por lo cual interfiere en la transferencia de oxígeno a los tejidos, lo cual en altas concentraciones puede ser mortal.

La Resolución 2254 de 2017, establece los niveles máximos permisibles de CO en el aire ambiente, en 35.000 µg/m³ y 5.000 µg/m³ para tiempos de exposición de 1 hora y 8 horas. Al igual que lo ocurrido con el Ozono, en este contaminante no existe un límite anual, por tanto, la evaluación del comportamiento de los promedios anuales carece de un valor de comparación.

Figura 48. Concentraciones promedio anual de Monóxido de Carbono (CO) en 2018, para las estaciones de los SVCA de Colombia que presentaron una representatividad temporal igual o superior a 75%.



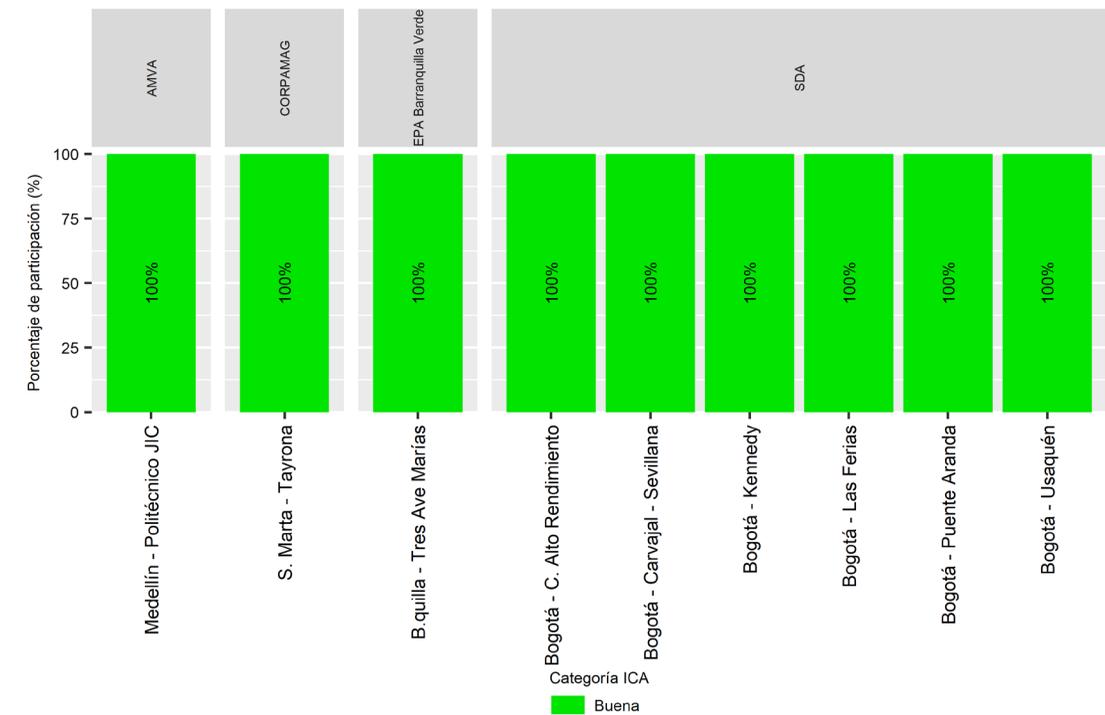
Excedencias al nivel máximo octohorario.

Durante el año 2018, ninguna de las estaciones de monitoreo que realizó monitoreo y seguimiento a esta variable reportó concentraciones por encima del nivel máximo permisible octohorario. Sin embargo, los mayores reportes promedio anual se presentan en las estaciones Politécnico Jaime Isaza Cadavid (AMVA) y Carvajal - Sevillana (SDA) con concentraciones de 1667 µg/m³ y 1424 µg/m³ respectivamente.

Índice de Calidad del Aire - ICA

A nivel nacional, el 100% de las mediciones realizadas para este contaminante se ubican en la categoría del índice de calidad del aire “buena”, razón por la cual, los registros obtenidos, no representan ningún efecto adverso para la salud de la población y el ambiente.

Figura 49. Índice de calidad del aire para Monóxido de Carbono (CO) en 2018 para las estaciones de los SVCA de Colombia que presentaron una representatividad temporal igual o superior a 75%.



5.7. Evaluación del indicador de seguimiento de la Política de Prevención y Control de la Contaminación del Aire.

En el año 2010, el Consejo Nacional Ambiental realizó la adopción de la Política de Prevención y Control de la Contaminación del Aire, estableciendo un plan de acción con el objetivo de alcanzar niveles de calidad del aire que garanticen el bienestar del ser humano y el ambiente.

Para realizar el seguimiento, y evaluar la efectividad de las medidas implementadas, la política definió una serie de indicadores, entre los cuales se encuentra el “Porcentaje de estaciones de calidad del aire, reportando cumplimiento de la norma de calidad del aire en el país”.

Con el fin de evaluar el estado de avance de dicho indicador, se realizó el correspondiente cálculo, a partir del total de estaciones que cumplieron con el criterio de representatividad temporal superior al 75%; para ello, y teniendo en cuenta que el aire es una mezcla de sustancias y partículas disueltas o suspendidas, se asumió que si alguna de las estaciones de monitoreo instaladas en el país incumplía la norma en alguno de los parámetros evaluados, la totalidad de la estación de monitoreo incumple con la norma de calidad del aire en el país.

$$\frac{\text{No. estaciones de monitoreo que incumplen en algún parámetro}}{\text{No. total de estaciones con representatividad temporal} \geq 75\%} * 100$$

Los resultados de dicho cálculo indican que el 93,8% de las estaciones de monitoreo de calidad del aire en el país reportan cumplimiento de los niveles de inmisión regulados por la Resolución 2254 de 2017.

En comparación con el año inmediatamente anterior, el indicador tuvo un aumento de 7,3%, debido a la implementación de planes y programas de prevención, control y reducción de la contaminación atmosférica, al desarrollo de proyectos de producción más limpia y al cierre o suspensión de fuentes emisoras por parte de las Autoridades Ambientales.

La evaluación de este indicador por contaminante a nivel nacional, señala que **el 94,5% de las estaciones de monitoreo que evaluaron material particulado menor a 10 micras (PM₁₀), reportaron cumplimiento de la normativa establecida para este parámetro, mientras que, del total de estaciones de monitoreo que evaluaron material particulado menor a 2,5 micras (PM_{2.5}), el 94,2% reportaron cumplimiento del nivel máximo permisible anual establecido por la Resolución 2254 de 2017, para esta sustancia.**

Figura 50. Porcentaje de estaciones que reportaron cumplimiento de la norma de calidad del aire durante 2014 - 2018.

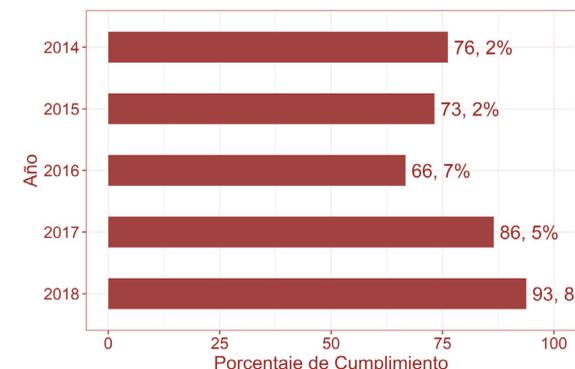
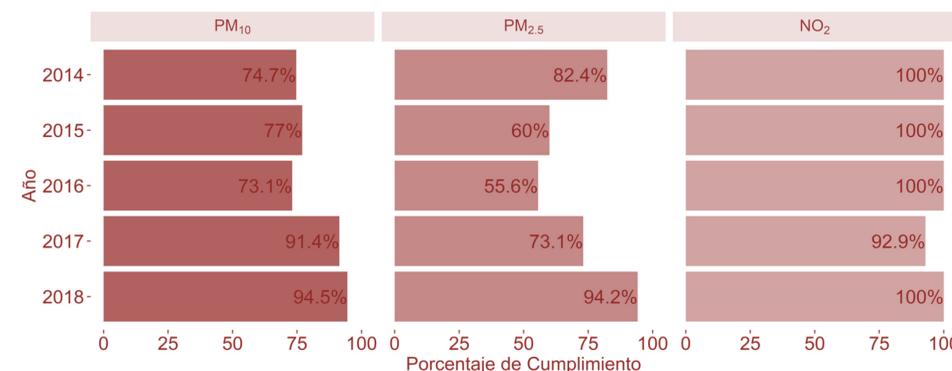
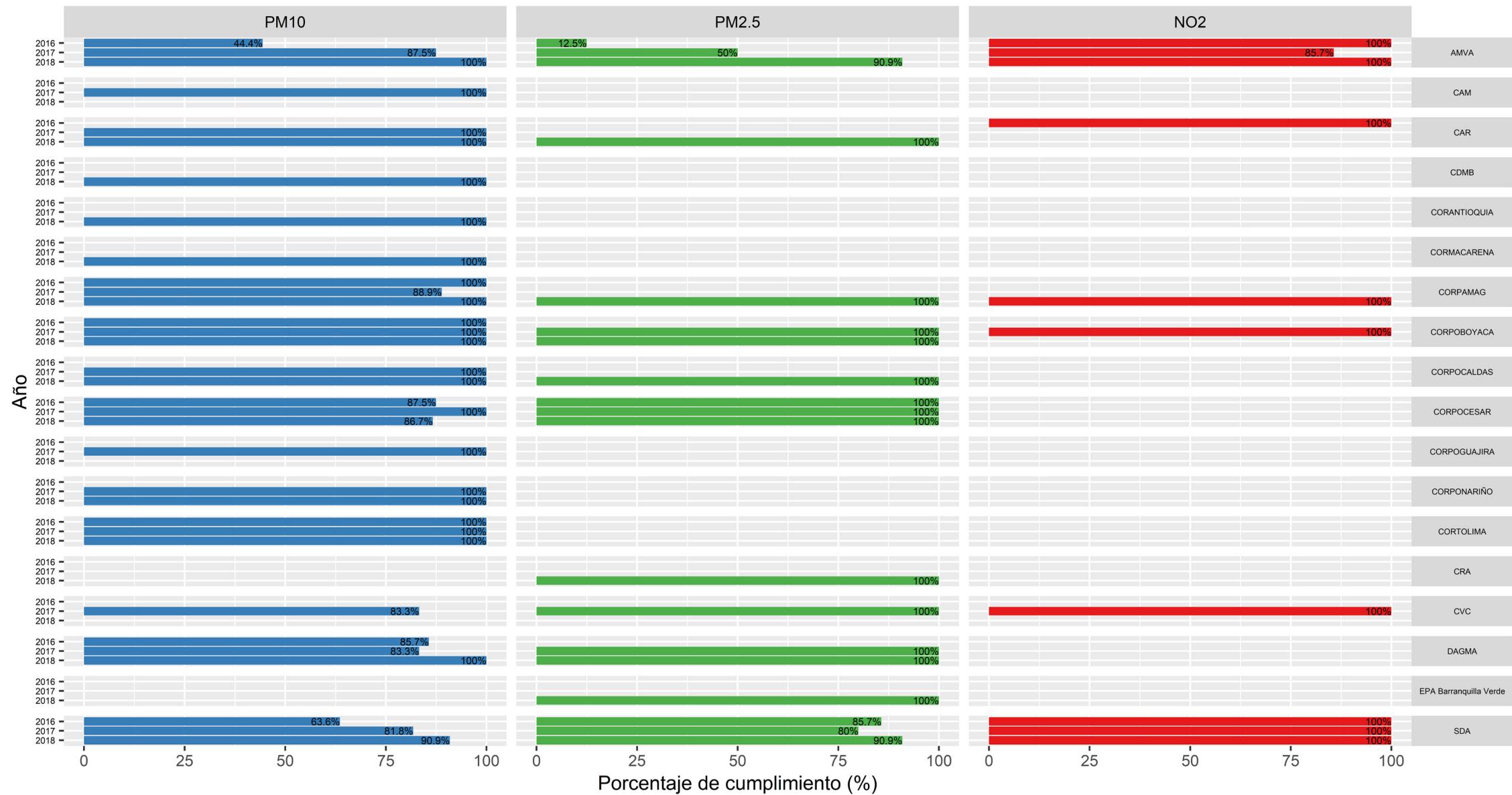


Figura 51. Porcentaje de estaciones que reportaron cumplimiento de la norma de calidad del aire por parámetro durante 2018.



Por su parte, la valoración de este indicador por contaminante a nivel regional, indica que con excepción de los Sistemas de Vigilancia ubicados en jurisdicción de la Secretaria Distrital de Ambiente (SDA) y de la Corporación Autónoma Regional del Cesar (CORPOCESAR), el porcentaje de cumplimiento normativo del material particulado menor a 10 micras es del 100%, debido a la implementación de medidas eficaces de prevención y control. A pesar de los buenos resultados, se deben realizar grandes esfuerzos técnicos y económicos para cumplir con los niveles establecidos por la Resolución 2254 de 2017 como obligatorios a partir del año 2030, lo cual permitiría la adopción de metas mucho más ambiciosas, como son los niveles guía de la OMS.

Figura 52. Porcentaje de estaciones que reportaron cumplimiento de la norma de calidad del aire, por Autoridad Ambiental y por parámetro, durante 2017.



6. INFLUENCIA DE LA METEOROLOGÍA EN LA CALIDAD DEL AIRE

La meteorología juega un papel fundamental en la dispersión, concentración y transporte de un contaminante en la atmósfera. De este modo influye en el comportamiento y permanencia de las diferentes sustancias contaminantes sobre una ciudad o región, lo cual conduce a la existencia de una alta variabilidad en las concentraciones evaluadas en una estación de monitoreo. Por tal motivo, en el presente capítulo se realiza un análisis de cruce de contaminantes atmosféricos con datos de variables meteorológicas, reportados por las estaciones de monitoreo de calidad del aire.

De las nueve jurisdicciones que, durante el año 2018, realizaron reporte al SISAIRE de sus variables meteorológicas (AMB, AMVA, CDMB, CORANTIOQUIA, CORMACARENA, CORPAMAG, CORPOBOYACA, DAGMA y EPA Barranquilla Verde), se seleccionaron para el análisis las series que cumplen con el criterio de representatividad temporal superior al 75%, siguiendo de este modo los lineamientos establecidos en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire.

Una vez seleccionadas las series, se realizó el procesamiento de las bases de datos a través del software computacional de código abierto R (R Core Team, 2017), donde para los análisis específicos se utilizó el paquete openair (Carslaw & Ropkins, 2012; Carslaw D. C., 2015) el cual proporciona herramientas para análisis especializados en calidad del aire, incluyendo análisis con meteorología. Los resultados obtenidos permiten establecer el origen, destino, variabilidad e influencia de los contaminantes atmosféricos en la zona circundante de cada una de las estaciones analizadas.

Debido a la disponibilidad de información, y a la representatividad de sus series, el presente análisis se centra en los sistemas de vigilancia de calidad del aire operados por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA), el Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente (DAGMA) y la Corporación Autónoma Regional de Boyacá (CORPOBOYACÁ).

INTERPRETACIÓN DE LOS DIAGRAMAS

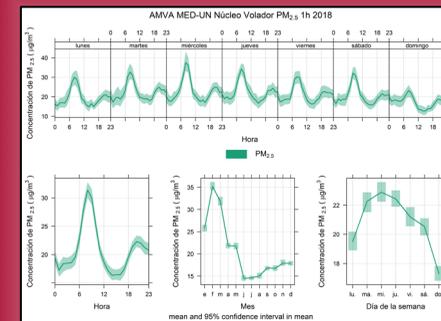
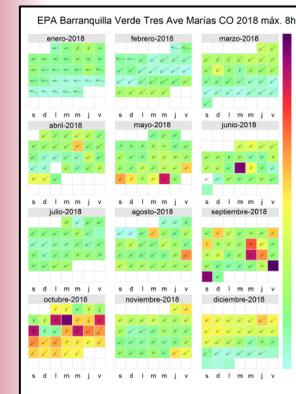


Gráfico de Variación Temporal

Permite evaluar el comportamiento temporal de un contaminante, facilitando la identificación de las concentraciones más altas o bajas, a través de las horas del día, los días de la semana, o los meses del año.



Calendario de Contaminación

A través de una escala coroplética permite identificar los días en el año en los que se presentan las concentraciones más altas o más bajas de un determinado contaminante.

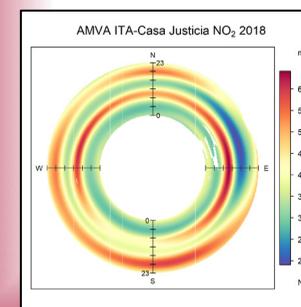


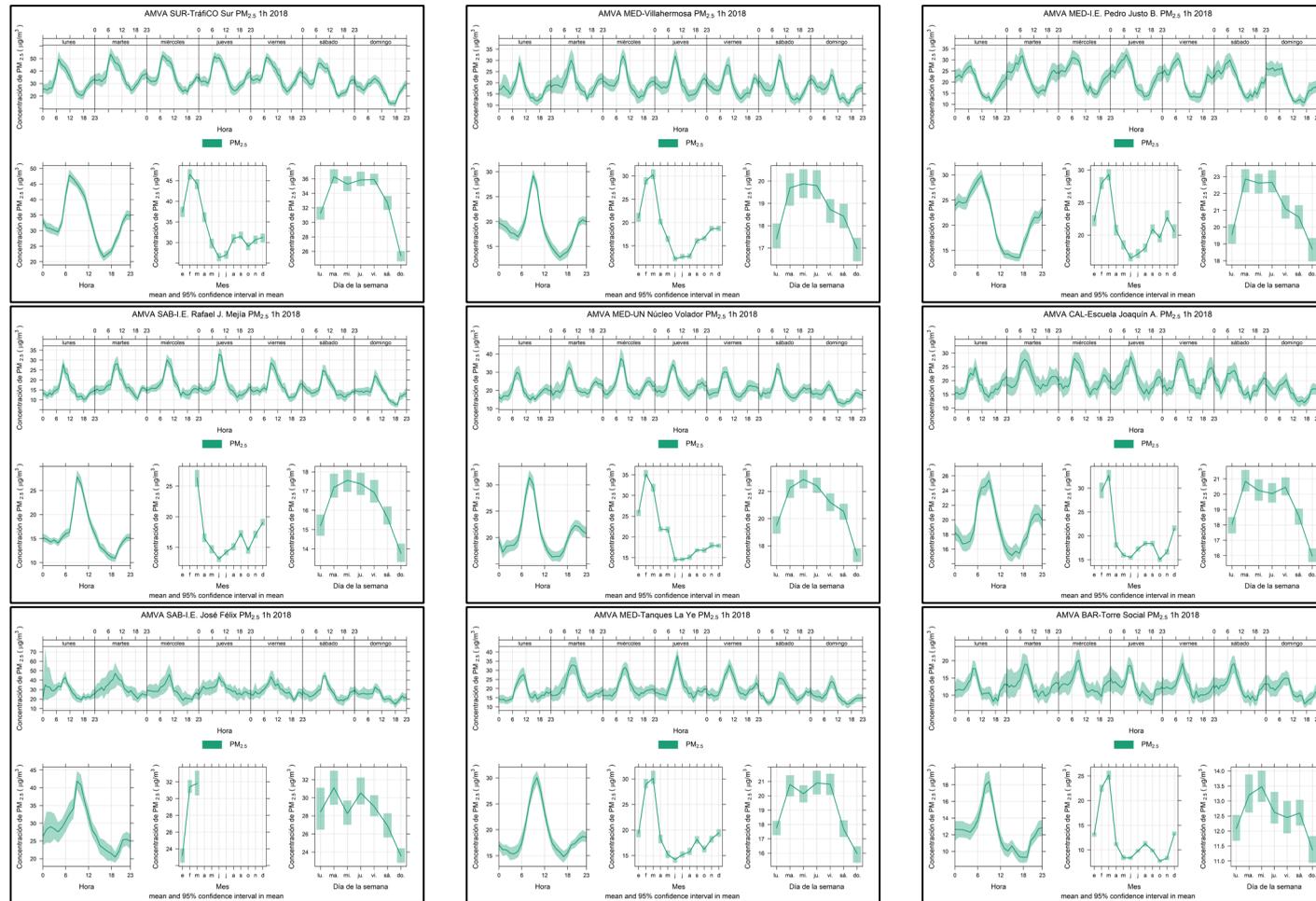
Diagrama Polar Anular

Relaciona las concentraciones de un contaminante, con la dirección del viento y las horas del día, permitiendo identificar temporalmente, los puntos cardinales de los cuales provienen los mayores niveles de contaminación.

Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA)

Debido a sus características topográficas y geomorfológicas angostas y encajonadas, el Valle de Aburrá es una cuenca donde al aire se le dificulta circular. En ciertas épocas del año, la ventilación dentro del valle no es suficiente para remover la cantidad de gases emitidos por las diferentes fuentes de emisión que se localizan en los diez municipios que componen la región.

Figura 53. Variación temporal del Material Particulado Menor a 2.5 micras (PM_{2.5}) en las estaciones del Área Metropolitana del Valle de Aburrá durante 2018.



La variación horaria (Figura 53) muestra que entre las 8:00 y 10:00 horas se presentan las concentraciones más críticas durante el día, mientras que, entre las 21:00 y 23:00 se registra un segundo pico con menor intensidad, los cuales están asociados a la circulación del tránsito automotor.

Esta situación es confirmada por los diagramas polares anulares (Figuras 55, 56 y 57), en especial de los observados para las estaciones Tráfico Centro y Tráfico Sur, en los que se aprecia claramente la influencia de la hora pico de las fuentes móviles sobre las concentraciones de los contaminantes evaluados.

Por otra parte, en esta región durante los periodos de febrero – marzo y octubre – noviembre, se presenta la transición entre la época seca y la época de lluvias, lo cual incide en la formación de nubosidad con poca altura que impide la adecuada dispersión de los gases. Por tal motivo, las variaciones temporales de la variable PM_{2.5}, muestran la existencia de dos periodos en el año con altas concentraciones de material particulado.

Lo anterior se corrobora con los calendarios de contaminación (Figura 54) para las estaciones de monitoreo que evaluaron este contaminante en la jurisdicción, los cuales denotan el periodo crítico apreciado en el mes de marzo, el cual ha obligado a la activación del Plan Operacional para Enfrentar Episodios de Contaminación – POECA.

Con respecto al Dióxido de Nitrógeno, las estaciones de monitoreo Medellín – Tráfico Centro, Medellín – Politécnico Jaime Isaza Cadavid y Medellín – U.N. Núcleo El Volador, muestran la alta variabilidad en las emisiones de este contaminante, lo cual está asociado al funcionamiento particular de las fuentes de emisión y su incidencia sobre cada una de las estaciones de monitoreo.

Figura 54. Calendario de contaminación para las estaciones del Área Metropolitana del Valle de Aburrá que evaluaron Material Particulado Menor a 2,5 micras (PM_{2.5}) durante el año 2018.



Figura 55. Diagrama polar anular, para las estaciones de monitoreo del Área Metropolitana del Valle de Aburrá que evaluaron PM₁₀.

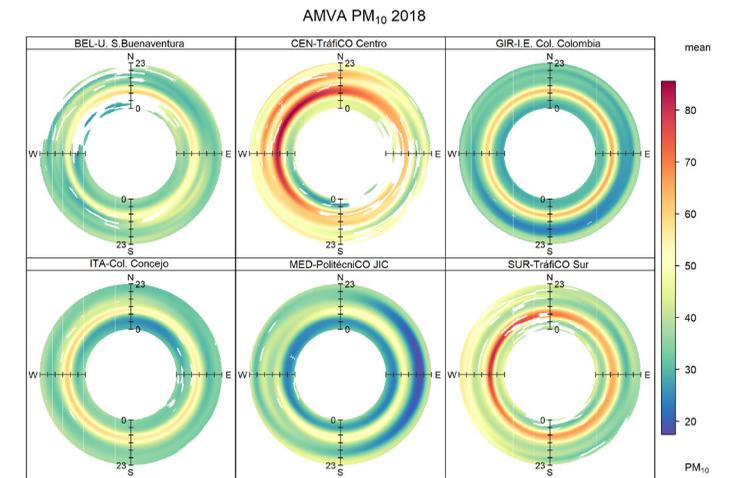


Figura 56. Diagrama polar anular, para las estaciones de monitoreo del Área Metropolitana del Valle de Aburrá que evaluaron PM_{2.5}.

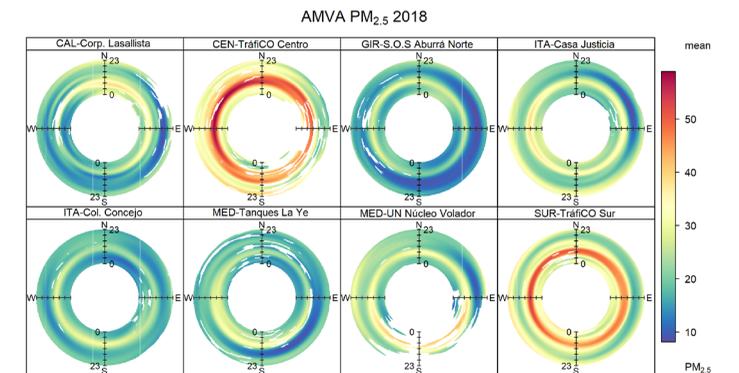


Figura 57. Diagrama polar anular, para las estaciones de monitoreo del Área Metropolitana del Valle de Aburrá que evaluaron NO₂

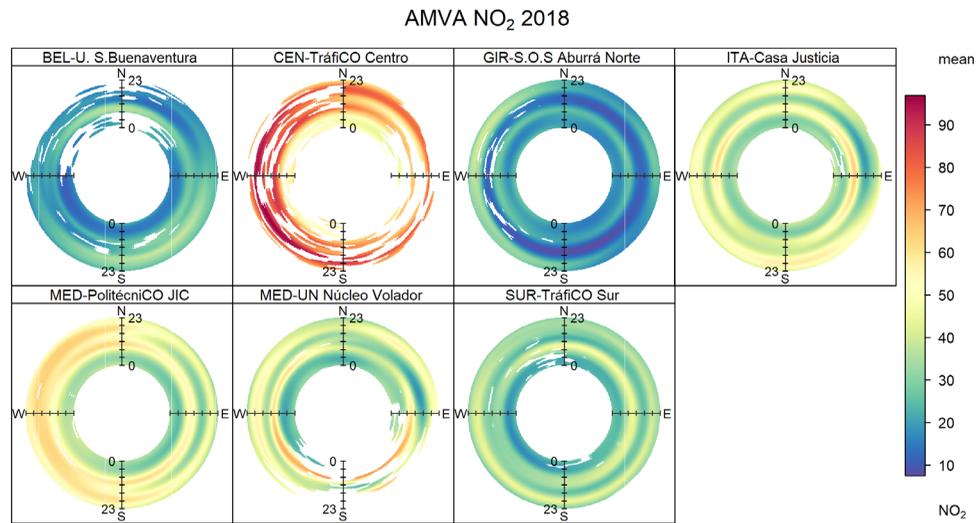
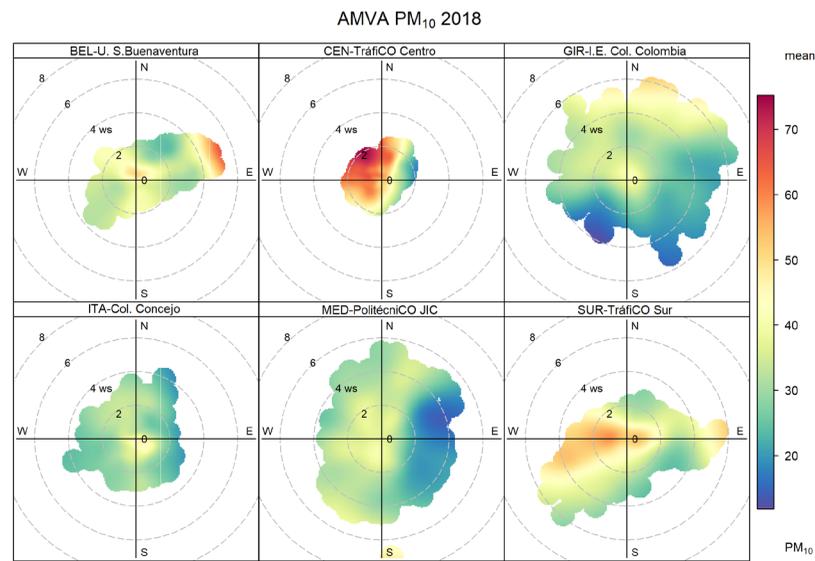


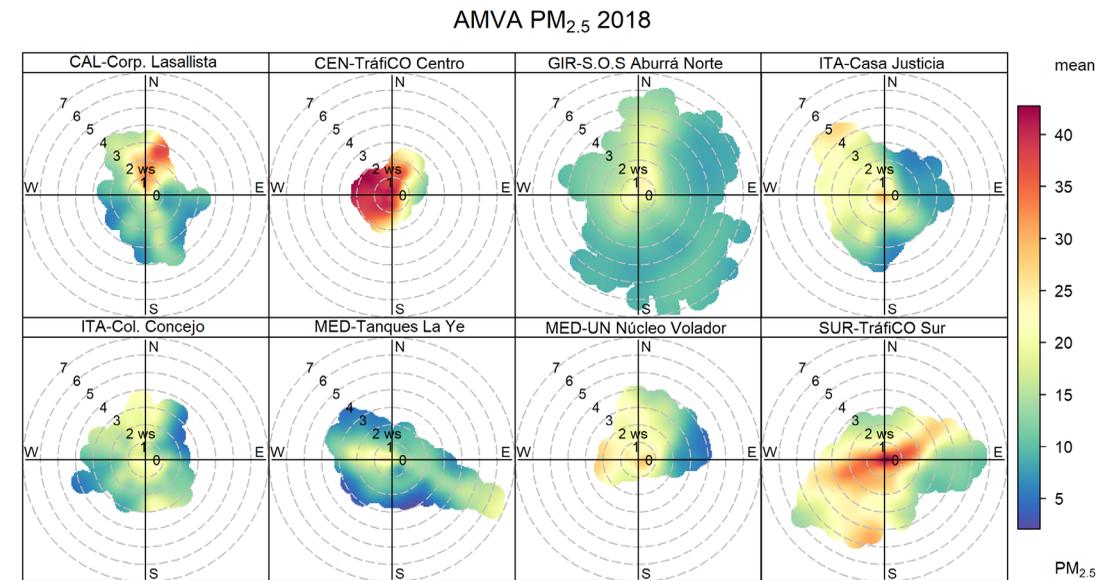
Figura 58. Diagrama polar para las estaciones de monitoreo del Área Metropolitana del Valle de Aburrá que evaluaron PM₁₀



Entre tanto, los diagramas polares (Figuras 58 y 59) revelan que las estaciones de monitoreo Tráfico – Centro y Tráfico – Sur, reciben concentraciones variables de material particulado incluso en periodos de calma. Estas dos estaciones, al ser de tráfico, hacen más notorias las concentraciones detectadas debido a la cercanía de los equipos analizadores con las fuentes de emisión.

Para el caso de las estaciones Bello – Universidad San Buenaventura y Girardota – Institución Educativa Colegio Colombia, se aprecia que los mayores aportes de material particulado provienen de la dirección Noreste, con velocidades que oscilan entre los 2 m/s y 4 m/s.

Figura 59. Diagrama polar para las estaciones de monitoreo del Área Metropolitana del Valle de Aburrá que evaluaron PM_{2.5}.



Por su parte, los diagramas polares obtenidos para el contaminante Partículas Menores a 2.5 micras (PM_{2.5}) en el área de jurisdicción del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, indican que las estaciones de monitoreo Caldas – Corporación Lasallista, Medellín - Tráfico Centro y Sabaneta – Tráfico Sur, reciben en su mayoría concentraciones provenientes de fenómenos locales y de fuentes de emisión localizadas en el área de influencia directa.

Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente (DAGMA)

Los gráficos de variación temporal (Figura 60) obtenidos para Santiago de Cali revelan que los meses de marzo, agosto y diciembre de 2018, fueron los que registraron en promedio, las mayores concentraciones promedio anual de Partículas Menores a 10 Micras (PM₁₀). En contraste, los meses de febrero, octubre y noviembre, son los que reportan los menores niveles en el aire ambiente de este contaminante.

Figura 60. Variación temporal del Material Particulado Menor a 10 micras (PM₁₀) en las estaciones del DAGMA durante 2018.

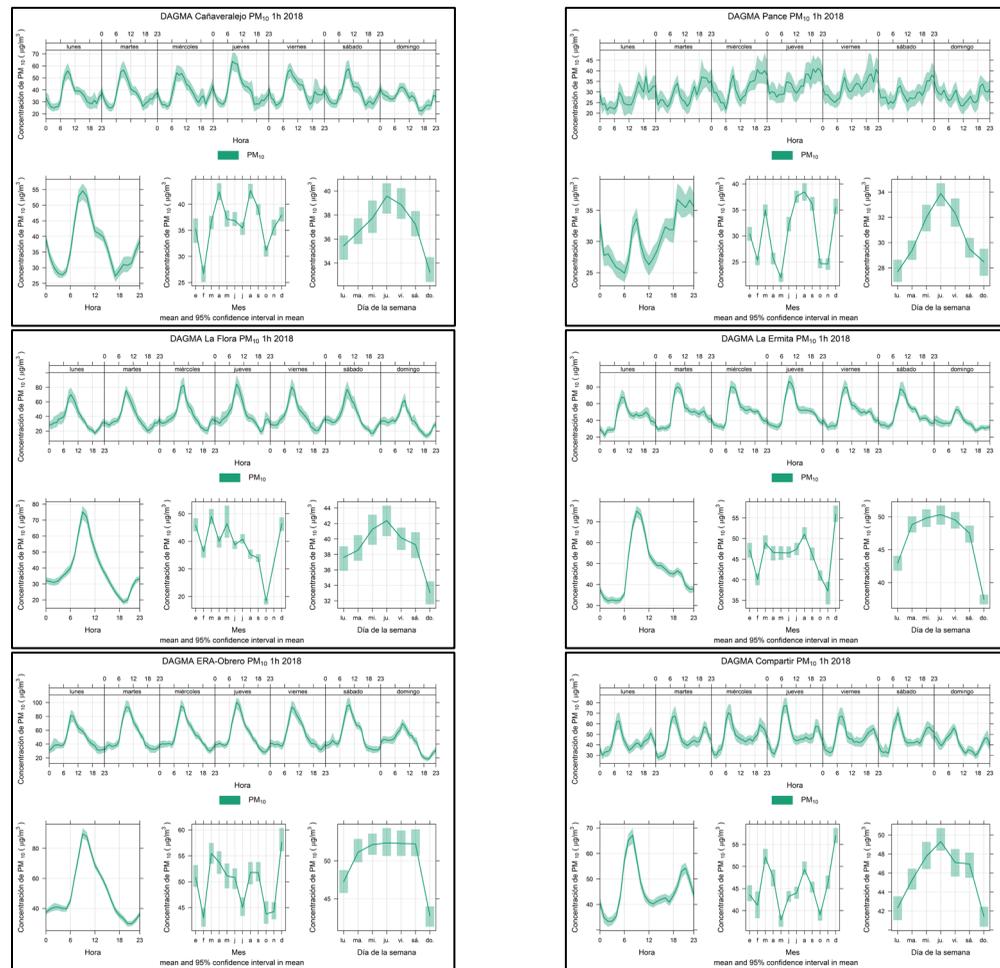
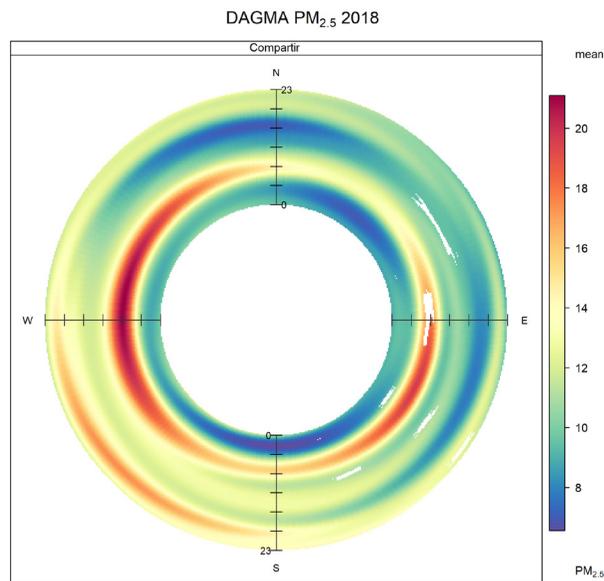


Figura 61. Calendario de contaminación para las estaciones del DAGMA que evaluaron Material Particulado Menor a 10 micras (PM₁₀) y a 2.5 micras (PM_{2.5}) durante el año 2018.



Lo anterior, se corrobora con los calendarios de contaminación (Figura 61) los cuales muestran la presencia de altas concentraciones de material particulado menor a 10 micras durante la segunda y tercera semana del mes de marzo y en especial, durante el mes de diciembre, donde se presentan los niveles de contaminación más críticos.

Figura 62. Diagrama polar anular, para las estaciones de monitoreo del DAGMA que evaluaron Material particulado menor a 2.5 micras - PM_{2,5}, durante el año 2018.



En cuanto al diagrama polar anular obtenido para la estación Compartir (Figura 62), se aprecia que los horarios correspondientes a la hora pico de la mañana (06:00 a 09:00) y de medianoche (22:00 a 00:00), son los que mayor incidencia presentan por altas concentraciones de partículas.

Corporación Autónoma Regional de Boyacá (CORPOBOYACÁ).

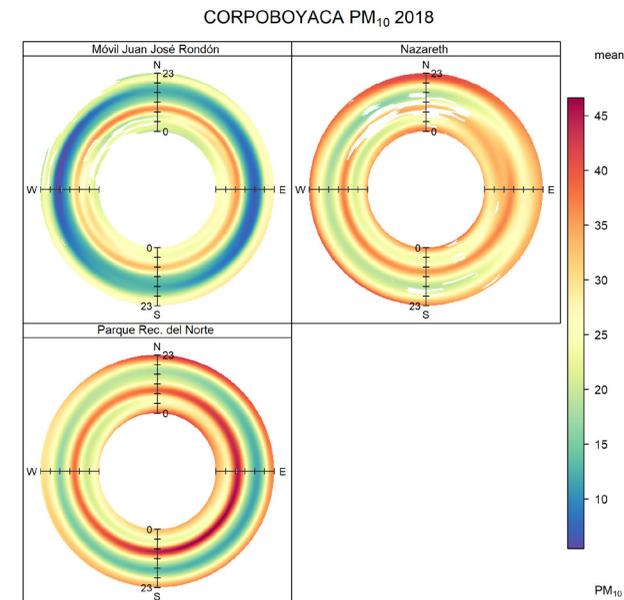
Los calendarios de contaminación de material particulado menor a 10 micras (Figura 63) muestran que los meses de enero y noviembre, son los que presentan las mayores concentraciones de este contaminante. Sin embargo, a lo largo del año se observan picos puntuales que están asociados a eventos de contaminación local, asociados al funcionamiento particular de las fuentes de emisión que se ubican en el Valle del Sogamoso.

Por su parte, el diagrama polar anular (Figura 64) muestra la existencia de dos picos de material particulado durante el día (08:00 a 12:00 y 20:00 a 00:00), los cuales están asociados a la operación de las fuentes industriales que se localizan en el Valle del Sogamoso.

Figura 63. Calendario de contaminación para las estaciones de CORPOBOYACÁ que evaluaron Material Particulado Menor a 10 micras (PM₁₀) durante el año 2018.



Figura 64. Diagrama polar anular, para las estaciones de monitoreo de CORPOBOYACÁ que evaluaron PM₁₀, durante el año 2018.



7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Durante el año 2018, operaron a nivel nacional 27 Sistemas de Vigilancia de Calidad del Aire, los cuales contaron con 203 estaciones de monitoreo, siendo 169 fijas y 34 indicativas. Los contaminantes evaluados fueron los establecidos como criterio por la Resolución 2254 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, que corresponden a: Material Particulado menor a 10 micras (PM_{10}), Material Particulado menor a 2,5 micras ($PM_{2.5}$), Ozono (O_3), Dióxido de Nitrógeno (NO_2), Monóxido de Carbono (CO) y Dióxido de Azufre (SO_2).

La cobertura espacial de las estaciones de monitoreo abarcó 83 municipios y 22 departamentos. Sin embargo, existen 51 áreas a nivel nacional, que cumplen con los criterios establecidos por el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de Calidad del Aire, y requieren de la implementación de la medición en su jurisdicción, siendo las más relevantes las correspondientes a los municipios de Buenaventura, Sincelejo, Riohacha, Tuluá, Tunja, Barrancabermeja, Apartadó y Florencia. De igual manera, cinco de las veintisiete jurisdicciones que monitorearon durante el año 2018, requieren reforzar la complejidad o el número de estaciones en su Sistema de Vigilancia, correspondiendo estos municipios a Montería, Ibagué, Popayán, Armenia y Pasto.

Las Autoridades Ambientales durante los últimos cinco años han venido implementando y renovando sus Sistemas de Vigilancia con tecnología automática para realizar la evaluación y seguimiento de los contaminantes atmosféricos, en detrimento de los equipos con tecnología manual. Lo anterior mejora la confiabilidad, temporalidad y oportunidad de las mediciones, permitiendo a la Autoridad Ambiental adoptar medidas de control precisas e informar a la comunidad en tiempos adecuados sobre los riesgos de determinados niveles de contaminación.

La base de datos fue consolidada a partir de los reportes realizados por cada Sistema de Vigilancia, en el Subsistema de Información sobre Calidad del Aire - SISAI. La validación final, se realizó a través de un proceso conjunto y constructivo con cada Autoridad Ambiental, la cual permitió solucionar potenciales inconsistencias en los datos. Sin embargo, y a pesar de la gestión realizada únicamente 103 de las 169 estaciones fijas que funcionaron en el país, cumplieron con el criterio de representatividad temporal superior al 75% en al menos uno de los parámetros evaluados, lo cual devela la necesidad de fortalecer presupuestal, operativa y técnicamente los grupos encargados de la operación de los Sistemas de Vigilancia.

En cuanto a las tendencias de los contaminantes analizados, los que presentaron mayor preocupación fueron en su orden el $PM_{2.5}$ y el PM_{10} . En varias estaciones de monitoreo sus concentraciones excedieron los niveles máximos permisibles establecidos en la Resolución 2254 de 2017; adicionalmente, los resultados del cálculo del Índice de Calidad del Aire evidenciaron que representan los mayores riesgos de afectación a la salud de la población. Estas observaciones se destacan especialmente en algunas estaciones de monitoreo, localizadas en Bogotá, La Jagua de Ibirico (Cesar), Barranquilla, Sabaneta (Antioquia) y Medellín.

Las concentraciones más altas de $PM_{2.5}$ fueron observadas en las estaciones de monitoreo: Carvajal - Sevillana, localizada en el Distrito Capital; y las correspondientes a Tráfico Sur (Sabaneta) y Tráfico Centro (Medellín), en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá; en cuanto al número de días con excedencias al nivel máximo permisible diario, las estaciones de estas jurisdicciones también se destacan por tener los valores más altos, aunque también se destacan algunos casos en las estaciones ubicadas en los municipios de Ráquira (Cundinamarca), El Paso (Cesar) y Soledad (Atlántico). Las tendencias anuales indican la mejoría de las concentraciones de este contaminante en la mayoría de las estaciones de monitoreo que evaluaron esta variable, con excepción de los observado en las estaciones ZM22 - Casacará y ZM09 - La Jagua Vía pertenecientes a CORPOCESAR, Universidad del Valle operada por el DAGMA, y Carvajal - Sevillana ubicada en jurisdicción de la SDA, donde el incremento porcentual de las concentraciones oscilo entre 4,6% y 32,6%. Para este contaminante, es necesario continuar ampliando su cobertura en el país, debido a los comprobados efectos sobre la salud de la población, en especial a los grupos sensibles.

El PM_{10} continúa siendo el contaminante más monitoreado en el país, presentando excedencias al nivel máximo permisible anual en 6 estaciones de monitoreo, siendo los puntos más críticos los correspondientes a: Carvajal - Sevillana y Kennedy en Bogotá (SDA), ZM13 - El Hatillo y ZM09 - La Jagua Vía ubicadas en el municipio de la Jagua de Ibirico (CORPOCESAR), Policía en Barranquilla (EPA BARRANQUILLA VERDE) y Éxito San Antonio en Medellín (AMVA). El cumplimiento normativo a nivel nacional para esta variable fue del 94,5%, correspondiendo a un 3,1% más con respecto al año 2017.

El Dióxido de Nitrógeno (NO_2) reportó concentraciones que se encontraron por debajo del 83,3% del nivel máximo permisible anual, siendo las estaciones Carvajal - Sevillana en Bogotá y Politécnico Jaime Isaza Cadavid en Medellín, las que registran las mayores concentraciones de este contaminante ($50 \mu g/m^3$ y $45 \mu g/m^3$) a nivel nacional. Lo anterior demuestra el bajo potencial de afectación que sobre la salud de la población colombiana tiene este contaminante criterio.

Con respecto al Dióxido de Azufre (SO_2), las máximas concentraciones obtenidas a nivel nacional se presentaron en la estación Bogotá - Mochuelo operada por la Corporación Autónoma Regional

de Cundinamarca – CAR, donde se presentaron 27 excedencias al nivel máximo permisible diario y 77 excedencias al nivel máximo permisible horario, mientras que, la estación de monitoreo Parque Recreacional del norte, ubicada en el municipio de Sogamoso en jurisdicción de CORPOBOYACA, presentó 6 excedencias al nivel máximo permisible horario ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$). A pesar de ello, la valoración del Índice de Calidad del Aire refleja una cualificación “buena” en el 99,8% de los casos evaluados.

Las estaciones de monitoreo Universidad del Valle (22 días) y Pance (14 días), localizadas en jurisdicción del Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente (DAGMA) de la ciudad de Cali y Corporación Lasallista – Caldas (20 días) y Colegio Concejo – Itagüí (20 días), son los puntos de seguimiento que, a nivel nacional, presentan la mayor cantidad de días con excedencias al límite máximo permisible establecido para un tiempo de exposición de ocho horas.

Para el parámetro Monóxido de Carbono (CO) durante el año 2018, no se presentaron excedencias a los niveles máximos permisibles diarios y octohorarios. Los mayores reportes promedio anual se presentan en las estaciones Politécnico Jaime Isaza Cadavid – Bello (AMVA) y Carvajal – Sevillana – Bogotá (SDA) con concentraciones de $1667 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $1424 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente.

La evaluación del Índice de Calidad del Aire (ICA), reveló la frecuencia con la cual se vienen presentando concentraciones Dañinas a la Salud y Dañinas a la Salud de Grupos Sensibles, siendo los contaminantes Partículas Menores a 2.5 micras ($\text{PM}_{2.5}$) y Partículas Menores a 10 Micras (PM_{10}), los que mayor potencial de afectación vienen registrando a nivel nacional. Situación contraria se presenta con las concentraciones obtenidas a nivel nacional para los contaminantes Dióxido de Azufre, Ozono y Monóxido de Carbono, donde el cálculo del ICA señala que en el 100% de las estaciones de monitoreo que evalúan dichas variables, las concentraciones se ubican en categoría Buena, por lo que los potenciales efectos en la salud de la población son mínimos.

En cuanto a la evaluación del indicador “Porcentaje de estaciones de calidad del aire, reportando cumplimiento de la norma de calidad del aire del país” planteado por la Política de Prevención y Control de la Contaminación del Aire, se obtuvo que el 93,8% de las estaciones cumple con los niveles de inmisión regulados por la Resolución 2254 de 2017. En cuanto a la evaluación de este indicador por contaminante, el 94,2% y el 94,5% de las estaciones de monitoreo que evaluaron $\text{PM}_{2.5}$ y PM_{10} reportaron cumplimiento de los niveles máximos anuales establecidos por la normatividad nacional para estos contaminantes.

En las jurisdicciones del Área Metropolitana del Valle de Aburrá y de la Secretaría Distrital de Ambiente, se presentan durante diversas épocas del año, procesos de inversión térmica, los cuales afectan la adecuada dispersión de los contaminantes y ocasionan concentraciones altas de sustancias, con efectos potencialmente dañinos sobre la salud de las personas y el ambiente.

Es necesario que todas las regiones del país inicien con la formulación e implementación de programas de prevención, control y reducción de la calidad del aire, con el objetivo de disminuir las concentraciones de los contaminantes atmosféricos y cumplir con los niveles máximos permisibles establecidos como obligatorios a partir del año 2030. Las medidas que deberán implementarse, en las ciudades y regiones del país deben involucrar a los representantes de la sociedad civil, a los sectores productivos, a las autoridades locales y regionales y todas las instituciones y entidades que tengan relación con el tema, por lo cual deberá avanzarse en los temas de gobernanza y apropiación de la problemática por parte de la ciudadanía.

Es importante que las entidades del orden nacional, territorial y local, continúen aunando esfuerzos para dar cumplimiento a los lineamientos contemplados en el Plan Nacional de Desarrollo 2018 – 2022, “pacto por Colombia, pacto por la equidad”, del CONPES 3943 de 2018 “Política para el Mejoramiento de la Calidad del Aire”, del CONPES 3918 de 2018 “Estrategia para la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en Colombia” y de la Estrategia Nacional de Calidad del Aire, iniciativas que permitirán garantizar el derecho constitucional de un ambiente sano donde los efectos de la contaminación atmosférica sean mínimos, y garanticen la salubridad de este bien común para todos los colombianos.

8. REFERENCIAS

- Alsterberg, C., Roger, F., Sundbäck, K., Juhanson, J., Hulth, S., Hallin, S., Gamfeldt., (2017). Habitat diversity and ecosystem multifunctioning –The importance of direct and indirect effects. *Sci. Adv.* 2017;3: e1601475.
- Aphekom. (n.d.). Improving Knowledge and Communication for Decision Making on Air Pollution and Health in Europe. Retrieved from <http://www.endseurope.com/docs/110302b.pdf>
- Boldo, E. (2016). La contaminación del aire. ISBN 978-84-9097-228-1.
- Carslaw, D. C. (2015). The openair manual - open source tools for analysing air pollution data. Manual for version 1.1-4. King's College London.
- Carslaw, D. C., & Ropkins, K. (2012). openair - an R package for air quality data analysis. *Environmental Modelling & Software*, Volume 27-28, 52-61.
- Daily G (1997) *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Washington, DC: Island Press.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2018). Censo Nacional de Población y Vivienda
- Departamento Nacional de Planeación (2018). CONPES 3918 “Estrategia para la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en Colombia”.
- Departamento Nacional de Planeación (2018). CONPES 3943 “Política para el mejoramiento de la calidad del aire”.
- Departamento Nacional de Planeación (2019). Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022: Pacto por Colombia, pacto por la equidad
- Hardin, G. (1833). Two Lectures on the Checks to Population. *Science*, Vol. 162, No. 3859 (December 13, 1968), pp. 1243-1248. Oxford, England
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE). (2017). Norma técnica de la calidad del proceso estadístico - NTC PE 1000.
- Instituto Nacional de Salud, Observatorio Nacional de Salud (2018) Carga de Enfermedad Ambiental; Décimo Informe Técnico Especial. Bogotá.
- IDEAM. (2012). Estado de la Calidad del Aire en Colombia 2007-2010. Bogotá, D.C.
- IDEAM, MADS, Coalición del Clima y Aire Limpio (2019). Inventario Nacional Indicativo de Emisiones de Contaminantes Criterio y Carbono Negro. Bogotá, Colombia.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire. Bogotá, Colombia.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire. Bogotá, Colombia.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire: manual de operación de sistemas de vigilancia de la calidad del aire.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010, marzo 29). Resolución 651 de 2010. Bogotá, Colombia.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). Política de Prevención y Control de la Contaminación del Aire
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017). Resolución Número 2254. 01 de noviembre de 2017.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). Informe de seguimiento al plan de acción de la Política de Prevención y Control de la Contaminación del Aire.
- Organización Mundial de la Salud. (2006). Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. Retrieved from http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/69478/1/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf
- Organización Mundial de la Salud. (2016). Impacto del medio ambiente en la salud. Retrieved from Salud ambiental: http://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/PHE-prevention-diseases-infographic-ES.pdf?ua=1
- Presidencia de la República. (1993, 12 22). Ley 99 de 1993. Bogotá, Cundinamarca, Colombia: Imprenta Nacional.

- Presidencia de la República. (1995, junio 5). Decreto 948 de 1995. Bogotá, Cundinamarca, Colombia: Imprenta Nacional.
- Prinn, R., Reilly, J. M., Sarofim, M., Wang, C., & Felzer, B. (2007). Effects of air pollution control on climate: results from an integrated global system model. *Human-Induced Climate Change: An Interdisciplinary Assessment*, 93
- R Core Team. (2016). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. Retrieved from <https://www.R-project.org/>
- Samoli, E., Peng, R., Ramsay, T., Pipikou, M., Touloumi, G., Dominici, F., & Katsouyanni, K. (2008). Acute effects of ambient particulate matter on mortality in Europe and North America: results from the APHENA study. *Environmental health perspectives*, 116(11), 1480.
- Schwartz, B. (2009). Tyranny for the Commons Man. IN: National Interest
- USEPA. (2015, septiembre 15). Fine Particle (PM2.5) Designations. Retrieved from EPA - United States Environmental Protection Agency: <http://www3.epa.gov/airquality/particlepollution/designations/index.htm>
- USEPA. (2015). What Are the Six Common Air Pollutants? Retrieved from United States Environmental Protection Agency: <http://www3.epa.gov/airquality/urbanair/>
- WHO - Regional Office for Europe. (2006). Air Quality Guidelines. Global Update 2005. Copenhagen.
- WHO. (2006). WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Retrieved from Air pollution: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/69477/1/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf
- Wickham, H. (2009). *ggplot2: elegant graphics for data analysis*. New York: Springer.
- World Health Organization - Regional Office for Europe. (2011). Exposure to air pollution (particulate matter) in outdoor air. Fact sheet 3.3. Retrieved from http://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/ENHIS_Factsheet_3.3_July_2011.pdf
- World Health Organization. (2013). Health effects of particulate matter. Policy implications for countries in eastern Europe, Caucasus and central Asia. Copenhagen: World Health Organization Regional Office for Europe.