



MINISTERIO DE AMBIENTE Y
DESARROLLO SOSTENIBLE



IDEAM Instituto de Hidrología,
Meteorología y
Estudios Ambientales

Informe del estado de la calidad del aire en Colombia | 2021





GUSTAVO FRANCISCO PETRO URREGO
Presidente de la República de Colombia

MARÍA SUSANA MUHAMAD GONZÁLEZ
Ministra de Ambiente y
Desarrollo Sostenible

FRANCISCO JAVIER CANAL ALBÁN
Viceministro de Ordenamiento Ambiental del
Territorio

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

CONSTANTINO HERNÁNDEZ GARAY
Subdirector de Estudios
Ambientales – Ideam

PRODUCCIÓN TÉCNICA Y EDITORIAL

WENDI YURANI GARZÓN HERRERA
Grupo de Seguimiento a la Sostenibilidad del
Desarrollo
Subdirección de Estudios Ambientales
Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios
Ambientales – Ideam

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

JUAN MANUEL RINCÓN RIVEROS
Grupo de Gestión Ambiental Urbana
Dirección de Asuntos Ambientales Sectorial y
Urbana
Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

APOYO TÉCNICO

JORGE ORLANDO MENDOZA RUIZ
Subdirección de Estudios Ambientales
Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios
Ambientales – Ideam

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN

TARGET DOCUMENT

CÍTESE COMO

Ideam. Informe del Estado de la Calidad del Aire
en Colombia 2021. Bogotá, D.C., 2022.
2022, 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.
Marzo 2022, Bogotá D.C., Colombia
ISSN: 2619-2403 (En línea).

**MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO
SOSTENIBLE
INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y
ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEAM**

YOLANDA GONZÁLEZ HERNÁNDEZ
Directora General – Ideam

GILBERTO ANTONIO RAMOS SUÁREZ
Secretaria General (E) – Ideam

CONSEJO DIRECTIVO

MARÍA SUSANA MUHAMAD GONZÁLEZ
Ministra de Ambiente y Desarrollo Sostenible

GUILLERMO FRANCISCO REYES GONZÁLEZ
Ministro de Transporte

ALEJANDRA BOTERO BARCO
Director, Departamento Nacional de Planeación-
DNP

BEATRIZ PIEDAD URDINOLA CONTRERAS
Directora, Departamento Nacional de Estadísticas-
DANE

En asignación
Delegado, Presidencia de la República

RAMÓN LEAL LEAL
Director Ejecutivo, Asociación de Corporaciones
Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible
–ASOCARS

ARTURO LUNA
Director General, Departamento Administrativo de
Ciencia Tecnología e Innovación - COLCIENCIAS

GILBERTO ANTONIO RAMOS SUÁREZ
Secretaría Técnica del Consejo (E)

DIRECTIVOS

CONSTANTINO HERNÁNDEZ GARAY
Subdirector de Estudios Ambientales

ANA CELIA SALINAS MARTÍN
Subdirectora de Ecosistemas e Información
Ambiental

NELSON OMAR VARGAS MARTÍNEZ
Subdirector de Hidrología

HUGO ARMANDO SAAVEDRA UMBA
Subdirector de Meteorología

MARTHA CECILIA CADENA
Jefe Oficina Pronósticos y Alertas

TELLY DE JESÚS MONTH PARRA
Jefe Oficina Asesora de Planeación

MARÍA EUGENIA PATIÑO JURADO
Jefe Oficina Control Interno

JUAN PABLO MACHADO JIMÉNEZ
Jefe Grupo de Comunicaciones

ANDRÉS FELIPE ARIAS JIMÉNEZ
Jefe Oficina de Informática (E)

GILBERTO ANTONIO RAMOS SUÁREZ
Jefe Oficina Asesora Jurídica

ANA CELIA SALINAS MARTÍN
Jefe Oficina de Cooperación Internacional (E)



Contenido

Agradecimientos.....	7
Resumen ejecutivo	8
Prólogo	9

01 CONTEXTO 10

1.1. Hitos de la calidad del aire en Colombia	11
1.2. Historia del monitoreo de la calidad del aire en Colombia y evolución de los Sistemas de Vigilancia de la calidad del aire.....	13
1.3. El rol del Ideam en la gestión de la calidad del aire ...	14
1.4. Inventario de contaminantes criterio y Carbono Negro.....	16
1.5. Calidad del aire y salud.....	17
1.5.1. Directrices mundiales de la OMS sobre la calidad del aire.....	18
1.5.2. Modelo de determinantes sociales de la OMS y enfoque diferenciales en el estudio de la relación entre calidad del aire y salud	19
1.6. Normatividad aplicable	21
1.6.1. Resolución 2254 de 2017.....	21

02 METODOLOGÍA.....23

03 ESTADO DE LOS SISTEMAS DE VIGILANCIA DE CALIDAD DEL AIRE.....26

3.1. Evolución de los Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire.....	29
3.1.1. Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire, estaciones de monitoreo y registros en SISAIRE.....	29
3.1.2. Tecnologías de monitoreo empleadas.....	30
3.1.3. Contaminantes evaluados	31
3.1.4. Representatividad temporal de la información	32
3.2. Requerimientos de los Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire	33
3.2.1. Requerimientos de los SVCA de acuerdo con el tamaño de la población	33
3.2.2. Requerimientos de acreditación de los SVCA.....	35

04 ESTADO DE LA CALIDAD DEL AIRE NACIONAL36

4.1. Material particulado menor a 10 micras - PM ₁₀	38
4.1.1. Concentraciones promedio anuales	38
4.1.2. Tendencia multianual 2011-2021.....	40
4.1.3. Excedencias al nivel máximo permisible diario.....	41
4.1.4. Índice de calidad del aire	42
4.1.5. Concentraciones promedio anuales - indicativas.....	44
4.2. Material particulado menor a 2,5 micras -PM _{2,5}	45
4.2.1. Concentraciones promedio anuales	45
4.2.2. Tendencia multianual 2011-2021	47
4.2.3. Excedencias al nivel máximo permisible diario	48
4.2.4. Índice de calidad del aire.....	49
4.2.5. Concentraciones promedio anuales - indicativas.....	51
4.3. Dióxido de Nitrógeno - NO ₂	52
4.3.1. Concentraciones promedio anuales.....	52
4.3.2. Excedencias al nivel máximo permisible horario	54
4.3.3. Índice de calidad del aire.....	54
4.3.4. Concentraciones promedio anuales - indicativas.....	55
4.4. Dióxido de Azufre - SO ₂	56
4.4.1. Concentraciones promedio anuales.....	56
4.4.2. Excedencias al nivel máximo permisible horario	57
4.4.3. Índice de calidad del aire.....	57
4.4.4. Concentraciones promedio anuales - indicativas.....	58
4.5. Ozono troposférico - O ₃	59
4.5.1. Concentraciones promedio anuales	59
4.5.2. Excedencias al nivel máximo permisible octohorario.....	60
4.5.3. Índice de calidad del aire.....	60
4.5.4. Concentraciones promedio anuales - indicativas.....	61
4.6. Monóxido de Carbono - CO	62
4.6.1. Concentraciones promedio anuales	62
4.6.2. Excedencias al nivel máximo permisible octohorario.....	63
4.6.3. Índice de calidad del aire	63
4.6.4. Concentraciones promedio anuales - indicativas.....	64

05 ESTADO DE LA CALIDAD DEL AIRE REGIONAL65

06 ANÁLISIS ESPACIAL DE LA CALIDAD DEL AIRE EN COLOMBIA POR MEDIO DE DATOS DESATELITALES..... 89

07 EVALUACIÓN DE LOS INDICADORES DE SEGUIMIENTO 95

7.1. Descripción de los indicadores de seguimiento.....	96
7.2. Resultados de los indicadores de seguimiento	98

08 CLIMATOLOGÍA..... 102

8.1. Comportamiento de los indicadores climatológicos ...	104
8.1.1. Comportamiento de la anomalía anual de la temperatura media	104
8.1.2. Comportamiento del índice de precipitación anual	106

09 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ...110

9.1. Monitoreo y seguimiento de la calidad del aire año 2021	111
9.2. Estado de la calidad del aire año 2021.....	112

10 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....114

11 ANEXOS 117

Lista de figuras



Figura 1. Fases del proceso estadístico dentro del contexto organizacional NTCPE 1000.....	24
Figura 2. Fases de la metodología de elaboración del Informe del Estado de la Calidad del Aire en Colombia.....	25
Figura 3. Evolución del número de sistemas de vigilancia de la calidad de aire, años 2011-2021.....	29
Figura 4. Evolución del número de estaciones fijas e indicativas, años 2011-2021.....	29
Figura 5. Evolución del número de registros reportados al SISAIRE, años 2011-2021.....	29
Figura 6. Evolución de las estaciones de calidad del aire de acuerdo con la tecnología empleada, años 2011-2021.....	30
Figura 7. Estaciones de calidad del aire por autoridad ambiental de acuerdo con la tecnología empleada, año 2021.....	30
Figura 8. Evolución del número de estaciones por contaminante, años 2014-2021.....	31
Figura 9. Diferencia del número y porcentaje de estaciones de monitoreo por contaminante, años 2020-2021.....	31
Figura 10. Evolución del número de estaciones con representatividad temporal, años 2017-2021.....	32
Figura 11. Diferencia del número y porcentaje de estaciones de monitoreo con representatividad temporal, años 2020-2021.....	32
Figura 12. Número de estaciones con y sin representatividad temporal, año 2021.....	32
Figura 13. Municipios que requieren implementar o mejorar los SVCA, de acuerdo con el tamaño de su población, año 2021.....	33
Figura 14. Concentraciones anuales de Material particulado menor a 10 micras – estaciones representativas, año 2021.....	38
Figura 15. Top 10 de estaciones con máximas concentraciones anuales de Material particulado menor a 10 micras – tendencia multianual, estaciones representativas, años 2011-2021.....	40
Figura 16. Días con excedencias al nivel máximo permisible diario de Material particulado menor a 10 micras – estaciones representativas, año 2021.....	41
Figura 17. Proporción de datos del Índice de calidad del aire para Material particulado menor a 10 micras – estaciones representativas, año 2021.....	42
Figura 18. Concentraciones anuales de Material particulado menor a 10 micras – estaciones no representativas, año 2021.....	44
Figura 19. Concentraciones anuales de Material	

particulado menor a 2,5 micras – estaciones representativas, año 2021.....	45
Figura 20. Top 10 de estaciones con máximas concentraciones anuales de Material particulado menor a 2,5 micras – tendencia multianual, estaciones representativas, años 2011-2021.....	47
Figura 21. Días con excedencias al nivel máximo permisible diario de Material particulado menor a 2,5 micras – estaciones representativas, año 2021.....	48
Figura 22. Proporción de datos del Índice de calidad del aire para Material particulado menor a 2,5 micras – estaciones representativas, año 2021.....	49
Figura 23. Concentraciones anuales de Material particulado menor a 2,5 micras – estaciones no representativas, año 2021.....	51
Figura 24. Concentraciones anuales de Dióxido de Nitrógeno – estaciones representativas, año 2021.....	52
Figura 25. Días con excedencias al nivel máximo permisible horario de Dióxido de Nitrógeno – estaciones representativas, año 2021.....	54
Figura 26. Proporción de datos del Índice de calidad del aire para Dióxido de Nitrógeno – estaciones representativas, año 2021.....	54
Figura 27. Concentraciones anuales de Dióxido de Nitrógeno – estaciones no representativas, año 2021.....	55
Figura 28. Concentraciones anuales de Dióxido de Azufre – estaciones representativas, año 2021.....	56
Figura 29. Días con excedencias al nivel máximo permisible horario de Dióxido de Azufre – estaciones representativas, año 2021.....	57
Figura 30. Proporción de datos del Índice de calidad del aire para Dióxido de Azufre – estaciones representativas, año 2021.....	57
Figura 31. Concentraciones anuales Dióxido de Azufre – estaciones no representativas, año 2021.....	58
Figura 32. Concentraciones anuales de Ozono – estaciones representativas, año 2021.....	59
Figura 33. Días con excedencias al nivel máximo permisible octohorario de Ozono – estaciones representativas, año 2021.....	60
Figura 34. Proporción de datos del Índice de calidad del aire para Ozono – estaciones representativas, año 2021.....	60
Figura 35. Concentraciones anuales de Ozono – estaciones no representativas, año 2021.....	61
Figura 36. Concentraciones anuales de Monóxido de Carbono – estaciones representativas, año 2021.....	62
Figura 37. Días con excedencias al nivel máximo	

permisible octohorario de Monóxido de Carbono – estaciones representativas, año 2021.....	63
Figura 38. Proporción de datos del Índice de calidad del aire para Monóxido de Carbono – estaciones representativas, año 2021.....	63
Figura 39. Concentraciones anuales de Monóxido de Carbono – estaciones no representativas, año 2021.....	64
Figura 40. Parámetros estadísticos calculados a partir de datos diarios de las 17 ciudades seleccionadas para la validación del reanálisis. Esta validación utiliza la media diaria de los datos medidos en superficie durante el año 2021. En algunos casos, los puntos de datos para el cálculo son <365, debido a la disponibilidad de datos. Cada panel muestra un parámetro de evaluación, y el eje-y cuenta con la unidad correspondiente.....	91
Figura 41. Mapas de la concentración de PM _{2,5} , PM ₁₀ , O ₃ , NO ₂ , NO y SO ₂ (datos recuperados de CAMS). El color corresponde al promedio anual de su concentración durante el año 2021, es importante mencionar que las barras de color son diferentes de acuerdo al contaminante.....	92
Figura 42. a) Mapa del promedio de la magnitud de la radiación para el año 2021 (datos obtenidos de ERA5) y b) de anomalías en la radiación. La anomalía se define como la diferencia entre el promedio de radiación anual del 2021 y el promedio multianual 2010-2020.....	92
Figura 43. Número anual de Hotspots en Colombia del 2015 al 2021 (datos obtenidos de FIRMS).....	93
Figura 44. Mapas de anomalías en la concentración de PM _{2,5} , PM ₁₀ , O ₃ , NO ₂ , NO y SO ₂ (datos recuperados de CAMS). El color corresponde a la diferencia entre el promedio anual de la concentración durante el año 2021 y el promedio multianual 2010-2020.....	93
Figura 45. Seguimiento del cumplimiento del Objetivo Intermedio 3 de la OMS para PM ₁₀ y PM _{2,5} , años 2017-2021.....	98
Figura 46. Comportamiento promedio mensual 2011-2021 de puntos de calor en Norte de Suramérica.....	99
Figura 47. Índice de la anomalía anual de la temperatura media para el año 2021.....	105
Figura 48. Índice de la precipitación anual en porcentaje para el año 2021.....	107
Figura 49. Mosaico de la anomalía mensual de la temperatura media durante el año 2021.....	108
Figura 50. Mosaico del Índice de Precipitación Mensual durante el año 2021.....	109

Figura 51. Variación porcentual de concentraciones anuales promedio PM ₁₀ , 2020-2021.....	118
Figura 52. Variación porcentual de concentraciones anuales promedio PM _{2,5} , 2020-2021.....	118
Figura 53. Parámetros estadísticos calculados a partir de datos diarios de 33 ciudades seleccionadas para la validación del reanálisis. Esta validación utiliza la media diaria de los datos medidos en superficie durante el año 2021. En algunos casos, los puntos de datos para el cálculo son <365, debido a la disponibilidad de datos. Cada panel muestra un parámetro de evaluación, y el eje-y cuenta con la unidad correspondiente.....	119
Figura 54. Parámetros estadísticos calculados a partir de datos diarios de 35 ciudades seleccionadas para la validación del reanálisis. Esta validación utiliza la media diaria de los datos medidos en superficie durante el año 2021. En algunos casos, los puntos de datos para el cálculo son <365, debido a la disponibilidad de datos. Cada panel muestra un parámetro de evaluación, y el eje-y cuenta con la unidad correspondiente.....	119
Figura 55. Parámetros estadísticos calculados a partir de datos diarios de 10 ciudades seleccionadas para la validación del reanálisis. Esta validación utiliza la media diaria de los datos medidos en superficie durante el año 2021. En algunos casos, los puntos de datos para el cálculo son <365, debido a la disponibilidad de datos. Cada panel muestra un parámetro de evaluación, y el eje-y cuenta con la unidad correspondiente.....	120
Figura 56. Parámetros estadísticos calculados a partir de datos diarios de 3 ciudades seleccionadas para la validación del reanálisis. Esta validación utiliza la media diaria de los datos medidos en superficie durante el año 2021. En algunos casos, los puntos de datos para el cálculo son <365, debido a la disponibilidad de datos. Cada panel muestra un parámetro de evaluación, y el eje-y cuenta con la unidad correspondiente.....	120
Figura 57. Parámetros estadísticos calculados a partir de datos diarios de 18 ciudades seleccionadas para la validación del reanálisis. Esta validación utiliza la media diaria de los datos medidos en superficie durante el año 2021. En algunos casos, los puntos de datos para el cálculo son <365, debido a la disponibilidad de datos. Cada panel muestra un parámetro de evaluación, y el eje-y cuenta con la unidad correspondiente.....	121



Lista de infografías

Infografía 1. Evolución de la normatividad relacionada con la contaminación atmosférica.....	11
Infografía 2. Evolución en la implementación de SVCA en Colombia, de acuerdo con la tecnología de medición.....	13
Infografía 3. El rol del Ideam en la gestión de la calidad del aire del país.....	15
Infografía 4. Efectos sobre la salud por contaminación atmosférica y costos asociados.....	17
Infografía 5. Directrices mundiales de la Organización Mundial de la Salud – OMS sobre la calidad del aire para periodos de exposición cortos.....	18
Infografía 6. Directrices mundiales de la Organización Mundial de la Salud –OMS sobre la calidad del aire para periodos de exposición prolongados (anual).....	18
Infografía 7. Descripción general del Índice de calidad del aire.....	22
Infografía 8. Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire y estaciones de monitoreo, año 2021.....	28
Infografía 9. Tipos de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire según el tamaño de población de los municipios.....	33
Infografía 10. Municipios que requieren implementar o mejorar los SVCA, de acuerdo con el tamaño de su población, año 2021.....	34
Infografía 11. Jurisdicción de autoridades ambientales con SVCA acreditados por Ideam, año 2021.....	35
Infografía 12. Concentraciones anuales de Material particulado menor a 10 micras – clasificación de acuerdo con las recomendaciones de la OMS y normativa vigente, estaciones representativas, año 2021.....	39
Infografía 13. Concentraciones anuales de Material particulado menor a 2,5 micras – clasificación de acuerdo con las recomendaciones de la OMS y normativa vigente, estaciones representativas, año 2021.....	46
Infografía 14. Concentraciones anuales de Dióxido de Nitrógeno – clasificación de acuerdo con las recomendaciones de la OMS y normativa vigente, estaciones representativas, año 2021.....	53
Infografía 15. Departamentos evaluados en conformidad con la jurisdicción territorial de las autoridades ambientales.....	66
Infografía 16. Estado de la Calidad del Aire Regional Departamento de Antioquia.....	67
Infografía 17. Estado de la Calidad del Aire Regional Departamento de Atlántico.....	70
Infografía 18. Estado de la Calidad del Aire Regional Ciudad de Bogotá, D.C.....	71
Infografía 19. Estado de la Calidad del Aire Regional Departamento de Boyacá.....	74
Infografía 20. Estado de la Calidad del Aire Regional Departamento de Caldas.....	76
Infografía 21. Estado de la Calidad del Aire Regional Departamento del Cesar.....	78
Infografía 22. Estado de la Calidad del Aire Regional Departamento de Cundinamarca.....	79
Infografía 23. Estado de la Calidad del Aire Regional Departamento de Huila.....	82
Infografía 24. Estado de la Calidad del Aire Regional Departamento de Magdalena.....	83
Infografía 25. Estado de la Calidad del Aire Regional Departamento del Meta.....	85
Infografía 26. Estado de la Calidad del Aire Regional Departamento Norte de Santander.....	85
Infografía 27. Estado de la Calidad del Aire Regional Departamento de Santander.....	86
Infografía 28. Estado de la Calidad del Aire Regional Departamento del Tolima.....	86
Infografía 29. Estado de la Calidad del Aire Regional Departamento del Valle del Cauca.....	87
Infografía 30. Estaciones de monitoreo de PM ₁₀ que cumplieron con el objetivo intermedio 3 de las Guías de Calidad del Aire de la Organización Mundial de la Salud, año 2021.....	100
Infografía 31. Estaciones de monitoreo de PM _{2,5} que cumplieron con el objetivo intermedio 3 de las Guías de Calidad del Aire de la Organización Mundial de la Salud, año 2021.....	101

Lista de tablas

Tabla 1. SVCA en Colombia, de acuerdo con la tecnología de medición, año 2021.....	14
Tabla 2. Calidad del Aire en el Modelo de Determinantes de la OMS.....	19
Tabla 3. Relación entre los Determinantes Sociales y su correspondiente categoría proxi de curso de vida.....	20
Tabla 4. Normatividad de calidad del aire en Colombia versus directrices mundiales de la Organización Mundial de la Salud.....	21
Tabla 5. Puntos de corte del Índice de Calidad del Aire - ICA.....	22
Tabla 6. Consolidado de indicadores nacionales de calidad del aire.....	97
Tabla 7. Evolución del indicador de seguimiento para PM ₁₀ y PM _{2,5} , años 2017-2021.....	98
Tabla 8. Comportamiento del índice oceánico de El Niño, año 2021.....	104



Lista de acrónimos y siglas

Agronet	Red de información y comunicación del sector Agropecuario Colombiano	ECV	Encuesta de Calidad de Vida
AMB	Área Metropolitana de Bucaramanga	ENA	Encuesta Nacional Agropecuaria
AMVA	Área Metropolitana del Valle de Aburrá	EPA	Establecimiento Público Ambiental de Barranquilla - Barranquilla Verde
ANDI	Asociación Nacional de Industriales	Barranquilla Verde	Establecimiento Público Ambiental de Cartagena
ANH	Agencia Nacional de Hidrocarburos	EPA Cartagena	United States Environmental Protection Agency
BECO	Balance energético colombiano	EPA U.S.	Evaluaciones Agropecuarias Municipales
CALAC+	Programa Clima y Aire Limpio en Ciudades de América Latina	EVA	Federación Nacional de Avicultores de Colombia
CAM	Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena	FENAVI	Instituto Colombiano Agropecuario
CAR	Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca	ICA	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
Carder	Corporación Autónoma Regional de Risaralda	Ideam	Intergovernmental Panel on Climate Change
CDMB	Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga	IPCC	Low Emissions Analysis Platform
CEED	Censo de edificaciones	LEAP	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
Codechocó	Corporación Autónoma Regional para el Desarrollo Sostenible del Chocó	MADS	Nationally Determined Contributions
Corantioquia	Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia	NDC	Organización Meteorológica Mundial
Cormacarena	Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial de la Macarena	OMM / WMO	Organización Panamericana de la Salud
Cornare	Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Negro y Nare	OPS	Organización Mundial de la Salud
Corpamag	Corporación Autónoma Regional del Magdalena	OMS	Planes de Energización Rural Sostenible
Corpoboyacá	Corporación Autónoma Regional de Boyacá	PERS	Plan Nacional de Desarrollo
Corpocaldas	Corporación Autónoma Regional de Caldas	PND	Fondo nacional de la porcicultura
Corpocesar	Corporación Autónoma Regional del Cesar	PORKCOLOMBIA	Cámara Colombiana de Cemento y Concreto
Corpoguajira	Corporación Autónoma Regional de La Guajira	PROCEMCO	Registro Único Ambiental
Corponariño	Corporación Autónoma Regional de Nariño	RUA	Registro Único Nacional de Tránsito
Corponor	Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental	RUNT	Registro Nacional de Maquinaria Agrícola, Industrial y de Construcción Autopropulsada
Cortolima	Corporación Autónoma Regional del Tolima	RNMA	Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá
CRA	Corporación Autónoma Regional del Atlántico	SDA	Sistema de Información de Combustibles
CRC	Corporación Autónoma Regional del Cauca	SICOM	Sistema de Información Minero Colombiano
CRQ	Corporación Autónoma Regional del Quindío	SIMCO	Sistema de Información de Petróleo y Gas Colombiano
CSM	Cuenta satélite de Minería	SIPG	Subsistema de Información sobre Calidad del Aire
CVC	Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca	SISAIRE	Superintendencia de Servicios públicos domiciliarios
CVS	Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge	SSPD	Sistema Único de Información de servicios públicos domiciliarios
Dagma	Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente de Cali	SUI	Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística	SVCA	Unidad de Planeación Energética
DNP	Departamento Nacional de Planeación	UPME	World Steel Association
EAM	Encuesta Anual Manufacturera	WSA	Monóxido de Carbono
		CO	Óxidos de Nitrógeno
		NO	Dióxido de Nitrógeno
		NO₂	Ozono
		O₃	Material particulado inferior a 10 micras
		PM₁₀	Material particulado inferior a 2,5 micras
		PM_{2,5}	Dióxido de Azufre
		SO₂	



Agradecimientos

Al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, especialmente al Grupo de Gestión Ambiental Urbana de la Dirección de Asuntos Ambientales, Sectorial y Urbana, por el apoyo permanente al Ideam en la gestión y generación de conocimiento de la calidad del aire, y por su esencial colaboración en la elaboración del presente informe y acompañamiento en todo el proceso estadístico.

A la directora del Ideam, doctora Yolanda González Hernández, quien ha brindado todo su apoyo para el fortalecimiento de las labores que realiza el Instituto, en el marco del proceso misional de gestión del conocimiento de la calidad del aire en el país.

Al subdirector Constantino Hernández Garay, quien, con especial interés, ha realizado una ardua gestión y demostrado su compromiso, ha venido guiando y apoyando decididamente el proceso de generación de conocimiento y producción de información confiable referente a la calidad del aire.

A las Corporaciones Autónomas Regionales y a las Autoridades Ambientales de los Grandes Centros Urbanos (AMVA, CAM, CAR, Carder, CDMB, Corantioquia, Cormacarena, Cornare, Corpomag, Corpoboyacá, Corpocaldas, Corpocesar, Corpogujaira, Corponor, Cortolima, CRC, CRQ, CVC, CVS, Dagma, EPA Barranquilla y SDA) por su compromiso permanente en la operación de los Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire –SVCA a nivel Nacional, que suministran la información para elaborar este documento, y por su dedicación con la toma de los datos, su validación y posterior cargue al Subsistema de Información sobre Calidad del Aire –SISAIRE, en los plazos establecidos.

Un especial agradecimiento a los docentes Luis Jorge Hernández Flórez¹, Luis Camilo Blanco Becerra² y su equipo de investigación conformado por Horacio Riojas¹, Diana Sofía Ríos¹ y Daniela Rodríguez Sánchez², por la elaboración del subcapítulo de colaboración “Modelo de Determinantes Sociales de la OMS y Enfoque diferenciales en el Estudio de la relación entre Calidad del Aire y Salud”. De igual manera, nuestra gratitud y reconocimiento al docente Luis Carlos Belalcazar³ y su grupo de investigación conformado por Jessica Acevedo³, Ailin Cabrera⁴, Alejandro Casallas^{4,5}, Edward Camelo⁴, Camilo Ferro⁶, por la elaboración del capítulo de colaboración “Análisis espacial de la calidad del aire en Colombia por medio de datos de Reanálisis”. A todos ellos, mil gracias por aportar sus conocimientos,

profesionalismo, experiencias y por brindar productos de excelente rigor científico, que enriquecen el contenido del presente informe, brindándole al usuario información de interés, con el debido respaldo investigativo para diversos fines.

A las ingenieras Ángela Vanesa Galvis y Jenny Alexandra Otálora, por su valiosa colaboración en la elaboración de contenidos cartográficos e infográficos, que robustecen el informe y hacen más amigable y amena la presentación de la información al lector.

Al Grupo de Climatología y Agrometeorología de la Subdirección de Meteorología del Instituto, especialmente al subdirector Hugo Saavedra y al profesional Henry Benavidez por aportar sus valiosos conocimientos y productos para la construcción del capítulo Climatología.

Al Programa de Clima y Aire Limpio en Ciudades de América Latina (CALAC+), financiado por el Programa Global en los Andes de la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE) y ejecutado por la Fundación Suiza para la Cooperación Técnica – Swisscontact, por su valiosa colaboración en el aporte de recursos para la diagramación del presente informe.

Al Proyecto de apoyo a la implementación de paisajes rurales climáticamente inteligentes en Colombia - Territorios Verdes Climáticamente Inteligentes, financiado por la Unión Europea a través de un crédito LAIF supervisado por la Agencia Francesa de Desarrollo - AFD e implementado por Fondo Acción para el Departamento Nacional de Planeación – DNP, por aportar información valiosa para el contexto del presente informe.

A todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron en el proceso de la operación estadística de monitoreo y seguimiento de la calidad del aire y prestaron su apoyo en la realización del presente documento, mil gracias por aportar a la gestión del conocimiento de la calidad del aire del país y hacer posible la novena entrega del Informe del Estado de la Calidad del Aire en Colombia 2021.

1. Facultad de Medicina. Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia
2. Facultad de Ingeniería Ambiental. Universidad Santo Tomás, Bogotá, Colombia
3. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia
4. Universidad Sergio Arboleda. Bogotá, Colombia
5. Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics. Trieste, Italia.
6. Aqualogs SAS. Bogotá, Colombia.





Resumen ejecutivo

El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – Ideam, administra el Subsistema de Información sobre Calidad del Aire – SISAIRE, que hace parte del Sistema de Información Ambiental de Colombia - SIAC, que recopila y consolida toda la información de calidad del aire procedente de los Sistemas de Vigilancia de Calidad del Aire - SVCA operados por las diferentes autoridades ambientales del país, información que sustenta el desarrollo de la Operación Estadística de Monitoreo y Seguimiento de Calidad del Aire - EMSCA, que lidera el Instituto y que permite entregarle al país el presente documento.

El Informe del Estado de la Calidad del Aire en Colombia, es un documento de apoyo técnico y científico que centraliza la información sobre el estado de la calidad del aire del país y se emite anualmente; reviste gran importancia a nivel nacional y regional, dado que genera conocimiento e información confiable acerca del estado y evolución de los Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire del país, y el comportamiento y evolución de los contaminantes atmosféricos medidos por dichos sistemas; así mismo, presenta la evolución de los indicadores de seguimiento a los diferentes instrumentos de política y planificación, como el Plan Nacional de Desarrollo, los Objetivos de Desarrollo Sostenible, la Política para el mejoramiento de la calidad del aire y la Estrategia Nacional de Calidad del Aire.

El Informe del Estado de la Calidad del Aire en Colombia 2021, corresponde a la novena entrega. Este informe presenta las estadísticas e indicadores de calidad del aire consolidados tanto a nivel nacional como regional, siendo el principal insumo para el diseño, evaluación y ajuste de las políticas y

estrategias nacionales y regionales de prevención y control de la contaminación del aire. Así mismo, brinda información e insumos a las autoridades ambientales de orden nacional y regional, a la academia y a la ciudadanía en general, como fundamento para la toma de decisiones en materia de contaminación atmosférica y apropiación de la problemática.

A partir de los resultados que se presentan en el informe, se identifican los requerimientos, necesidades y oportunidades de mejora en cuanto al monitoreo y estado de la calidad del aire en el país, y se generan unas conclusiones que sintetizan cifras de importancia, y recomendaciones al respecto.

Para el año 2021, adicionalmente, se presentan dos capítulos de colaboración generados por la academia que tratan temas de interés, como son el modelo de determinantes sociales de la OMS y enfoque diferenciales en el estudio de la relación entre calidad del aire y salud; y el análisis espacial de la calidad del aire en Colombia por medio de datos de satelitales, los cuales presentan contenidos novedosos de interés, con rigor científico que fortalecen la gestión del conocimiento de la calidad del aire y orientan a los lectores a la apropiación de la problemática en el marco de la gobernanza de la calidad del aire.

Durante el año 2021, se señala el cumplimiento de la metas de los indicadores nacionales de calidad del aire fijadas en el Plan Nacional de Desarrollo, los Objetivos de Desarrollo Sostenible, la Política para el mejoramiento de la calidad del aire y la Estrategia Nacional de Calidad del Aire, resaltándose tanto para el PM_{10} como

para el $PM_{2.5}$, un incremento importante en el porcentaje de estaciones que cumplen con el objetivo intermedio 3 de la Organización Mundial de la Salud, en comparación con los últimos años, lo cual se sustenta tanto en las diferentes acciones emprendidas desde las instituciones

del orden nacional, regional y local, orientadas a la disminución de emisiones de partículas al aire, como en condiciones climatológicas atípicas y otros factores particulares que se presentaron durante este año, como los debidos a la pandemia por COVID 19.



Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire de Corpamag - Estación Koica



Prólogo

La contaminación del aire es una de las mayores amenazas medioambientales para la salud humana, junto con el cambio climático. La mejora de la calidad del aire puede potenciar los esfuerzos de mitigación del cambio climático, mientras que la reducción de las emisiones mejorará a su vez la calidad del aire (Organización Mundial de la Salud, 2021).

La exposición de la población a la contaminación del aire tiene efectos negativos en la salud, generando costos sociales y económicos representados en enfermedades, restricción en el desarrollo de actividades, atenciones por el sistema de salud y muertes. De acuerdo con el más reciente estudio de Valoración económica de la contaminación del aire urbano, en el país, estos costos se estiman en 11,74 billones de pesos, equivalentes al 1,19 % del PIB del año 2018 (Fondo Acción para el Departamento Nacional de Planeación - DNP, 2022)⁷.

Con fundamento en ello, para el gobierno nacional, la calidad del aire es una de las prioridades en materia ambiental, de tal manera que, la respectiva normativa colombiana se ha planteado en función de la protección de la salud humana y el medio ambiente, a través de un proceso de gradualidad que involucra la capacidad técnica, tecnológica y económica del país, de tal manera que atiende las recomendaciones realizadas por la Organización Mundial de la Salud, las cuales establecen un valor guía y los respectivos objetivos intermedios, los cuales, de acuerdo, con la evidencia epidemiológica, se han propuesto como pasos a una reducción progresiva de la contaminación del aire.

Para Colombia, en términos de regulación normativa son de especial interés los contaminantes criterio, los cuales se han identificado como comunes y perjudiciales para la salud y el bienestar de los seres humanos. Los contaminantes criterio son: Material particulado menor a 10 micras -PM₁₀, Material particulado menor a 2,5 micras -PM_{2,5}, Ozono -O₃, Dióxido de Nitrógeno -NO₂, Monóxido de Carbono -CO y Dióxido de Azufre -SO₂ (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017).

Además del desarrollo normativo, Colombia, desde el año 2015 decide acogerse a la Agenda 2030 en el marco de la adopción de los Objetivos de Desarrollo Sostenible -ODS. Bajo este contexto, el gobierno nacional ha orientado sus instrumentos de planificación y

de política al mejoramiento de la calidad del aire para la prevención de los impactos en la salud pública y la reducción de las desigualdades relacionadas con el acceso a recursos. Para ello, definió una serie de instrumentos que propenden por la reducción de la contaminación del aire, especialmente en lo que respecta a Partículas menores a 10 micras -PM₁₀ y Partículas menores a 2,5 micras -PM_{2,5}.

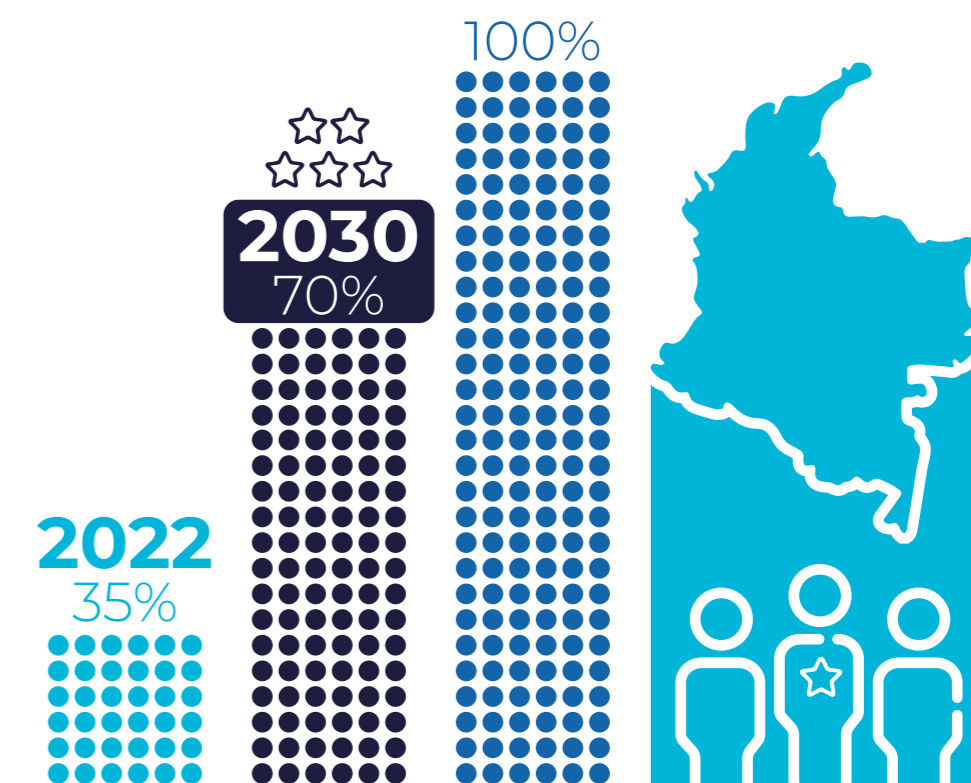
En el país, el PM₁₀ y el PM_{2,5} son los contaminantes criterio de mayor interés por sus concentraciones en el aire ambiente y por su impacto en la salud.

Así las cosas, se tienen definidos los siguientes instrumentos de planificación y de política: CONPES 3918 de 2018 -Estrategia para la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, CONPES 3943 de 2018 -Política para el mejoramiento de la calidad del aire, Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 y Estrategia Nacional de Calidad del Aire -ENCA. Los cuales están orientados al cumplimiento de una meta porcentual en términos de estaciones de monitoreo que para PM_{2,5} y/o PM₁₀ cumplen con el objetivo intermedio 3 de las Guías de calidad del aire de la OMS. Es así que, para el caso del Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 y la Estrategia Nacional de Calidad del Aire, se considera una proyección a corto plazo: la meta corresponde al 35 % de estaciones, con un horizonte de cumplimiento al año 2022. Entre tanto, para el caso de los CONPES 3918 y 3943, se considera una proyección a mediano plazo: la meta corresponde al 70 % de estaciones y se ha fijado con un horizonte de cumplimiento al año 2030.

El Objetivo Intermedio 3 - OI₃ de las Guías de calidad del aire de la OMS, para el PM₁₀ corresponde a 30 µg/m³ y para PM_{2,5} corresponde a 15 µg/m³.

- ▶ **El Plan Nacional de Desarrollo 2018 - 2022:** fija para PM₁₀ una meta de cumplimiento del respectivo OI₃ en el 35 % de las estaciones para el año 2022.
- ▶ **La Estrategia Nacional de Calidad del Aire -ENCA,** fija tanto para PM₁₀ como para PM_{2,5} una meta de cumplimiento de los respectivos OI₃ en el 35 % de las estaciones para el año 2022.
- ▶ **Los CONPES 3918 y 3943,** fijan tanto para PM₁₀ como para PM_{2,5} una meta de cumplimiento de los respectivos OI₃ en el 70 % de las estaciones para el año 2030.

Cumplimiento de las metas y OI₃ de las GCA de la OMS.



Es fundamental contar con información del estado de la calidad del aire que permita evaluar el cumplimiento de las respectivas metas trazadas para el país, y así mismo permita orientar las respectivas políticas y estrategias gubernamentales o regionales, y si es el caso, ajustarlas. En este sentido, el Informe del estado de la calidad del aire en Colombia 2021, reviste de gran importancia para el país, dado que consolida, analiza y difunde la información de calidad de aire nacional y regional, como principal insumo para la definición y ajuste de políticas y estrategias para la toma de decisiones por parte de los actores involucrados.

⁷ Este estudio se realizó en el marco del Proyecto de apoyo a la implementación de paisajes rurales climáticamente inteligentes en Colombia - Territorios Verdes Clímicamente Inteligentes, financiado por la Unión Europea a través de un crédito LAIF supervisado por la Agencia Francesa de Desarrollo - AFD e implementado por Fondo Acción para el Departamento Nacional de Planeación - DNP



01

Contexto





1.1. Hitos de la calidad del aire en Colombia

En Colombia, el mejoramiento de la calidad del aire es de gran importancia para el Gobierno Nacional, debido a los efectos que tiene sobre la salud de la población y sobre el ambiente. En ese sentido, el país lleva más de cuatro décadas fortaleciendo su normatividad en la materia, que para el caso de la contaminación atmosférica considera la inmisión o calidad del aire, la emisión por fuentes fijas o de origen industrial, la emisión por fuentes móviles o vehículos, olores ofensivos y ruido. Esta normativa no solo establece los límites máximos permisibles, sino que está acompañada de protocolos, que dan los lineamientos para realizar adecuada y estandarizadamente las mediciones.

Es así, como en 1973 se expidió la Ley 23, llamada Ley General del Medio Ambiente y los Recursos

Naturales, cuyo objetivo es “prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente, y buscar el mejoramiento, conservación y restauración de los recursos naturales renovables, para defender la salud y el bienestar de todos los habitantes del territorio nacional” (Congreso de Colombia, 1973), siendo el punto de partida para el desarrollo normativo ambiental en el país.

En 1991, el capítulo 3 de la Constitución Política de Colombia, trata de los Derechos colectivos y del ambiente, específicamente el Artículo 79, establece que “Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo.

Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines” (Asamblea Constituyente de Colombia, 1991).

Por otro lado, los documentos de política del Consejo Nacional de Política Económica y Social – CONPES, han sido determinantes con respecto al avance no solo en el monitoreo sino en la recopilación de la información de calidad del aire, promoviendo la creación del Subsistema de Información sobre Calidad del Aire – SISAIRE, que fue establecida mediante el CONPES 3344 de 2005. En 2018 mediante el CONPES 3943, se imparten los lineamientos de la política para el mejoramiento de la calidad del aire.

Es así, como los hitos que han marcado momentos importantes con respecto al mejoramiento tanto del monitoreo como de la calidad del aire en el país, están relacionados con el avance en las normas que reglamentan no solo los límites máximos permisibles, sino las actividades relacionadas con el muestreo de las diferentes fuentes de contaminación. No obstante, es importante señalar que las normas “per se” no logran mejorar la calidad del recurso, haciéndose necesario trabajar de forma articulada tanto interinstitucional con intersectorialmente, para ver avances en el mejoramiento de la calidad del aire.

Para apreciar de forma consolidada y cronológica estos avances, a continuación, en la **Infografía 1**, se presentan los principales hitos con respecto a la normatividad sobre contaminación atmosférica en Colombia.



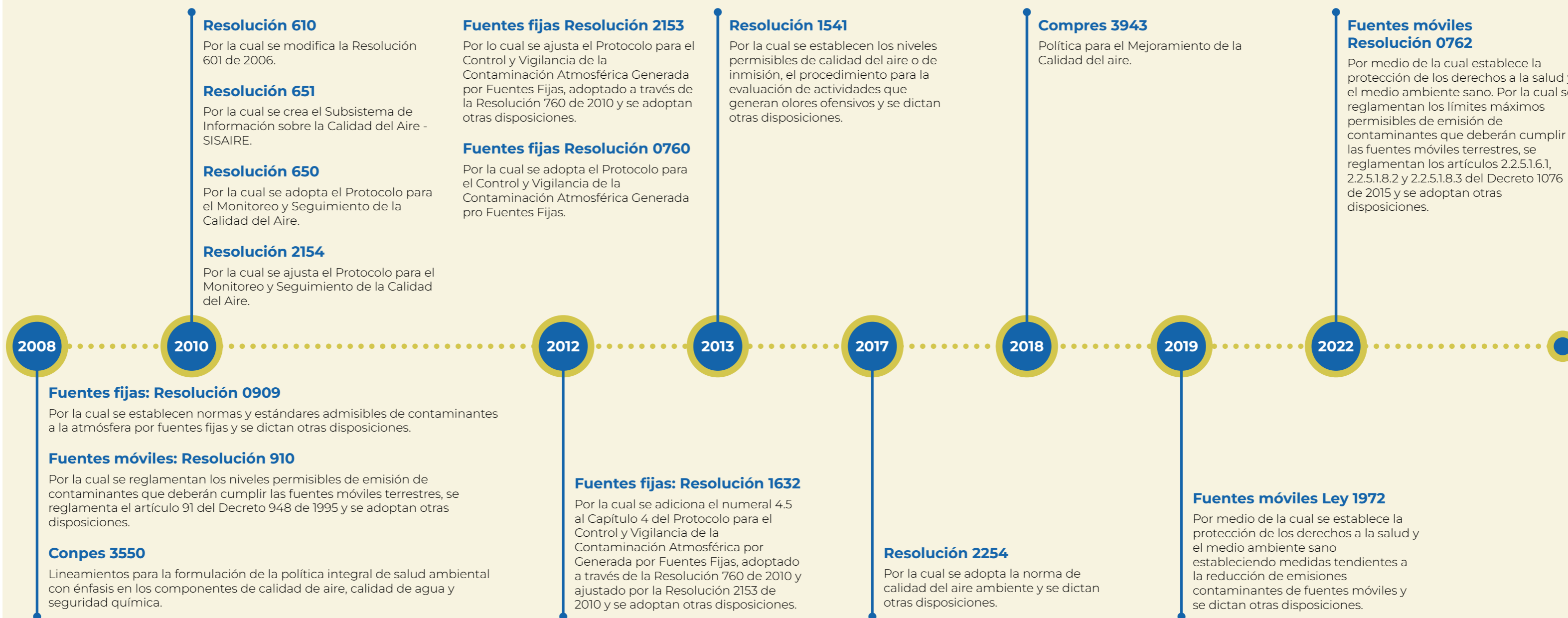
Infografía 1. Evolución de la normatividad relacionada con la contaminación atmosférica

Normatividad contaminación atmosférica





Normatividad contaminación atmosférica



Fuente: Ideam, 2021

Continuación Infografía 1. Evolución de la normatividad relacionada con la contaminación atmosférica

Colombia ha tenido una larga y amplia tradición en materia de acciones para el control de la contaminación del aire. Inicialmente, en 1967 se instalaron los primeros equipos para el monitoreo de la calidad del aire, pero sólo fue hasta el año 1982 cuando a través del Decreto 02 se adoptó la primera norma que reguló la emisión y concentración de contaminantes en la atmósfera. Uno de los grandes avances en materia del control de la contaminación del aire fue la adopción mediante el Decreto 948 de 1995 del Reglamento de Protección y Control de la Calidad del Aire, unificado en el año 2015 en el Título 5º del Decreto 1076. El Decreto 948 de 1995 permitió a Colombia avanzar en la política y normativa para la prevención, control y reducción de la contaminación atmosférica.

Así mismo, se expidieron la norma de ruido ambiental (Resolución 627 de 2006), las normas de emisiones contaminantes generadas por fuentes fijas (Resolución 909 de 2008) y fuentes móviles (Resolución 910 de 2008), la norma de calidad del aire que ha surtido varias actualizaciones (Resolución 601 de 2006, Resolución 610 de 2010 y Resolución 2254 de 2017), las normas que promueven el uso de tecnologías limpias (Resolución 2604 de 2009 y Resolución 1111 de 2013), la norma de olores ofensivos (Resolución 1541 de 2013), y se formuló la Política de Prevención y Control de la Contaminación del Aire de 2010 -PPCCA, que también fue actualizada mediante el CONPES 3943, Política para el Mejoramiento de la Calidad del Aire, entre otras.



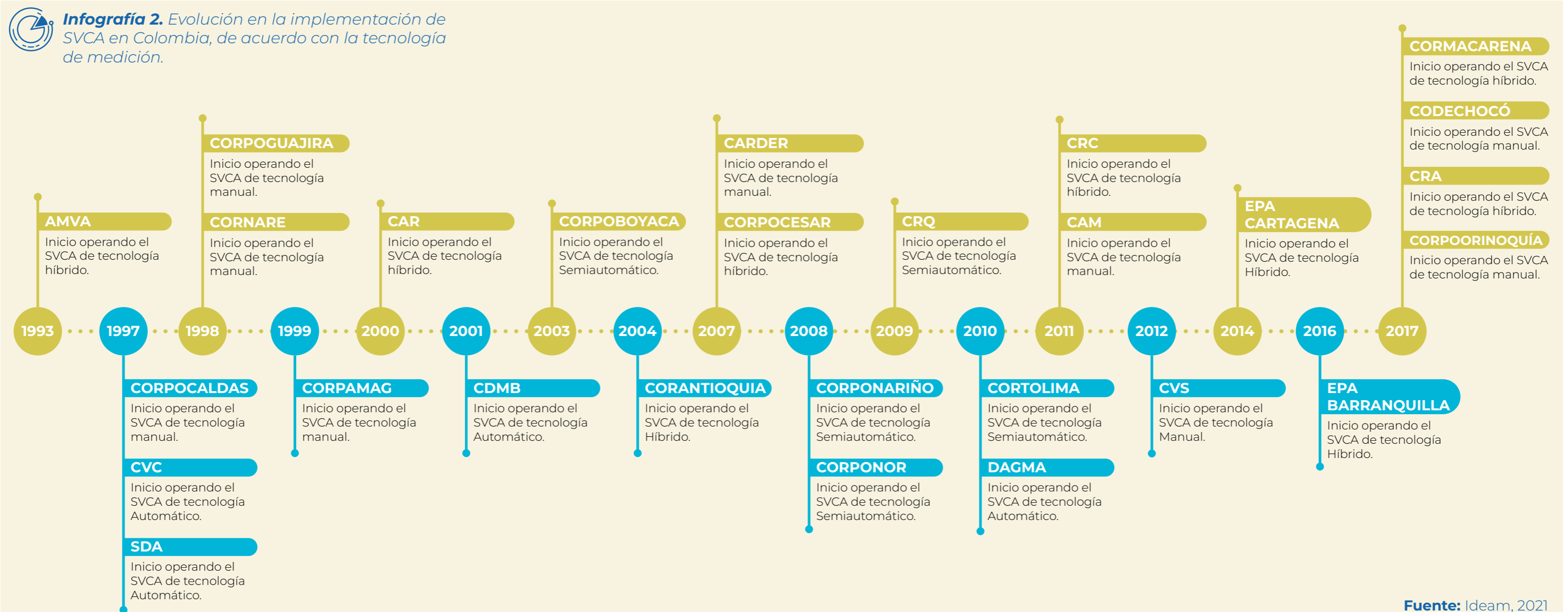
1.2. Historia del monitoreo de la calidad del aire en Colombia y evolución de los Sistemas de Vigilancia de la calidad del aire

Los esfuerzos por monitorear la calidad del aire en el país datan de la década de los sesenta, específicamente 1967, cuando entra en operación la Red Panamericana de Muestreo Normalizado de la Contaminación del Aire, RED PANAIRES, que surge por el interés de la Organización Panamericana de la Salud – OPS, de conocer el estado de la calidad del aire, no solo en Colombia, sino a nivel latinoamericano. Esta red, inicialmente contó con estaciones en 14 países de Latinoamérica:

Argentina, Brasil, Bolivia, Colombia, Costa Rica, Cuba, Chile, Ecuador, México, Guatemala, Nicaragua, Perú, Venezuela, y Uruguay. En Colombia, las estaciones se encontraban ubicadas en las ciudades de Bogotá, Barranquilla, Bucaramanga, Cali, Cartagena y Medellín; esta red de monitoreo de la calidad del aire operó hasta 1980 (Cruz, s.f.).

El mismo autor señala que durante el periodo 1980 – 1993 operó en el país la Red Nacional de Vigilancia de Calidad del Aire, que llegó a contar con más de 50 estaciones de monitoreo. La creación del Sistema Nacional Ambiental – SINA, mediante la Ley 99 de 1993, marca un cambio en las responsabilidades del monitoreo de la calidad del aire en el país, pues hasta ese entonces esta actividad había estado bajo la responsabilidad del sector salud y con la creación del SINA, en cabeza del Ministerio de Ambiente, fue la nueva cartera la encargada de asumir esta actividad.

En el territorio nacional de acuerdo con el marco normativo, el monitoreo de la calidad del aire no se encuentra centralizado, sino que está en cabeza de las autoridades ambientales, tal como lo establece el Decreto 1076 de 2015. Son dichas entidades, las encargadas de instalar, operar y mantener los Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire – SVCA, de acuerdo con los lineamientos del Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire, adoptado mediante la Resolución 650 de 2010 y ajustado mediante la Resolución 2154 de 2010, del entonces Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Teniendo en cuenta esta contextualización, a continuación, en la **Infografía 2** se presenta la evolución de los SVCA del país, referenciando el año de entrada en operación de cada uno y las tecnologías de medición que empleaban.






Fuente: Ideam, 2021

Los Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire o redes de monitoreo conforman sistemas dinámicos, que cambian año tras año modernizando su tecnología de medición para entregar datos de manera más oportuna, que sirvan para tomar las medidas necesarias, en caso de que se llegaran a presentar altas concentraciones de contaminantes que pudieran afectar la salud de la población.

En la **Tabla 1** se presentan los Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire que operaron durante el año 2021, y sus características según la tecnología empleada; así mismo se detalla el número de estaciones operativas, de acuerdo con la respectiva tecnología de medición.

 **Tabla 1.** SVCA en Colombia, de acuerdo con la tecnología de medición, año 2021

Autoridad Ambiental	SVCA según tecnología	 No. estaciones automáticas	 No. estaciones manuales	 No. estaciones híbridas	Total estaciones
AMA	Híbrido	27	6	3	36
CAM	Manual	-	2	-	2
CAR	Automático	23	-	-	23
CARDER	Automático	-	3	2	5
CDMB	Automático	7	-	-	7
CORANTIOQUIA	Automático	17	-	-	17
CORMACARENA	Automático	2	-	-	2
CORNARE	Híbrido	1	-	4	5
CORPAMAG	Híbrido	3	9	-	12
CORPOBOYACA	Automático	7	-	-	7
CORPOCALDAS	Híbrido	-	6	1	7
CORPOCESAR	Manual	-	16	-	16
CORPOGUAJIRA	Manual	-	9	-	9
CORPONOR	Manual	-	3	-	3
CORTOLIMA	Manual	-	2	-	2
CRC	Automático	1	-	-	1
CRQ	Manual	-	2	-	2
CVC	Automático	7	-	-	7
CVS	Híbrido	-	-	4	4
DAGMA	Automático	9	-	-	9
EPA BARRANQUILLA	Automático	3	-	-	3
SDA	Automático	20	0	0	20

Fuente: Ideam, 2021



Foto: shutterstock

1.3. El rol del Ideam en la gestión de la calidad del aire



El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales -Ideam, es un establecimiento público de carácter nacional adscrito al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, cuyas funciones han sido asignadas a través de la Ley 99 de 1993 y los Decretos 291 de 2004 y 1277 de 1994, compilado en el Decreto 1076 de 2015.

Tiene como misión, apoyar técnica y científicamente al Sistema Nacional Ambiental - SINA, generando conocimiento, produciendo información confiable, consistente y oportuna, sobre el estado y las dinámicas de los recursos naturales y del medio ambiente, que facilite la definición y ajustes de las políticas ambientales y la toma de decisiones por parte de los sectores público, privado y la ciudadanía en general.

El Ideam es la entidad encargada de recolectar, consolidar y mantener actualizada la información sobre la calidad del aire y efectuar seguimiento constante de los fenómenos de contaminación y degradación de la calidad del aire en el territorio nacional (ver **Infografía 3**).

¿Qué hace el Ideam en la temática de calidad del aire?

Informe del estado de la calidad del aire en Colombia 2021



Infografía 3. El rol del Ideam en la gestión de la calidad del aire del país



Apoya a las autoridades ambientales

El Ideam articula y apoya todo el trabajo que realizan las diferentes autoridades ambientales regionales, locales o distritales con respecto a la operación de los Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire. El Instituto presta un servicio misional de generación de conocimiento, orientado al apoyo técnico y fortalecimiento de capacidades de las autoridades ambientales para la operación de las estaciones de calidad del aire, así como para el manejo, procesamiento y análisis de datos de las diferentes variables de calidad del aire, meteorológicas y de ruido, siendo este apoyo fundamental para la consolidación de información nacional de calidad del aire, que responda a criterios de calidad y confiabilidad del dato.

SISAIRE
Subsistema de Información sobre Calidad del Aire

Administra el subsistema de información sobre calidad del aire - SISAIRE

En su rol de administrador del Subsistema de información sobre calidad del aire – SISAIRE, conferido mediante la Resolución 651/2010, el Ideam recopila y consolida toda la información de calidad del aire, meteorológica y de ruido procedente de los Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire operados por autoridades ambientales, información que sustenta el diseño, evaluación y ajuste de las políticas y estrategias nacionales y regionales de prevención y control de la calidad del aire; así mismo, garantiza el acceso a esta información a la ciudadanía en general, a las instituciones de investigación en el tema y demás actores interesados.

Navegue aquí en el SISAIRE:

- ▶ <http://sisaire.ideam.gov.co/ideam-sisaire-web/>



Lidera la operación estadística EMSCA

El Instituto en su proceso misional de generación de conocimiento e investigación, desarrolla la operación “Estadística de monitoreo y seguimiento de calidad del aire –EMSCA”, la cual está debidamente certificada por el DANE bajo la Norma Técnica del Proceso Estadístico NTCPE1000. El desarrollo de esta operación estadística, permite entregarle al país una base de datos nacional de calidad del aire y hacer el seguimiento a los respectivos indicadores nacionales de cumplimiento; así mismo, de manera anual permite entregar el Informe del Estado de la Calidad del Aire en Colombia, como principal insumo para apoyar la labor de las autoridades ambientales y demás entidades pertinentes frente a la toma de decisiones y estructuración de las respectivas políticas y estrategias.

Consulte aquí las bases de datos, indicadores e informes:

- ▶ <http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/aire>
- ▶ <https://www.datos.gov.co/Ambiente-y-Desarrollo-Sostenible/DATOS-DE-CALIDAD-DEL-AIRE-EN-COLOMBIA-2011-2018/ysq6-ri4e>
- ▶ <https://sinergiapp.dnp.gov.co/#IndicadorProgEntE/33/1512/5924/77>
- ▶ <https://ods.dnp.gov.co/es/downloads>
- ▶ <http://www.ideam.gov.co/web/contaminacion-y-calidad-ambiental/informes-del-estado-de-la-calidad-del-aire-en-colombia>



Apoya el seguimiento de fenómenos regionales de contaminación atmosférica

Otra labor de interés relevante que se realiza desde el Instituto, es realizar el seguimiento a las variables de calidad del aire a partir de previsiones satelitales y en algunos casos, de ser necesario se realizan comparativos a partir de estaciones en tierra; esto para prever y hacer seguimiento a posibles afectaciones sobre la calidad del aire, considerando eventos de contaminación trasfronteriza, e informar oportunamente a la ciudadanía en general y a las autoridades ambientales y de gestión del riesgo para su debida acción.

Consulte aquí los boletines de calidad del aire y comunicados especiales:

- ▶ <http://www.ideam.gov.co/web/contaminacion-y-calidad-ambiental/boletin-calidad-del-aire/>
- ▶ <http://www.pronosticosyalertas.gov.co/web/pronosticos-y-alertas/comunicados-especiales>



Acredita los laboratorios

El Ideam acredita los laboratorios o empresas de consultoría ambiental del país, que realizan muestreo, toma de muestra y/o análisis fisicoquímicos o microbiológicos de calidad ambiental sobre los diferentes recursos naturales de la nación, incluyendo la matriz aire (calidad del aire, fuentes fijas, olores ofensivos y ruido); la respectiva acreditación se otorga tras la aprobación de los “requisitos generales para la competencia de los laboratorios de prueba y calibración” especificados en la Norma NTC ISO/IEC 17025.

Para mayor información consulte:

- ▶ <http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/acreditacion-laboratorios>
- ▶ <http://www.ideam.gov.co/web/contaminacion-y-calidad-ambiental/acreditacion>

1.4. Inventario de contaminantes criterio y Carbono Negro

A partir del desarrollo del documento CONPES 3943 de 2018 y de las acciones planteadas en la Estrategia Nacional de Calidad del Aire – ENCA, se identificó la necesidad de articular el inventario nacional de contaminantes criterio y Carbono Negro con el inventario de gases de efecto invernadero que se presenta cada dos años ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático – UNFCCC, con el fin de mejorar las estrategias de prevención, reducción y control de la contaminación del aire.

Para Colombia es una prioridad contar con información periódica y transparente sobre sus emisiones de gases efecto invernadero y contaminantes criterio, que esté al alcance de todos y que permita la toma de decisiones informadas en cada uno de los actores de la sociedad. Por tal motivo, el Inventario Nacional de Gases Efecto Invernadero, contaminantes criterio y Carbono Negro a 2018, preparado y presentado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y el Ideam, es una herramienta fundamental para el fortalecimiento de sectores y territorios que permitirá avanzar en la gestión de la mitigación y adaptación del país de forma articulada y bajo un soporte científico de muy alta calidad. Este reporte, y la información que se presenta en el mismo, además de convertirse en un hito en el cumplimiento de los compromisos de Colombia a nivel internacional y ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, CMNUCC, es también un instrumento que consolida insumos para el seguimiento de las metas del país, en particular, las metas de mitigación establecidas. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ideam, gef, Fundación Natura, PNUD., 2022).

En este reporte se presenta el avance de los instrumentos de política desarrollados por varios sectores y que en conjunto, son los que encaminan al sistema productivo del país hacia una economía baja en carbono y la resiliencia climática, y así mismo, presenta información relevante acerca de las inversiones realizadas como apoyo a la gestión del cambio climático, con origen nacional e internacional, que permite contabilizar los flujos financieros realizados e identificar las necesidades que aún deben ser cubiertas y que permitirán que Colombia avance en el cumplimiento de sus metas (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ideam, gef, Fundación Natura, PNUD., 2022).

En este sentido el Ideam, con el apoyo del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, elaboró la base de datos con el registro de la información necesaria para realizar el inventario nacional de emisiones a 2018 y de esta manera, aportar a la disponibilidad de información de emisiones a nivel nacional. El Inventario Nacional de Gases Efecto Invernadero y Carbono Negro, contempla el periodo 2010-2018 actualizando la información que se presentó en el Inventario Indicativo (2010-2014) y aplicando mejoras en la selección de metodologías, con el fin de que los factores de emisión se asemejen el panorama nacional.

De esta forma, Inventario Nacional de Gases Efecto Invernadero y Carbono Negro se centra en bases de datos que consolidan la información de factores de emisión y datos de actividad para cada subcategoría contemplada por una metodología estandarizada. Adicionalmente, se cuenta con una versión departamental que desgrega las emisiones por los 32 departamentos, mejorando la resolución espacial de la información de emisiones dentro del territorio nacional.

El Inventario Nacional de Gases Efecto Invernadero y Carbono Negro, como el inventario departamental – Tercer Informe Bienal de Actualización de Cambio Climático – BUR3, se encuentran publicados en la página oficial del Ideam, para su consulta al público en general, en los siguientes vínculos:



<http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023936/023936.html>



<http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023958/023958.html>



Fotografía: Pexels.com



1.5. Calidad del aire y salud

Durante los últimos quince años, tanto la medición de la contaminación del aire como la evaluación a la exposición, han avanzado significativamente permitiendo contar con pruebas contundentes, sobre los efectos negativos que tiene la mala calidad del aire sobre la salud de la población. A nivel global se cuenta con mayor cantidad de mediciones de los niveles de contaminación atmosférica, así como nuevos estudios epidemiológicos, que sustentan el hecho de que la exposición al aire contaminado trae consecuencias, principalmente en los adultos mayores y los niños, como agravamiento de las enfermedades cardiopulmonares, irritación ocular y de vías respiratorias, entre otras. (Organización Mundial de la Salud, 2021)

Es así que, en el año 2015 en el marco de la 68ª Asamblea Mundial de la Salud que se realizó en Ginebra Suiza, la Organización Mundial de la Salud publicó el documento “Salud y medio ambiente: impacto sanitario de la contaminación del aire”, que presenta datos concluyentes sobre los efectos de la contaminación del aire, tanto en interiores como en exteriores, sobre la salud de la población, y recalca que, al prevenirla se estarían evitando millones de muertes y enfermedades alrededor del mundo, no solo para las generaciones actuales, sino para las futuras. (Asamblea Mundial de la Salud, 2015)

Este informe señala, como es bien sabido, que las actividades humanas son la causa principal de la mala calidad del aire, y que el uso de combustibles fósiles es una de las principales fuentes de contaminación atmosférica, siendo deseable el uso masivo de energías limpias y renovables, que tendrá un impacto positivo frente a esta problemática.

Son muchas las cifras que dan cuenta de los costos asociados a la mala calidad del aire, siendo este tipo de contaminación la amenaza medioambiental más peligrosa para la salud humana. (Organización Mundial de la Salud, 2021). La mala calidad del aire representa millones de vidas y de años de vida saludable perdidos a nivel mundial y a pesar de que la calidad de este recurso ha venido mejorando, no se ha logrado una disminución considerable de estas cifras, debido a que, si bien en los países con altos ingresos la calidad del aire ha mejorado, en los países con ingresos medios y bajos ha empeorado a medida que aumentan su desarrollo económico y su crecimiento urbano. (Organización Mundial de la Salud, 2021)

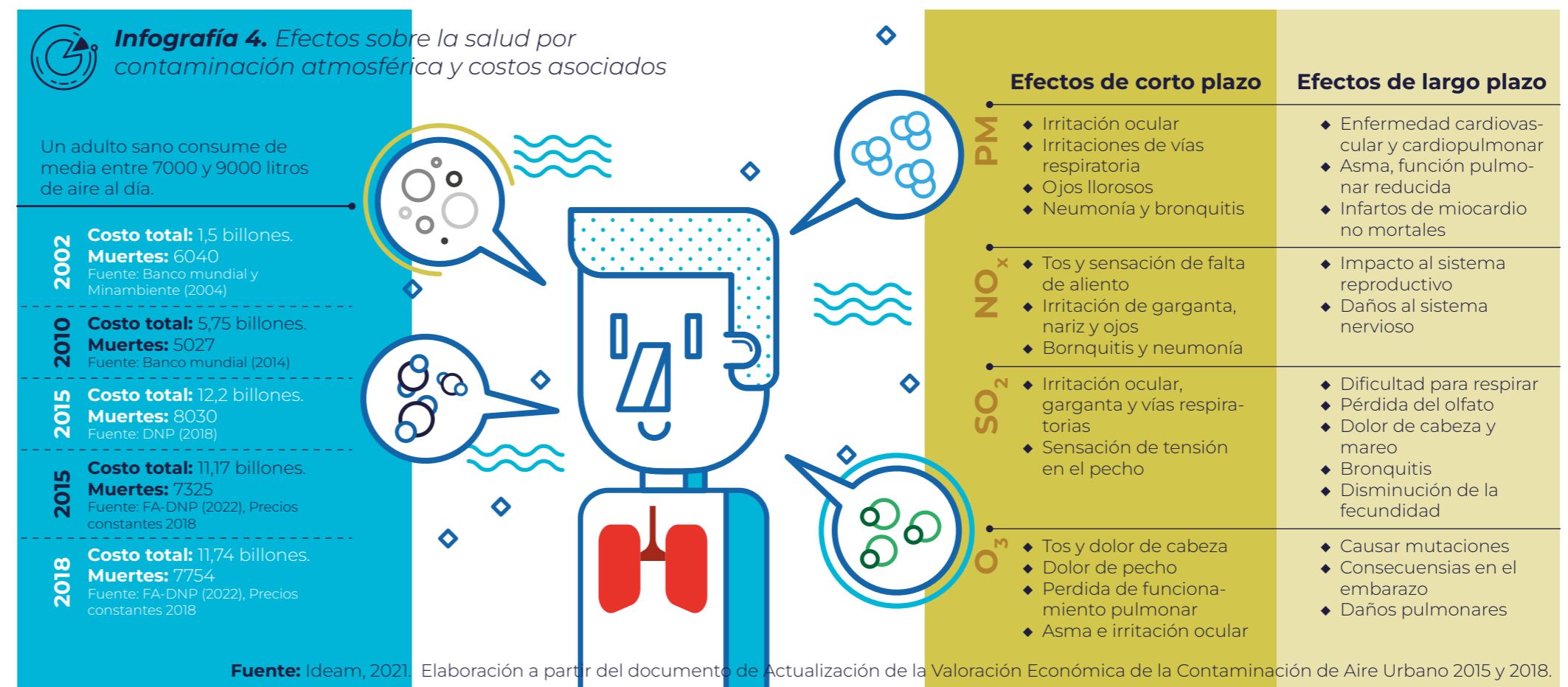
Vale la pena resaltar que en Colombia se finalizó recientemente la Actualización de la Valoración Económica de la Contaminación de Aire Urbano 2015 y 2018, estudio que se realizó en el marco del proyecto “Apoyo a la implementación de paisajes rurales climáticamente inteligentes en Colombia - Territorios Verdes Climáticamente Inteligentes, financiado por la Unión Europea a través de un crédito

LAIF supervisado por la Agencia Francesa de Desarrollo - AFD e implementado por Fondo Acción para el Departamento Nacional de Planeación - DNP”, en el cual se actualizó la metodología de cálculo de la valoración económica, basada en la exposición al contaminante, los vínculos con la salud y la valoración económica.

El estudio es una aproximación a un problema complejo, debido a limitaciones de información disponible, haciéndose necesario partir de algunos supuestos y agregación de valores. En este sentido, se ratifica la necesidad de continuar trabajando para mejorar la calidad del aire, lo cual representará la disminución del número de muertes que causa este tipo de contaminación.

Mediante este trabajo se pudo estimar que “en 2015, las muertes totales atribuibles a la concentración de $PM_{2.5}$, para las causas específicas estudiadas, se cuantificaron en promedio en 7.325 muertes”, mientras que “para 2018 se estimaron en promedio 7.754 muertes atribuibles a la exposición a $PM_{2.5}$ ”.

Este estudio también presenta la recopilación de los trabajos más importantes que se han realizado en el país, para cuantificar tanto el número de muertes, como los costos totales anuales, que deja la contaminación del aire. Tal como se presenta en la **Infografía 4**, los diferentes estudios muestran que para el periodo comprendido entre 2002 y 2018, tanto las muertes atribuibles como los costos que representan se han incrementado dramáticamente, no solo en el país sino a nivel mundial; es por esto que la Organización Mundial de la Salud – OMS, realizó en septiembre de 2021 la actualización de las Directrices Mundiales sobre Calidad del Aire, que si bien no tiene carácter vinculante para los países que las adopten, buscan dar una guía para que se formulen leyes que propendan por disminuir la exposición de la población a niveles de contaminantes que puedan afectar su salud; no obstante, es necesario tener claridad que los niveles más restrictivos de contaminantes en el aire “per se”, no aseguran que sus concentraciones disminuyan, sino que se requiere de un trabajo intersectorial articulado, para que los diferentes actores, incluyendo a la ciudadanía en general, aporten para la solución de este problema que nos afecta a todos.





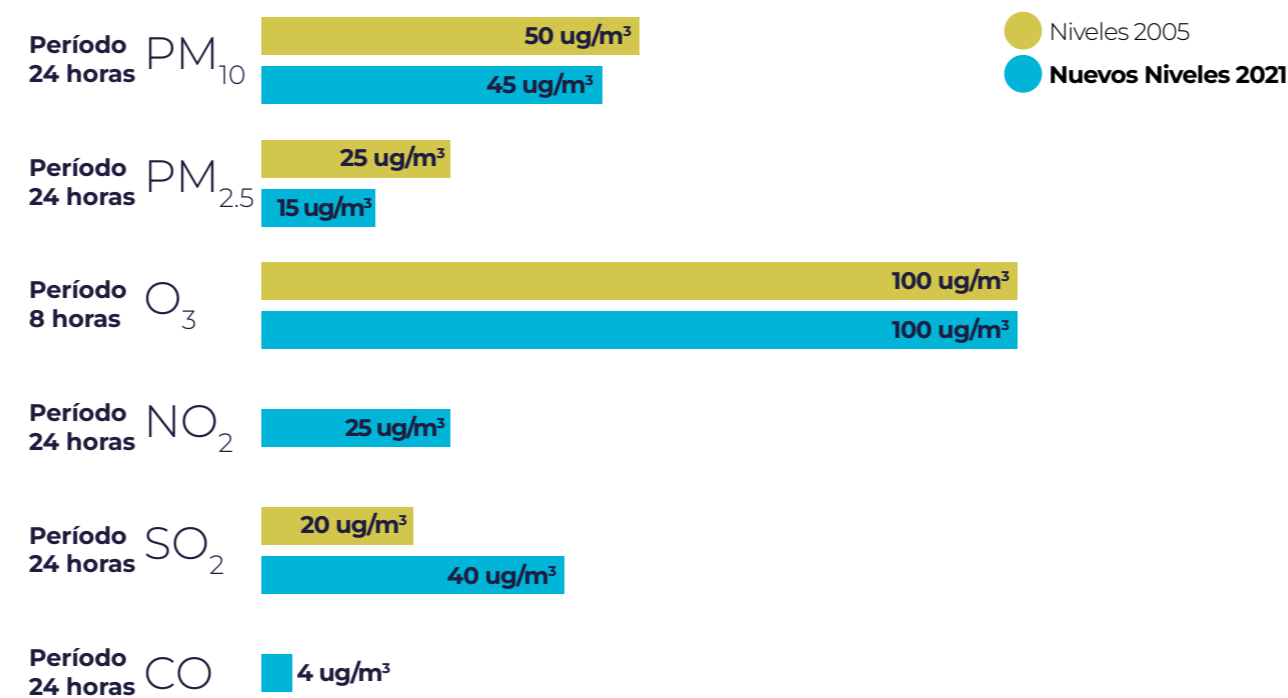
1.5.1. Directrices mundiales de la OMS sobre la calidad del aire

La Organización Mundial de la Salud –OMS reconoce que la contaminación del aire no solo incide negativamente en las personas que padecen enfermedades respiratorias, cardiovasculares, que padecen cáncer de pulmón, sino como causante de enfermedades en otros órganos del cuerpo humano. Lo anterior hace prioritario que los gobiernos a nivel mundial continúen trabajando para mejorar la calidad del aire que respiramos.

Los contaminantes que contempla esta actualización corresponden a material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$, Ozono, Dióxido de Nitrógeno, Dióxido de Azufre y Monóxido de Carbono, conocidos como contaminantes criterio por sus efectos nocivos sobre la salud.

En la actualización realizada por la OMS los objetivos intermedios ahora se llaman metas intermedias y el valor guía de la versión 2005 pasa a ser la meta 4; por otro lado, se adiciona un nuevo valor, llamado "Nivel de las directrices sobre calidad del aire". A continuación, en la **Infografía 5** se expone la variación de los niveles guía 2005, comparados con los niveles de las directrices sobre la calidad del aire 2021, para periodos de exposición cortos de 8 y 24 horas.

Infografía 5. Directrices mundiales de la Organización Mundial de la Salud –OMS sobre la calidad del aire para periodos de exposición cortos

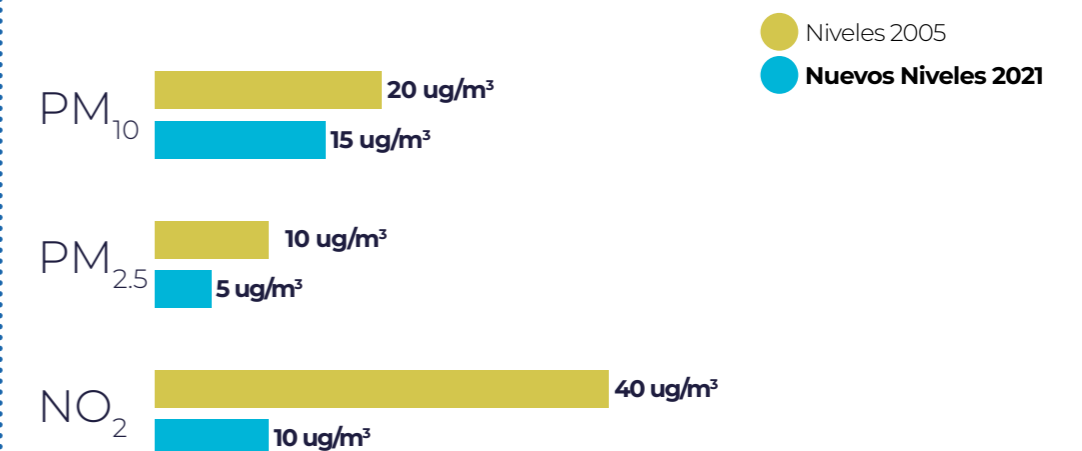


Nota: En el 2005, no se contaba con una directriz para los contaminantes NO_2 , CO, estos fueron incluidos en el 2021

Fuente: Ideam, 2021. Elaboración a partir (Organización Mundial de la Salud, 2021)

Por su parte, en la **Infografía 6** se expone la variación de los niveles guía 2005, comparados con los niveles de las directrices sobre la calidad del aire 2021, para un tiempo de exposición anual.

Infografía 6. Directrices mundiales de la Organización Mundial de la Salud –OMS sobre la calidad del aire para periodos de exposición prolongados (anual)



Fuente: Ideam, 2021. Elaboración a partir (Organización Mundial de la Salud, 2021)



Fotografía: Pexels.com



Las directrices presentan unas recomendaciones cuantitativas en términos de concentraciones de los contaminantes anteriormente señalados, respectivas a la salud, que buscan que a nivel mundial sean tenidas en cuenta para la formulación de normativa sobre la materia, con el objetivo de disminuir tanto las muertes, como las enfermedades atribuibles a esta contaminación.

Es necesario señalar que existen otros tipos de material particulado como el Carbono negro o Carbono elemental (CN/CE), partículas ultra finas (PUF), es decir cuyo diámetro aerodinámico es menor o igual a 0.1 micrómetros y partículas procedentes de tormentas de arena y polvo, sobre los cuales se viene avanzando en investigaciones que permitan establecer las afectaciones a la salud que causan, pero hasta ahora los datos son insuficientes para recomendar ciertos niveles ni metas intermedias (Organización Mundial de la Salud, 2021).

La OMS insta a que los países masifiquen el monitoreo de CN/CE y las PUF, de manera que se cuente con información suficiente, así como la relacionada con la caracterización de las fuentes, para trabajar en su reducción. Con respecto a las partículas procedentes de tormentas de arena y polvo, es necesario fortalecer los sistemas de alertas tempranas y de pronóstico, para informar oportunamente a la población sobre la ocurrencia de los eventos y evitar su exposición; lo anterior complementado con ejercicios de caracterización de material particulado, que permitan establecer el porcentaje de este material que es de origen antropogénico para tratar de reducir su concentración actuando sobre dichas fuentes.



1.5.2. Modelo de determinantes sociales de la OMS y enfoque diferenciales en el estudio de la relación entre calidad del aire y salud

Subcapítulo de colaboración elaborado por:

Luis Jorge Hernández F, Luis Camilo Blanco, Horacio Riojas Diana Sofía Ríos y Daniela Rodríguez

Este capítulo recoge elaboraciones conceptuales y metodológicas que ha venido realizando el grupo de calidad de aire y salud de la Universidad de los Andes, elementos del Plan Estratégico de Respuesta Sectorial de Gestión Integral de Riesgos en Salud por Calidad del Aire, que se ha trabajado con la autoridad sanitaria de Bogotá y que también sean publicado por los autores en el libro Medicina Preventiva, ocupacional y ambiental.

En el Modelo de Determinantes Sociales de la OMS se habla de los procesos sociales y ambientales de la salud que permiten identificar en forma jerarquizada un determinante estructural dado por contextos y posición social de las personas, familias y comunidades; a este nivel está el modelo de desarrollo de Bogotá y las estructuras de producción y consumo que favorecen la utilización de combustibles fósiles, dentro de las cuales una herramienta de política pública muy relevante es el Plan de Ordenamiento Territorial – POT- que permite una ciudad densificada o en expansión, y por medio del cual se proyecta la ciudad en los próximos 10 años como mínimo. Estas categorías se retomarán más adelante como fuerzas propulsoras en la metodología de fuerzas motrices.

Los determinantes intermedios están representados por las llamadas condiciones materiales en que transcurre la trayectoria de vida de las personas, familias y comunidades. Por ejemplo, el tipo de movilidad que influye en el uso de combustibles, el tiempo de desplazamiento que implica mayor o menor exposición a la contaminación del aire (Hernández et al., 2017). En el año 2005, la OMS creó la Comisión sobre Determinantes Sociales de la Salud, con el objetivo de influir, a través de políticas y programas, sobre aquellos procesos que fomentan la equidad sanitaria, además, mitigar las desigualdades e injusticia social que de forma directa o indirecta tiene un impacto sobre la salud y calidad de vida de las personas. Esto implica que la exposición a la contaminación del aire afecta desigualmente a los habitantes de Bogotá (la población más pobre y más vulnerable es la más afectada) (Hernández Girón et al., 2012; Hernández et al., 2016).

Para el año 2008, la Comisión de Determinantes presentó el informe “Subsanar las desigualdades de una generación: alcanzar

la equidad sanitaria actuando sobre los determinantes sociales de la salud”(Organización Mundial de la Salud OMS/OPS, 2008), donde se recomiendan acciones para promover la equidad sanitaria, especificando que: “Es preciso actuar para modificar los determinantes sociales de la salud desde las condiciones estructurales de la sociedad hasta las condiciones de vida en que las personas crecen, viven y trabajan, desde la esfera mundial a la local, en todas las instancias de gobierno y respecto de todos los interesados directos, desde la sociedad civil hasta el sector privado”. Por lo tanto, se puede indicar que la contaminación del aire es la manifestación de procesos estructurales e intermedios que tienen la necesidad de ser modificados por toda la sociedad y recoge el accionar de la promoción de la salud, en cuanto a la necesidad de tener políticas públicas saludables por un aire limpio (Organización Mundial de la Salud OMS/OPS, 2008).

En el modelo OMS de determinantes sociales que orienta el Plan Decenal de Salud Pública y la normativa vigente MAITE, la afectación del determinante estructural no es del sector salud, sino de toda la sociedad y del estado, aunque desde el sector salud se debe valorar cómo afecta este determinante los resultados de salud de una población (Ministerio de Salud y Protección Social -MSPS & Ministerio de salud y Protección Social de Colombia, 2013).

El modelo de determinantes sociales de la OMS es un Modelo explicativo-interpretativo del Proceso Salud enfermedad, esto quiere decir que no pretende solo buscar causalidad sino explicar inequidades en calidad de vida y salud, así como orientar las soluciones a las mismas reconociendo jerarquías y responsabilidades diferenciales. Medir desigualdades o injusticia ambiental y hacer análisis de responsables desde el estado, los gobiernos nacionales y territoriales y los diversos actores es propio del ejercicio de problematización que se desarrolla con la metodología de fuerzas motrices.

La calidad del aire en el modelo OMS tiene una representación en el determinante estructural e intermedio. También en forma pedagógica se incluye una categoría proximal que son los factores de riesgo. Cada nivel tiene una forma de manifestarse en la medición de calidad del aire, resaltando que es necesario diferenciar las ambientales de

las estimaciones de exposición poblacional. Esto se retomará en los ejes estratégicos en el componente de vigilancia en salud pública cuando se mencione la necesidad de valorar o hacer estimaciones de exposición (Tabla 2).



Tabla 2. Calidad del Aire en el Modelo de Determinantes de la OMS

Determinante	Manifestación en calidad del aire
Determinante Estructural	Miicroambiente, mediciones ambientales de la red de monitoreo de calidad del aire de Bogotá - IBOCA
Determinante Intermedio	Espacios construidos, mediciones con más cercanía a lo poblacional, medición intramuros.
Determinante Proximal	Mediciones personales-nube de exposición

Fuente: Grupo SEP - Universidad de los Andes

► Enfoque de curso de vida

El Enfoque de curso de Vida se posiciona en el Modelo de Determinantes Sociales como un espacio de acción importante que permite no solo explicar las inequidades en salud y calidad de vida, sino también problematizarlas, es decir, definir categorías de análisis y comprensión también jerarquizadas. El Curso de Vida “está influenciado por las condiciones biológicas, psicológicas, sociales presentes en los entornos en los que se desenvuelve el individuo y por las expectativas sociales, condiciones históricas y culturales específicas” (Blanco, 2011).





La caracterización de condiciones de pobreza y socioeconómicas como la educación y empleo son aproximaciones a la categoría del Enfoque de Curso de Vida conocida como “Movilidad Social”: “La teoría sobre movilidad social debe abordar el rol que ejercen los recursos de una generación (materiales, culturales, genéticos), en el contexto institucional de la sociedad, en moldear el logro educativo y ocupacional (principalmente) de la siguiente generación. Identifican dos procesos determinantes en la asociación entre origen y destino, los cuales son mediados por los arreglos institucionales: el grado en que se transmiten los recursos de una generación a la siguiente (la relación entre el origen social y los recursos que tiene un individuo) y el retorno de los recursos ligado a la importancia de su rol en el proceso de logro de estatus (la asociación entre los recursos del individuo y su destino social)” (Tieben et al., 2013). La **Tabla 3**, muestra la relación entre los determinantes sociales y su correspondiente categoría proxi de Curso de Vida.

 **Tabla 3.** Relación entre los Determinantes Sociales y su correspondiente categoría proxi de curso de vida

Determinante Social	Manifestación en calidad del aire	Fuente y operacionalización
Determinante	Contextos Sociales, demográficos, históricos culturales (tiempo y lugar). Movilidad Social	Caracterización Demográfica y socioeconómica. Medición de inequidades. Posición Social. Modelo de Desarrollo. Desplazamiento. Tenencia de Tierra. Distribución de Riqueza. Poderes territoriales. Composición étnica.
Intermedio	Factores acumulados-Vidas interconectadas. Sucesos Vitales Trayectoria	Nivel educativo. Condiciones Ambientales-Entornos. Vivienda. Servicios de Salud. Crisis ambientales. Trabajo y empleo. Vivienda y servicios públicos

Fuente: Elaboración propia, grupo SEP – Universidad de los Andes

► Enfoque de derechos - calidad del aire

Los derechos humanos de tercera generación incluyen el “Derecho al desarrollo sostenible”, entendido como la garantía de un desarrollo armónico entre lo ambiental, lo económico y lo social. Así mismo incluye el “Derecho a gozar de un medioambiente sano”, es decir la Calidad del Aire es un Derecho Humano. La OMS ha establecido que un enfoque de salud basado en los derechos humanos “tiene como objetivo garantizar el derecho a la salud y otros derechos humanos relacionados con la salud” (Organización Mundial de la Salud & Human Rights and Economic, 2009). Se pretende aumentar las capacidades del gobierno o del estado como garante del derecho a la salud y favorecer la construcción de empoderamiento en los titulares de estos derechos para buscar su exigibilidad.

El enfoque de derechos implica que la caracterización en salud y calidad de vida se debe realizar bajo la mirada de los Derechos Humanos, como “conjunto de principios, de aceptación universal, reconocidos constitucionalmente y garantizados jurídicamente, orientados a asegurar al ser humano su dignidad como persona, en su dimensión individual y social, material y espiritual” (Organización Mundial de la Salud & Human Rights and Economic, 2009); es reconocer su universalidad, indivisibilidad e interdependencia,

lo cual quiere decir que los Derechos Humanos son complementarios e inseparables. Si bien, hay una clasificación por tipos según generación, todos tienen el mismo rango de importancia y es necesario el cumplimiento de cada uno de ellos para lograr la satisfacción de todos.

El enfoque de derechos conlleva al enfoque diferencial que está definido en la legislación colombiana en sus principios generales la Ley 1448 de 2011 o Ley de víctimas del conflicto armado interno, en el artículo 13 afirma “El principio de enfoque diferencial reconoce que hay poblaciones con características particulares debido a su edad, género, orientación sexual y situación de discapacidad”, desde salud a este enfoque diferencial se le agrega el enfoque territorial (Congreso de la República Colombia, 2010).

► Enfoque territorial en calidad del aire y salud

Se hace necesario diferenciar territorios geográficos y relacionales. Según la Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá, de las 163.000 hectáreas de extensión de Bogotá, 122.000 corresponden a territorio rural, es decir un 75 %. De los más de 7 millones de habitantes con los que cuenta Bogotá, tan sólo 51.203 habitan en el territorio rural. 16.429 bogotanos son pequeños y medianos productores del campo, distribuidos en 3.322 familias. El territorio rural está disperso en nueve de las 20 localidades de la capital: Sumapaz, Usme, Ciudad Bolívar, Usaquén, Santa Fe, San Cristóbal, Chapinero, Suba y Bosa. La localidad de Usme es la que mayor población alberga, con un 34 % del total de campesinos, es decir más de 17.000. Le siguen Sumapaz, con 11.600 y Ciudad Bolívar con 11.100. La ruralidad bogotana alberga pequeños empresarios agrícolas, comunidades indígenas originarias de los Muiscas, varios hacendados e industriales de las flores. En cuanto a los usos del suelo rural, el 70,1 % está constituido por cobertura de páramo, 9,1 % por bosque alto andino y matorrales, 1,6 % de plantaciones forestales, 15,5 % de pastos y el 2,8 % a cultivos, como hortalizas y papa (Ministerio de salud, 2018).

Las fuentes de emisión son diferentes a nivel urbano y rural. En el nivel rural, predominan las fuentes de área como: incendios forestales,

deforestación, quemadebasurasy, la contaminación del aire intramuros por cocción con biomasa. Proponer acciones diferenciadas en calidad del aire y salud a nivel urbano-rural es parte del enfoque territorial de este plan estratégico.

► Enfoque de género

Es cada vez más creciente el uso del enfoque de género en salud ambiental. A nivel rural por ejemplo las mujeres permanecen más en el domicilio y peridomicilio por lo cual al haber cocción con biomasa resultan siendo las más afectadas junto con los niños y niñas. A nivel urbano, las mujeres son las más afectadas por la informalidad laboral. La capital colombiana es una de las que presenta una tasa más baja, con un 43,2 % de mujeres en informalidad, además de Manizales (43 %) y Medellín (45,1 %) (DANE, 2019). Sin embargo, este porcentaje de mujeres informales como riesgo es alto si se tiene en cuenta que constituye una población vulnerable entre otros factores a exposiciones ambientales por contaminación del aire debido al trabajo ambulante en calle. A nivel rural la informalidad puede llegar al 70 % en las mujeres.

En calidad de aire y salud el enfoque de género señala que las niñas y las mujeres pueden ser las más afectadas por la contaminación del aire intramuros ya que permanecen más en el domicilio y en el peri-domicilio (especialmente en áreas rurales y periurbanas) y, por la contaminación del aire extramuros en trabajo informal de la calle. Así mismo su condición sexual y reproductiva la hace más vulnerable a los riesgos acumulados por contaminación del aire. En las mujeres se hace más inexistente la diferencia entre salud ambiental y la salud ocupacional debido a la informalidad (Rubin-Kurtzman & Denman Champion, 2006). En el enfoque de género la medición de diferenciales apunta hacia la ruta de exposición diaria de las mujeres y también de los hombres en donde realizan sus actividades de vida cotidiana y ocurren sumatorias de exposiciones según la localidad donde duerman, trabajen, estudien, se transporten y conviva todos los días. Aquí la región es importante por la mirada territorial, la configuración y desarrollo de este, ya que el contaminante del aire no tiene una limitación geográfica.



1.6. Normatividad aplicable

En general, la normativa colombiana en materia de calidad del aire y emisiones se ha planteado en función de la protección de la salud humana y el medio ambiente, a través de un proceso de gradualidad que involucra la capacidad técnica, tecnológica y económica del país, ya que estos factores deben hacer parte de la construcción normativa de carácter técnico. Además del desarrollo normativo y de política, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible trabaja desde diferentes frentes en la formulación de estrategias coordinadas, eficientes y equitativas dirigidas a prevenir y controlar la contaminación del aire.

1.6.1. Resolución 2254 de 2017

Bajo este contexto, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, expidió el 1 de noviembre de 2017 la Resolución 2254, la cual establece la norma de calidad del aire o nivel de inmisión y adopta disposiciones para la gestión del recurso aire en el territorio nacional, con el objeto de garantizar un ambiente sano y minimizar el riesgo sobre la salud humana que pueda ser causado por la exposición a los contaminantes en la atmósfera.

 **Tabla 4.** Normatividad de calidad del aire en Colombia versus directrices mundiales de la Organización Mundial de la Salud

Contaminante	Tiempo de exposición	Res. 2254/17		OMS			Nivel de las directrices
		Vigente (A partir de 2018)	A partir de 2030	Objetivo intermedio 2	Objetivo intermedio 3	Objetivo intermedio 4	
							$\mu\text{g}/\text{m}^3$
PM ₁₀	Anual	50	30	50	30	20	15
	24 horas	75	75	100	75	50	45
PM _{2,5}	Anual	25	15	25	15	10	5
	24 horas	37	37	50	37,5	25	15
SO ₂	24 horas	50	20	50	-	-	40
	1 hora	100	-	-	-	-	-
NO ₂	Anual	60	40	30	20	-	10
	1 hora	200	-	50	-	-	25
O ₃	8 horas	100	-	120	-	-	100
CO	8 horas	5.000	-	-	-	-	-
	1 hora	35.000	-	-	-	-	-
	24 horas	-	-	-	-	-	4.000

Fuente: (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017). (Organización Mundial de la Salud, 2021)

Para la comparación normativa, se siguen las directrices consignadas en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire (adoptado mediante la Resolución 650 de 2010 y modificado mediante la Resolución 2154 de 2010), para el caso de la comparación con la norma anual, se emplea el promedio

aritmético; los datos incluidos son los promedios diarios de concentración. Esta comparación es posible realizarla tanto para estaciones manuales como para automáticas, haciendo la salvedad que la cantidad de datos obtenidos por los equipos manuales que operan cada tercer día durante el año no debe ser inferior a 91 datos (75 % de los 121 datos que serían el total de mediciones posibles por muestreadores manuales cada tercer día) y que la cantidad de datos obtenidos a través de muestreo automático corresponderá a 274 datos, que corresponden al 75 % de los 365 datos que se pueden obtener durante un año de monitoreo continuo.

Para la comparación con la norma de 24 horas, se estima el promedio para conjuntos de 24 datos horarios de un mismo día; luego se realiza la respectiva conversión a condiciones de referencia y posteriormente se comparan los valores obtenidos con el valor de la norma nacional.

Para el caso de la comparación de la norma definida para tiempos de exposición de 1 hora y 8 horas; en ambos casos se requiere que el monitoreo de dichos contaminantes se realice a través de analizadores automáticos, debido a que solo a través de esta forma es posible obtener resultados de concentración horarios. En este sentido, se siguen las siguientes pautas: para el caso de la comparación de la norma a 1 hora, los datos horarios de concentración reportados por el equipo son redefinidos a condiciones de referencia y posteriormente comparados con la norma nacional; para el caso de la norma a 8 horas, una vez se tienen los datos horarios de concentración ajustados a condiciones de referencia, se procede con el cálculo de la media móvil para grupos de 8 datos horarios y el mayor de estos valores se compara con la norma nacional para períodos de tiempo iguales a 8 horas.

La Resolución 2254 de 2017 atiende las recomendaciones realizadas por la Organización Mundial de la Salud –OMS, basadas en pruebas y expresadas como niveles en las directrices, con una indicación de la forma de la curva de la función concentración-respuesta en relación con resultados clave en materia de salud.





► Índice de calidad del aire – ICA

El Índice de calidad del aire permite correlacionar y categorizar los niveles de inmisión de los contaminantes criterio obtenidos mediante las estaciones de monitoreo con posibles efectos adversos a la salud de la población expuesta. El ICA es un valor adimensional, entre 0 y 500, al cual se le asigna un color y una categoría, que, de menor a mayor en orden de importancia, tiene una relación con potenciales efectos a la salud.

El ICA, en Colombia se reguló mediante la Resolución 2254 de 2017, la cual expone para los seis contaminantes criterio, los puntos de corte para su ponderación y respectiva categorización de acuerdo con los posibles efectos sobre la salud humana asociados los cuales se presentan respectivamente en la **Tabla 5** e **Infografía 7**.

Tabla 5. Puntos de corte del Índice de Calidad del Aire - ICA

Índice de Calidad del Aire - Categoría	Puntos de Corte del ICA ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)						
	PM ₁₀ 24 horas	PM _{2,5} 24 horas	CO 8 horas	SO ₂ 1 hora	NO ₂ 1 hora	O ₃ 8 horas	O ₃ ⁸ 1 hora
Buena	0 - 54	0 - 12	0 - 5094	0 - 93	0 - 100	0 - 106	--
Aceptable	55 - 154	13 - 37	5095 - 10819	94 - 197	101 - 189	107 - 138	--
Dañina a la salud de grupos sensibles	155 - 254	38 - 55	10820 - 14254	198 - 486	190 - 677	139 - 167	245 - 323
Dañina para la salud	255 - 354	56 - 150	14255 - 17688	487 - 797	678 - 1221	168 - 207	324 - 401
Muy dañina para la salud	355 - 424	151 - 250	17689 - 34862	798 - 1583	1222 - 2349	208 - 393	402 - 794
Peligrosa	425 - 604	251 - 500	34863 - 57703	1584 - 2629	2350 - 3853	394 ⁹	795 - 1185

Fuente: (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017).



<https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Resolucion-2254-de-2017.pdf>

8. 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.

9. El ICA de Ozono de 8 horas no será calculado para concentraciones mayores a 394 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Para valores superiores se realiza únicamente el cálculo de ICA de Ozono para 1 hora

Infografía 7. Descripción general del Índice de calidad del aire

Índice de calidad del aire ICA

ICA	Categoría	Efectos a la salud
0 - 50	Buena	La contaminación atmosférica supone un riesgo bajo para la salud
510 - 100	Aceptable	Posibles síntomas respiratorios en grupos poblacionales sensibles
101 - 150	Dañina a la salud de grupos sensibles	Los grupos poblacionales sensibles pueden presentar efectos para la salud. Las personas con enfermedades cardíacas o pulmonares, niños, adultos mayores y las que constantemente realizan actividad física al aire libre, deben reducir su exposición a los contaminantes del aire
151 - 200	Dañina para la salud	Todos los individuos pueden comenzar a experimentar efectos sobre la salud. Los grupos sensibles pueden experimentar efectos más graves para la salud
201 - 300	Muy dañina para la salud	Estado de alerta que significa que todos pueden experimentar efectos más graves para la salud
301 - 500	Peligroso	Advertencia sanitaria. Toda la población puede presentar efectos adversos graves en la salud humana y están propensos a verse afectados por graves efectos sobre la salud.

Fuente: (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017).



02

Metodología





El Ideam es la entidad que almacena y administra la información para el diseño, evaluación y ajuste de las políticas y estrategias nacionales y regionales de prevención y control de la contaminación del aire, mediante el Subsistema de información sobre calidad del aire - SISAIRE. Las entidades encargadas de suministrar dicha información son las Corporaciones Autónomas Regionales, las Corporaciones para el Desarrollo Sostenible, las Autoridades Ambientales de los Grandes Centros Urbanos y a las que se refiere el artículo 13 de la Ley 768 del 2002, las cuales tienen la obligatoriedad de reportar la información de calidad del aire, meteorología y de ruido al SISAIRE (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2010).

El SISAIRE se creó a partir de la Resolución 651 de 2010, y hace parte del Sistema de información ambiental de Colombia -SIAC; permite recolectar la información de las variables meteorológicas y de calidad del aire, que es generada a partir de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire -SVCA que administran dichas autoridades ambientales, facilitado el acceso y consulta de la información a los diferentes actores involucrados e interesados.

SISAIRE Trabajo articulado con autoridades ambientales:

Subsistema de Información sobre Calidad del Aire



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 administrado por el Ideam y permite:

1. Recolectar información de las variables meteorológicas y de calidad del aire, la cual es generada por los distintos SVCA que administran las autoridades ambientales.
2. Facilitar el acceso y consulta de la información a los ciudadanos y las instituciones encargadas de la investigación en el tema ambiental.



<http://sisaire.ideam.gov.co/ideam-sisaire-web/>

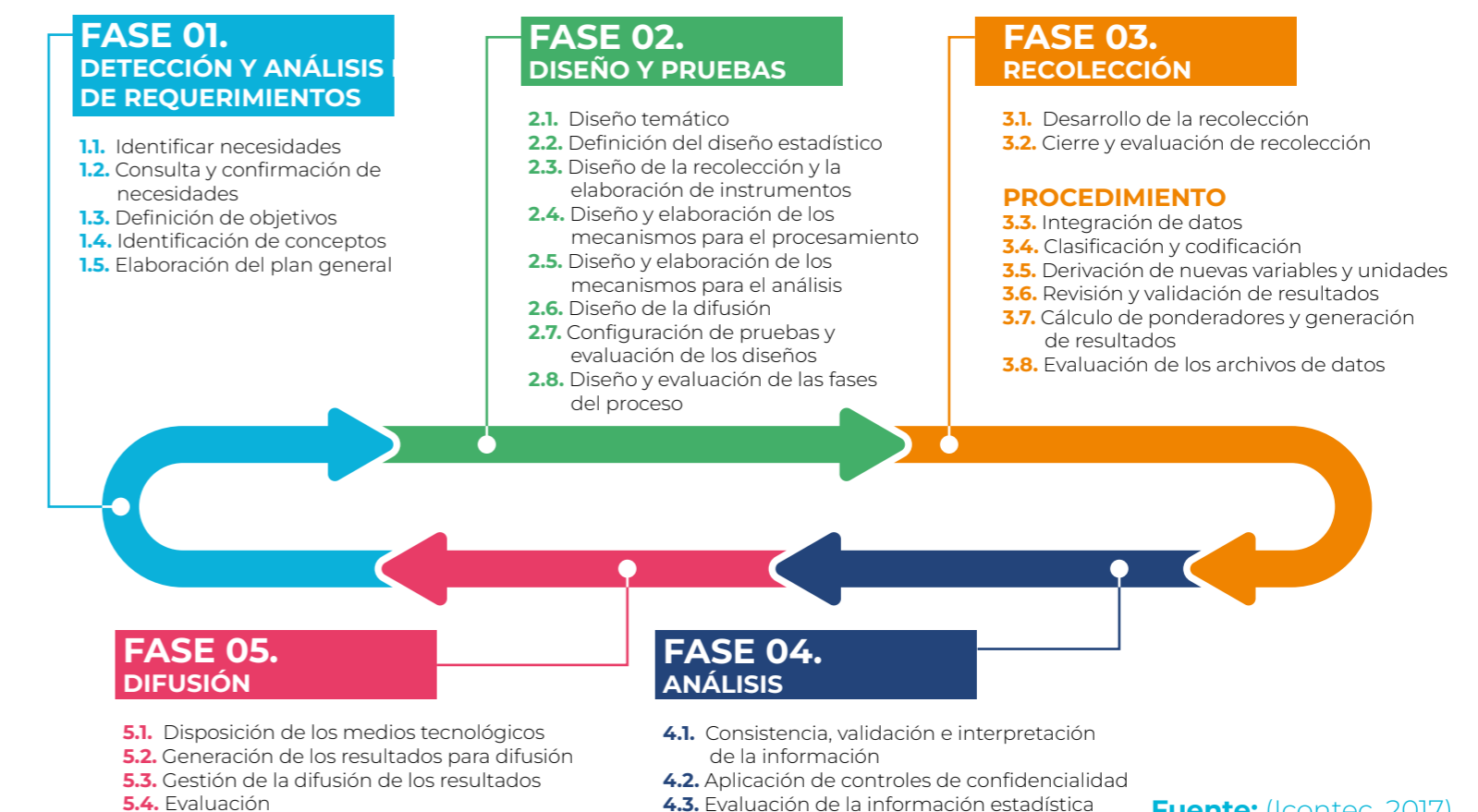
La elaboración anual del estado de la calidad del aire en Colombia, se encuentra fundamentada en la operación “Estadística para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire”, que recibió la debida certificación por parte del departamento Administrativo Nacional de Estadística -DANE en el año 2019, bajo la Norma Técnica de Calidad del Proceso Estadístico NTCPE 1000, otorgándole el respaldo a la calidad de la información que se difunde mediante esta operación estadística, a partir de la cual se realiza la consolidación, verificación estadística, espacial y temporal de la información reportada, por variable y por estación de monitoreo, con el fin de detectar y corregir posibles inconsistencias, en un proceso constructivo e iterativo con las autoridades ambientales que garantiza la consistencia, coherencia, confiabilidad y validez de la información.

El desarrollo de esta operación estadística permite entregar al país, bases de datos consolidadas

para diferentes fines, indicadores ambientales, indicadores de seguimiento, el Informe anual del estado de la calidad del aire y demás insumos que soportan la toma de decisiones.

Por su parte, la elaboración del Informe del Estado de la Calidad del Aire en Colombia demanda una serie de fases, cada una de las cuales tiene unos responsables, que corresponden por un lado a las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible - CARs y las Autoridades Ambientales Urbanas, y por el otro al Ideam, quien se encarga de desarrollar cada una de las fases de la operación estadística, de acuerdo con la Norma Técnica de Calidad del Proceso Estadístico NTCPE 1000. A continuación, en la **Figura 1**, se presentan las fases del proceso estadístico dentro del contexto organizacional NTCPE 1000 y en la **Figura 2** se ilustra la metodología de elaboración del Informe del Estado de la Calidad del Aire en Colombia.

Figura 1. Fases del proceso estadístico dentro del contexto organizacional NTCPE 1000



Fuente: (Icontec, 2017).



Figura 2. Fases de la metodología de elaboración del Informe del Estado de la Calidad del Aire en Colombia

FASE 01.

Medición y recolección de información a partir de los SVCA

El hecho de contar con datos confiables permite hacer un correcto diagnóstico de la problemática de la calidad del aire en una zona o área específica. Para ello, es importante contar con un Programa de aseguramiento de la calidad que contemple, entre otras, la realización de cronogramas de operación, mantenimiento y calibración de los equipos, así como contar con personal idóneo para la realización de estas actividades, de tal manera que los datos de los SVCA cumplan con los atributos de calidad. El desarrollo de esta fase que está en manos de cada autoridad ambiental, debe cumplir con los lineamientos que establece el Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire.

FASE 02.

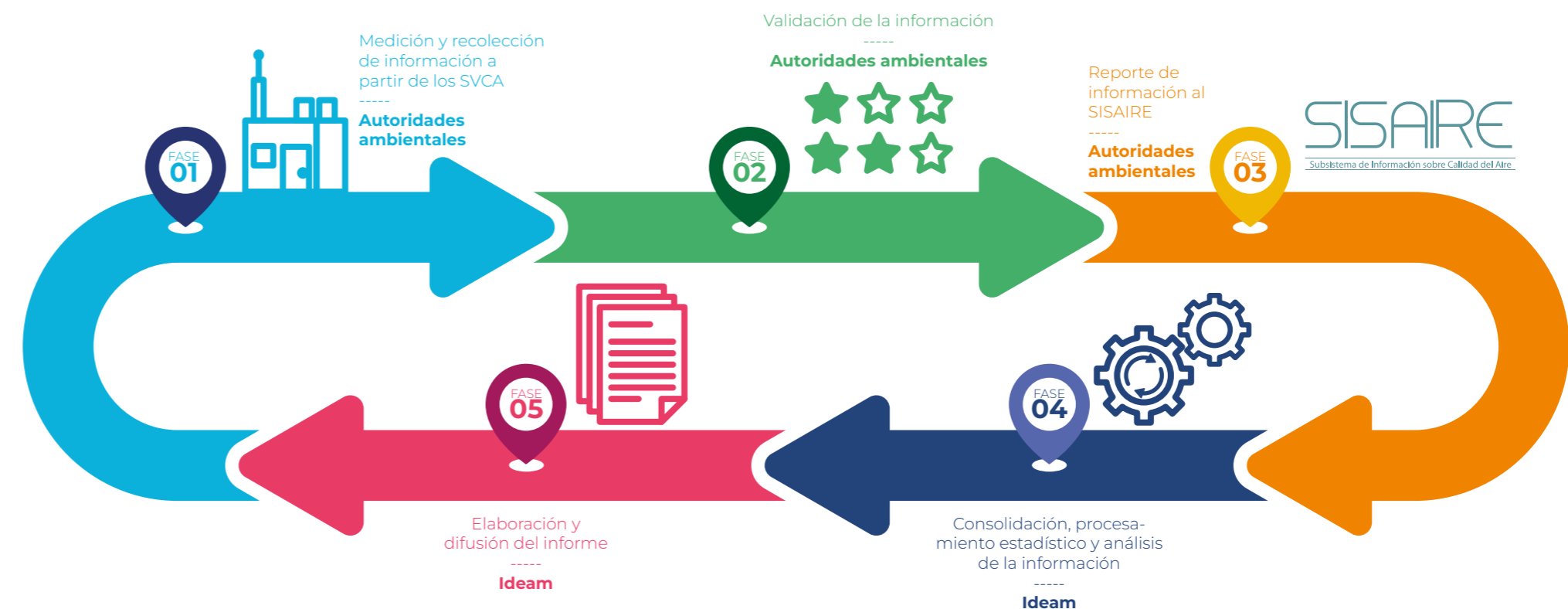
Validación de la información

Esta etapa que le corresponde a la autoridad ambiental competente, permite determinar si los datos resultantes de la etapa de monitoreo son confiables, representativos y de calidad, acopiando e inspeccionando mediante evidencia objetiva que confirme que los requerimientos específicos del uso final de los datos han sido cumplidos; para realizar la correcta validación la autoridad ambiental debe seguir los criterios que estipula el Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire.

FASE 03.

Reporte de información al SISAIRE

Las autoridades ambientales tienen la obligatoriedad de reportar toda la información previamente validada generada por su sistema de vigilancia (datos meteorológicos, de contaminantes y de ruido ambiental) al SISAIRE, de acuerdo con la periodicidad establecida en la Resolución 651 de 2010.



Fuente: Ideam, 2021.

FASE 04.

Consolidación, procesamiento estadístico y análisis de la información

El desarrollo de esta fase está en cabeza del Ideam, allí a partir de las bases de datos consolidadas del SISAIRE se ejecuta el debido procesamiento estadístico preliminar, a partir del cual se realiza el análisis de inconsistencias y coherencia de la información procesada; se realiza un proceso conjunto con las autoridades ambientales, donde por parte del Instituto, se remiten informes de inconsistencias para que la autoridad ambiental atienda las observaciones planteadas, con lo que se obtiene una base de datos consolidada y depurada con la cual se procede a realizar el procesamiento estadístico definitivo y se generan las salidas de información.

El Instituto ha desarrollado un proceso de estandarización y modernización del procesamiento de las bases de datos, mediante algoritmos estadísticos en lenguaje R, a través del cual se realizan los diferentes análisis operativos (cantidad de estaciones y equipos de monitoreo existentes, variables a evaluar y cobertura espacial), funcionales (tecnología empleada y representatividad temporal), estadísticos (cumplimiento normativo, tendencias anuales e interanuales, excedencias, índice de calidad del aire e indicadores de seguimiento).

FASE 05.

Elaboración y difusión del informe

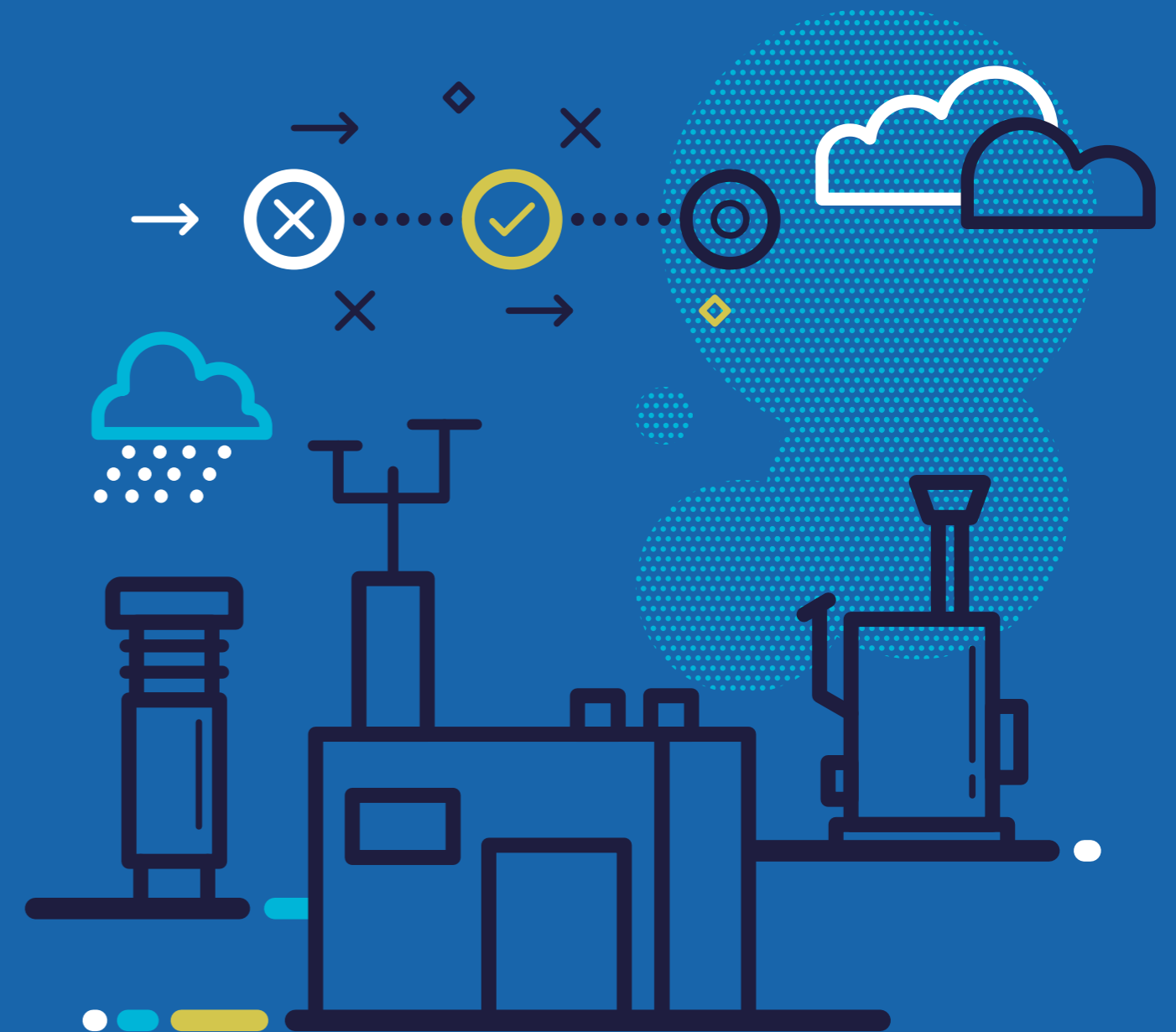
A partir de las salidas de información del procesamiento estadístico y respectivo análisis, se elabora el Informe del Estado de la Calidad del Aire en Colombia, el cual se publica en el portal web del Instituto y en el SISAIRE; posteriormente, se procede a la difusión de la información; el Ideam realiza el lanzamiento oficial del informe y genera diversos espacios de socialización orientados a diferentes públicos, como academia, ciudadanía en general, autoridades ambientales y demás actores involucrados e interesados en el tema.

Con la divulgación del informe se pone a disposición del público, los resultados de los diferentes análisis realizados; destacándose entre otros: el estado actual y evolución de los SVCA y estado de la calidad del aire nacional y en las regiones, las concentraciones y excedencias que se presentan en las estaciones de monitoreo, conforme a los niveles máximos permisibles para tiempos de exposición anual de los contaminantes criterio expuestos en la Resolución 2254 de 2017, el comportamiento del Índice de calidad del aire – ICA y de los indicadores de seguimiento de la calidad del aire nacionales.



03

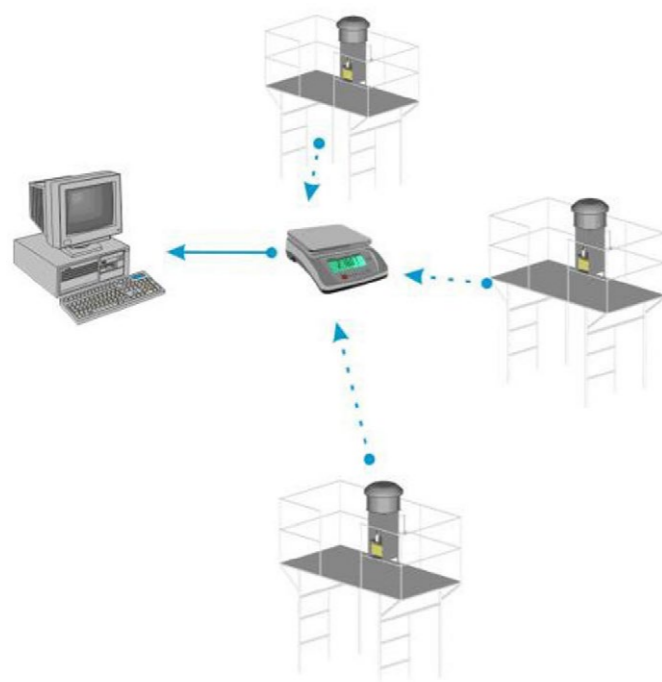
Estado de los sistemas de vigilancia de la calidad de aire





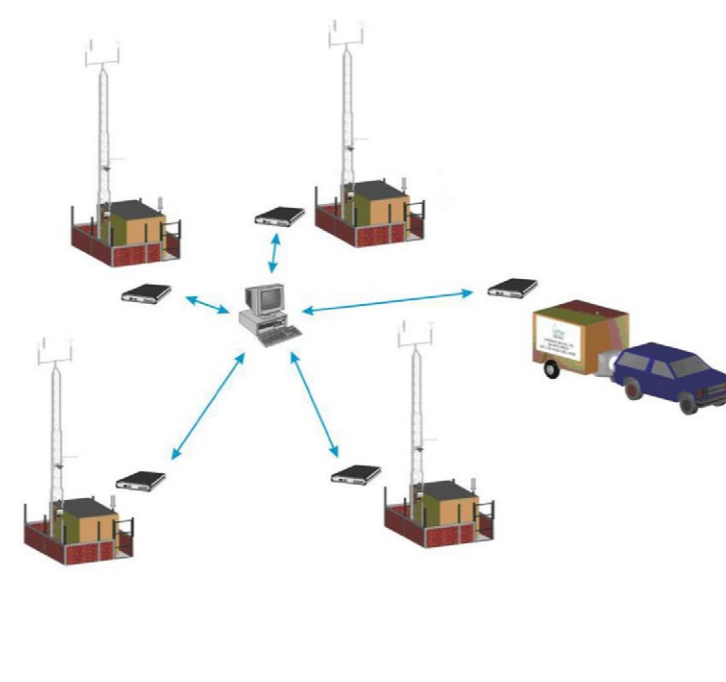
En Colombia, el monitoreo, evaluación y seguimiento de los fenómenos de contaminación del aire está a cargo de las Corporaciones Autónomas Regionales y las Autoridades Ambientales de los Grandes Centros Urbanos. Así mismo, en cabeza de dichas autoridades está la definición e implementación de programas regionales de prevención, control y mitigación de impactos contaminantes del aire en asocio con los municipios y distritos. (Decreto 1076 de 2015, artículo 2.2,5.1.6.2. literal d).

Las concentraciones de los contaminantes atmosféricos son monitoreadas a partir de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire, cuyos lineamientos técnicos de diseño y operación se establecen en el "Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire", adoptado mediante la Resolución 650 del 2010 y modificado mediante la Resolución 2154 de 2010. A partir de los citados lineamientos, las autoridades ambientales dentro del territorio de su competencia han venido monitoreando la calidad del aire mediante diversos tipos de SVCA.



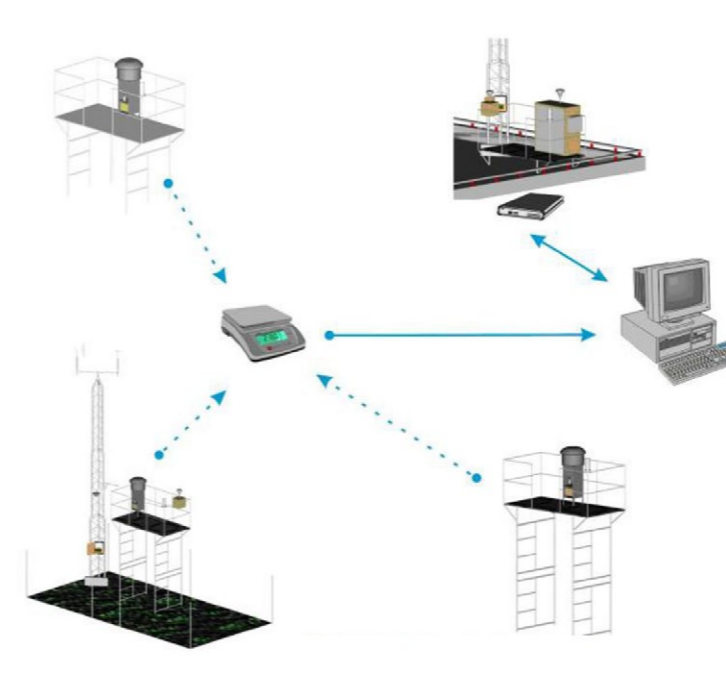
SVCA Manuales

- ▶ SVCA constituidos totalmente por equipos manuales (muestreadores y semiautomáticos). Los muestreadores, son equipos que como su nombre lo indica, solo pueden ser empleados para la recolección de muestras, las cuales posteriormente deben ser llevadas al laboratorio para desarrollar los análisis físico-químicos pertinentes y realizar las respectivas cuantificaciones de la presencia del contaminante deseado.
- ▶ Los sistemas de vigilancia de calidad del aire manuales se caracterizan por requerir un laboratorio como apoyo para el análisis de las muestras tomadas. Requieren además, una rutina para la recolección de las muestras, de acuerdo con una periodicidad preestablecida.



SVCA Automáticos

- ▶ SVCA constituidos totalmente por equipos y sistemas automáticos. Analizadores, que funcionan de manera automática, y a diferencia de los muestreadores, no solamente recolectan la muestra sino que internamente cuentan con los accesorios necesarios para que a partir de procedimientos como fluorescencia UV, quimioluminiscencia, absorción infrarroja, absorción de rayos beta y microbalanza, para determinar las concentraciones de cada contaminante específicamente.
- ▶ Los sistemas de vigilancia de calidad del aire proporcionan datos en tiempo real, de modo que se puedan tomar acciones inmediatas ante la ocurrencia de un evento de concentraciones altas de algún contaminante.



SVCA Híbridos

- ▶ SVCA Híbridos: SVCA constituidos por la combinación entre equipos manuales y automáticos.
- ▶ Los sistemas híbridos de vigilancia de la calidad del aire se caracterizan por combinar las ventajas de los sistemas manuales y los automáticos. Con la combinación de tecnologías se pueden optimizar costos y ampliar la cobertura del sistema aprovechando la resolución y oportunidad de los métodos automáticos y los menores costos de los métodos manuales.

Fuente: (Ministerio de Ambiente, Octubre, 2010)



Fotografía: Área Metropolitana del Valle de Aburrá AMVA. www.metropol.gov.co, 2019

En el presente capítulo se presenta el estado y la evolución de los diferentes SVCA operados por las autoridades ambientales del país, cifras importantes históricas, tales como: número de SVCA, número de estaciones de monitoreo de acuerdo al tipo de estación, número de registros en el SISAIRE, contaminantes monitoreados, tecnologías de monitoreo empleadas y representatividad de la información; cifras que permiten establecer la evolución del monitoreo de la calidad del aire e identificar oportunidades mejora al respecto; así mismo, se exponen las necesidades de monitoreo que tienen los diferentes municipios del país.



INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES IDEAM
República de Colombia

INFORME DEL ESTADO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN COLOMBIA
ESTACIONES DE MONITOREO
2021



Infografía 8. Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire y estaciones de monitoreo, año 2021

Número de estaciones por tipo

182

Estación Fija: Monitorea permanentemente en el lugar de su ubicación, permitiendo conocer durante todo el año las variaciones de cada contaminante y sus tendencias.

17

Estación Indicativa: Monitorea durante un periodo mínimo de 18 días (por campañas), con el fin de conocer afectaciones puntuales o sitios con posibles afectaciones en la calidad del aire.

22

Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire

19

Departamentos

199

Estaciones de monitoreo

77

Municipios

Durante el año 2021, las autoridades ambientales del país operaron un total de **22 SVCA**, que contaron con **199 estaciones de monitoreo**, de las cuales **182 fueron fijas** y **17 indicativas**.

La cobertura espacial de dichos SVCA abarcó **19 departamentos** y **77 municipios**.

Número de estaciones por departamento

1

► Cauca

► La Guajira
► Boyacá

9

2

► Tolima
► Quindío

► Magdalena

12

3

► Norte de Santander
► Atlántico

► Valle de Cauca
► Cesar

16

4

► Córdoba

► Cundinamarca

20

5

► Risaralda

► Bogotá

21

7

► Santander
► Caldas

► Antioquia

58

Fuente: Ideam, 2021.

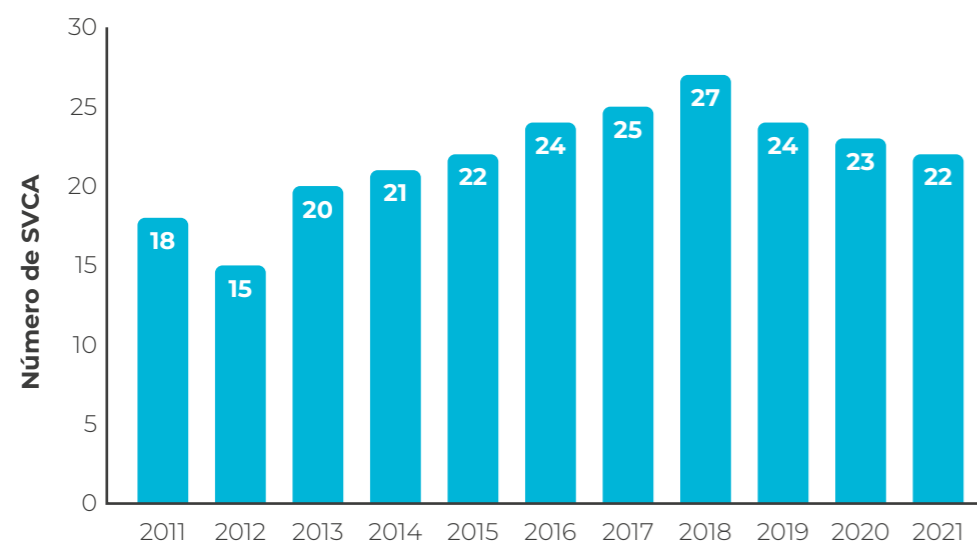


3.1. Evolución de los Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire

3.1.1. Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire, estaciones de monitoreo y registros en SISAIRE



Figura 3. Evolución del número de sistemas de vigilancia de la calidad de aire, años 2011-2021



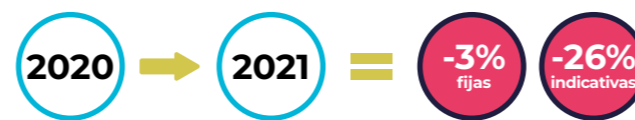
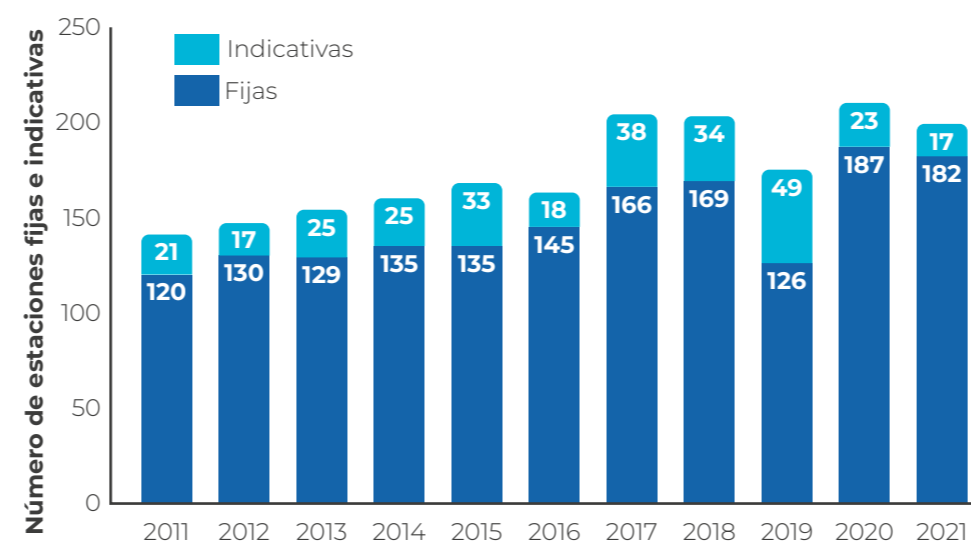
Fuente: Ideam, 2021

Como se observa en la **Figura 3**, en el país se ha venido fortaleciendo el monitoreo de la calidad del aire, de tal manera que, desde el 2012 hasta el año 2018, se evidencia un aumento gradual en el número de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire; sin embargo, en los últimos tres años se denota una reducción de un SVCA por año. En este sentido es de resaltar que, pese a que en los años 2020 y 2021 se presentaron diversas dificultades económicas y logísticas, tras la declaratoria de la emergencia sanitaria por COVID-19, se realizaron grandes esfuerzos por parte de las autoridades ambientales para mantener el monitoreo de la calidad del aire.

2021 → 22 SVCA



Figura 4. Evolución del número de estaciones fijas e indicativas, años 2011-2021



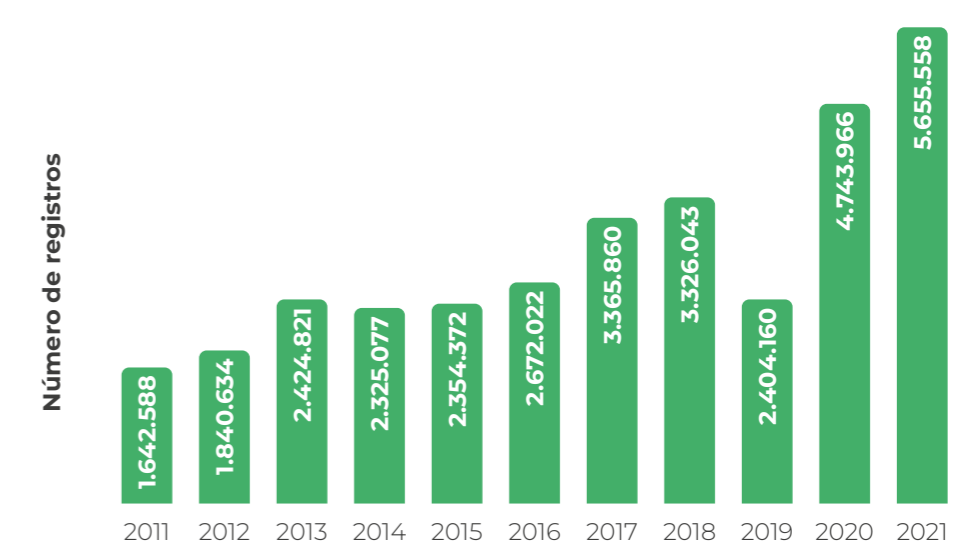
Fuente: Ideam, 2021

Tal como se ilustra en la **Figura 4**, desde el año 2011, el monitoreo permanente predomina considerablemente sobre monitoreo por campañas o indicativo, y por lo general, año tras año se viene fortaleciendo gradualmente el monitoreo fijo y reduciendo el monitoreo por campañas mediante estaciones indicativas, lo que demuestra la adecuada gestión de las autoridades ambientales, dado que lo ideal es aumentar el monitoreo permanente y reducir gradualmente el monitoreo indicativo.

2021 → 91% Estaciones fijas | 8% Estaciones indicativas



Figura 5. Evolución del número de registros reportados al SISAIRE, años 2011-2021



Fuente: Ideam, 2021

Con respecto, a la cifra de registros totales al SISAIRE obtenidos durante el año 2021, es de resaltar que corresponde a la más alta registrada históricamente desde el año 2011 (**Figura 5**). En comparación con los años anteriores, para los años 2020 y 2021 ha aumentado considerablemente el número de registros al SISAIRE, reportándose para el año 2021 un incremento del 18 % con respecto al año inmediatamente anterior; lo cual se debe a una mejor gestión por parte de las autoridades ambientales en reportar su información al SISAIRE, así como a un mayor seguimiento y apoyo a las autoridades ambientales por parte del Ideam, como administrador del SISAIRE.

2021 → 5.655.558 Registros

3.1.2. Tecnologías de monitoreo empleadas

En cuanto a las tecnologías de medición de los SVCA, desde el año 2011, las autoridades ambientales han venido implementando gradualmente mejores tecnologías y reemplazando equipos manuales (muestreadores y semiautomáticos) por automáticos, para garantizar la oportunidad de la información y mejorar los tiempos de actuación frente a la posible declaratoria de estados excepcionales de prevención, alerta y emergencia; lo anterior permite que la toma de decisiones y reportes al público se brinden oportunamente, logrando implementar mecanismos de prevención en pro de la protección de la salud de los habitantes expuestos a potenciales eventos de contaminación.

En la **Figura 6**, se observa durante los últimos 11 años una tasa de crecimiento sobre la implementación de este tipo de tecnologías

automáticas, siendo de resaltar que para los dos últimos años (2020 y 2021), aumentó considerablemente el número de estaciones automáticas, de tal manera, que, con relación a las estaciones manuales, las automáticas son mayoritarias, casi por el doble. Para el año 2021 se alcanzó el mayor número de estaciones de monitoreo con tecnologías automáticas, señalando un total de 127 estaciones, lo que representa un aumento de 7 estaciones con respecto al año 2020, equivalente al 6 % de las estaciones. En cuanto a las estaciones de monitoreo que emplearon tecnologías manuales, para el año 2021, con respecto al 2020, se reportó un descenso de 3 estaciones (-5 %); por su parte, las estaciones híbridas señalaron un descenso de 15 estaciones (-52 %); cifras que permiten enaltecer la buena gestión de las autoridades ambientales en el fortalecimiento del monitoreo

sistemático de la calidad del aire, orientado al descenso gradual de las estaciones manuales e híbridas y al crecimiento en el uso de tecnologías automáticas, lo que a su vez representa grandes retos y oportunidades frente a la implementación y/o fortalecimiento de los sistemas de alerta temprana frente a episodios de contaminación del aire.

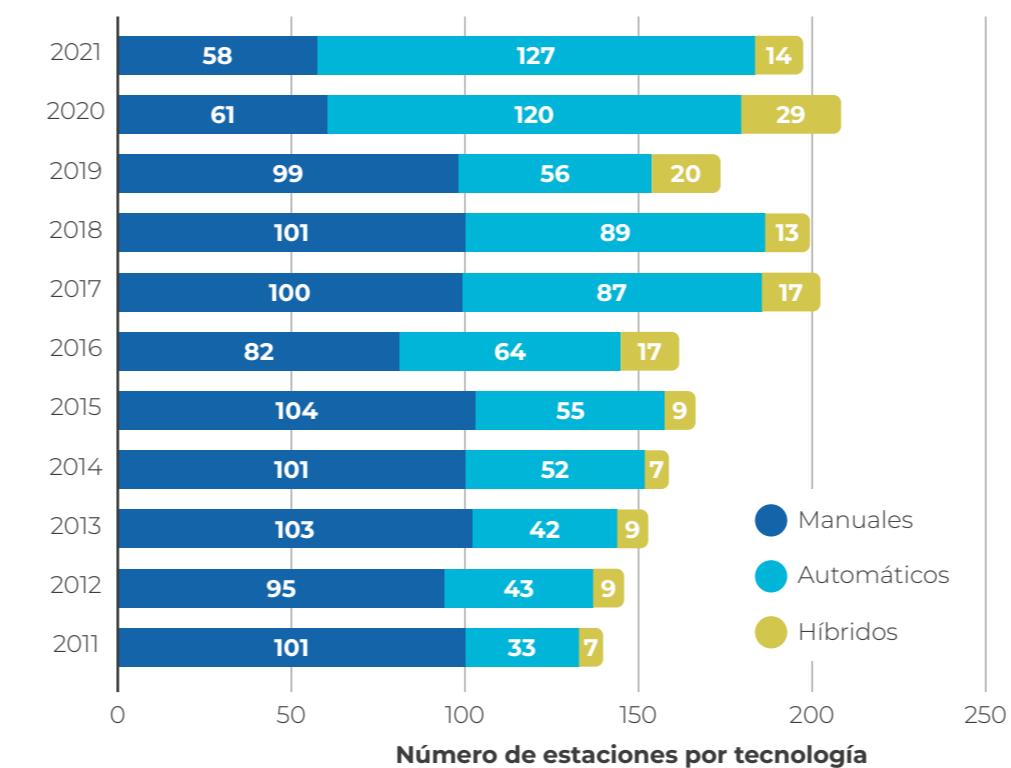
Como se muestra en la **Figura 7**, las autoridades ambientales que para el año 2021 contaron con mayor número de estaciones con tecnologías automáticas corresponden a: Área Metropolitana del Valle de Aburrá, CAR Cundinamarca y SDA de Bogotá, siendo de resaltar que estas autoridades cuentan con sistemas de transmisión de datos en tiempo casi real y sistemas de alertas tempranas que pueden ser consultados públicamente:



Existen tres tipos de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire que pueden ser utilizados para la medición de la concentración de contaminantes atmosféricos:

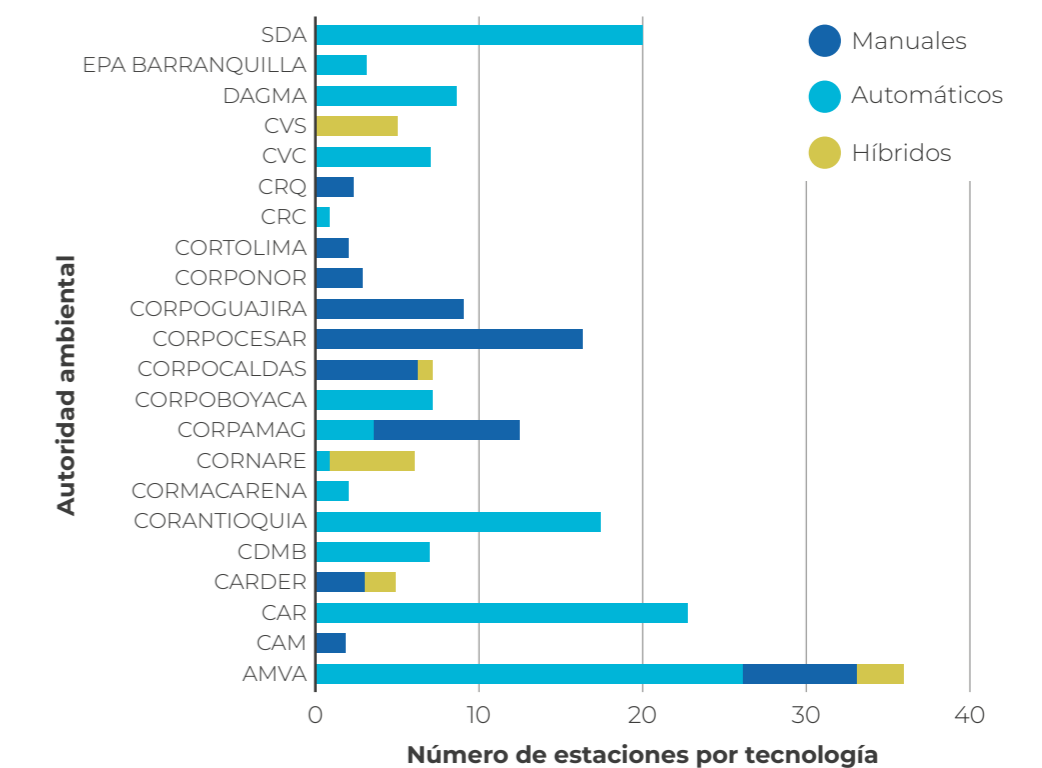
- ▶ **SVCA manuales:** requieren la toma de muestra y posterior análisis en laboratorio para la determinación analítica de los contaminantes.
- ▶ **SVCA automáticos:** cuentan con mecanismos internos, que permiten la determinación directa de contaminantes, son capaces de proveer información en tipo casi real.
- ▶ **SVCA híbridos:** combinan las dos tecnologías de medición: manuales y automáticas.

Figura 6. Evolución de las estaciones de calidad del aire de acuerdo con la tecnología empleada, años 2011-2021



Fuente: Ideam, 2021

Figura 7. Estaciones de calidad del aire por autoridad ambiental de acuerdo con la tecnología empleada, año 2021



Fuente: Ideam, 2021

Corporación Autónoma Regional de CUNDINAMARCA
Territorio Ambientalmente Sostenible

<http://190.255.43.62/>

Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá
RMCAB

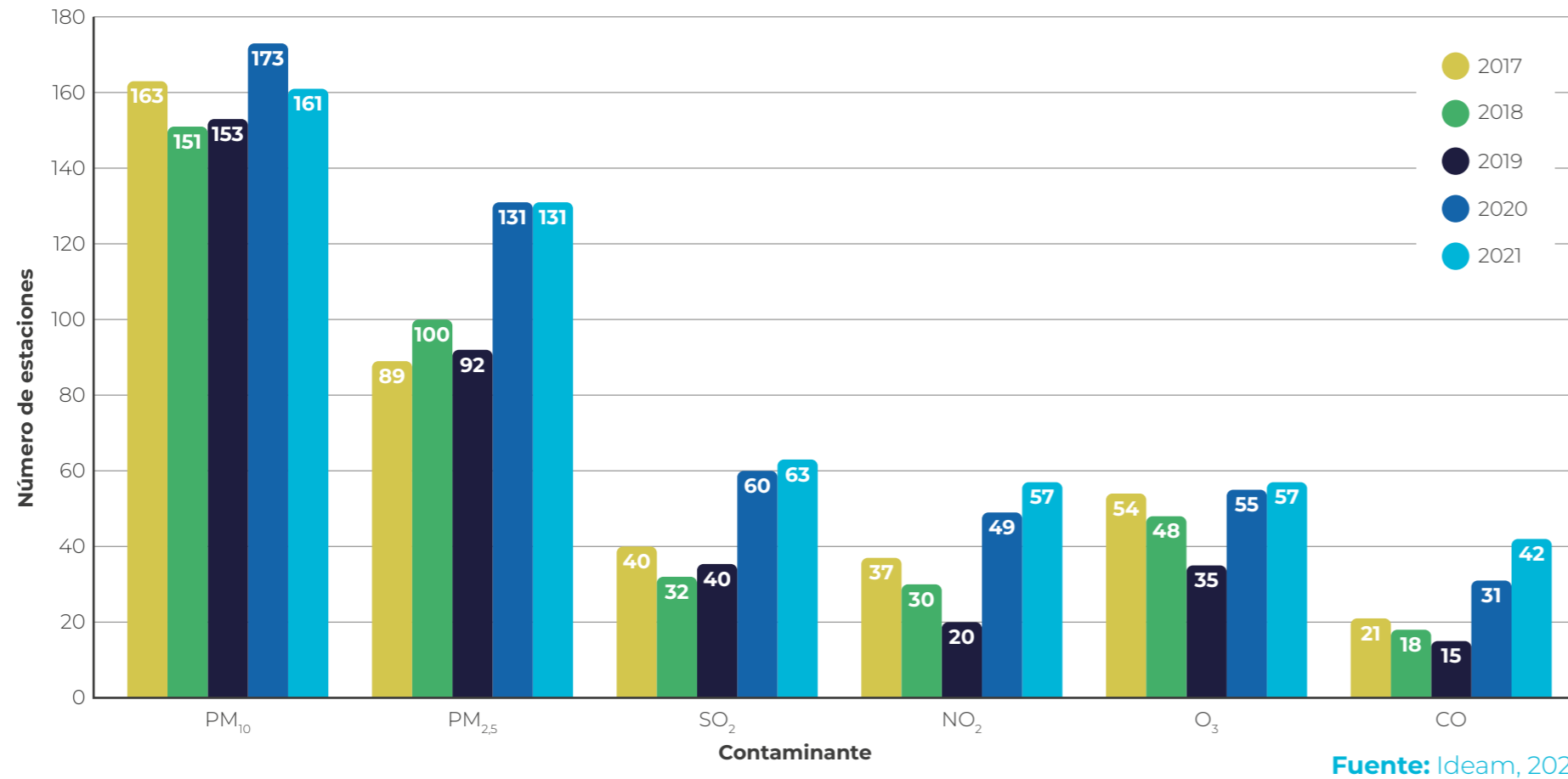
<http://iboca.ambientebogota.gov.co/mapa/>
<http://rmcab.ambientebogota.gov.co/home/map>

SIATA
Aerea METROPOLITANA Valle de Aburrá
SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA

https://siata.gov.co/siata_nuevo/

3.1.3. Contaminantes evaluados

Figura 8. Evolución del número de estaciones por contaminante, años 2014-2021

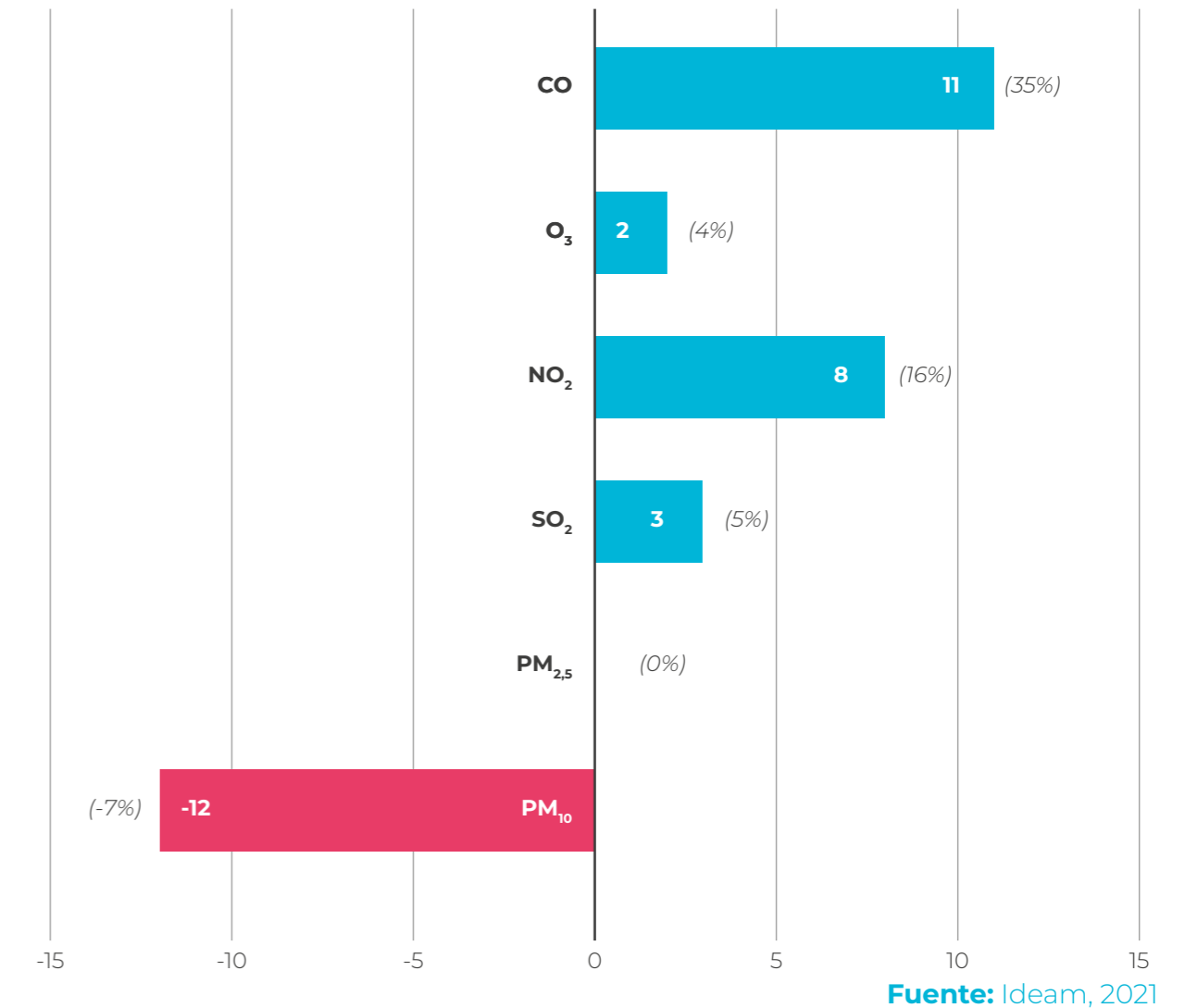


En el país, los contaminantes que se evalúan mediante los Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire operados por autoridades ambientales, principalmente corresponden a los seis contaminantes criterio, debido a que se han identificado como comunes y perjudiciales para la salud y el bienestar de los seres humanos, por lo que, se encuentran regulados por la Resolución 2254 de 2017 “Por la cual se adopta la norma de calidad del aire ambiente y se dicta otras disposiciones”.

Como se ilustra en la **Figura 8**, en Colombia se realiza mayor seguimiento al material particulado PM₁₀ y PM_{2,5}, debido a que estos contaminantes son de especial interés por presentar históricamente el máximo número de excedencias normativas y por alcanzar categorías del estado de la calidad del aire que suponen posibles efectos adversos a la salud humana; es de resaltar que durante los dos últimos años se denotó particularmente fortalecimiento en el monitoreo del material particulado fino (menor a 2,5 micras), mediante la incorporación de estaciones que contribuyeron a un mejor entendimiento del comportamiento de este contaminante, que es de especial importancia por suponer mayores riesgos sobre la salud.

Por su parte, los gases reactivos (SO₂, NO₂, CO y O₃) se monitorearon en menor proporción (en menos del 32% de las estaciones), siendo el Monóxido de Carbono, el contaminante menos monitoreado. En este sentido, es importante mencionar que, esta tendencia se debe a que, en el país históricamente la incidencia de los contaminantes gaseosos es poco significativa, dado que, por lo general, se mantienen dentro de los límites máximos permisibles y dentro de un umbral que supone un riesgo bajo para la salud y el bienestar humano.

Figura 9. Diferencia del número y porcentaje de estaciones de monitoreo por contaminante, años 2020-2021



Durante el año 2021 el contaminante criterio más evaluado corresponde al material particulado grueso (menor a 10 micras), el cual fue monitoreado por el 81% del total de las estaciones (161 estaciones), seguido del material particulado fino, monitoreado en el 66% de las estaciones (131 estaciones). Entre tanto que los gases se monitorearon en menos del 35% de las estaciones, siendo el Dióxido de Azufre, el gas más monitoreado, seguido del Ozono, Dióxido de Nitrógeno y Monóxido de Carbono.

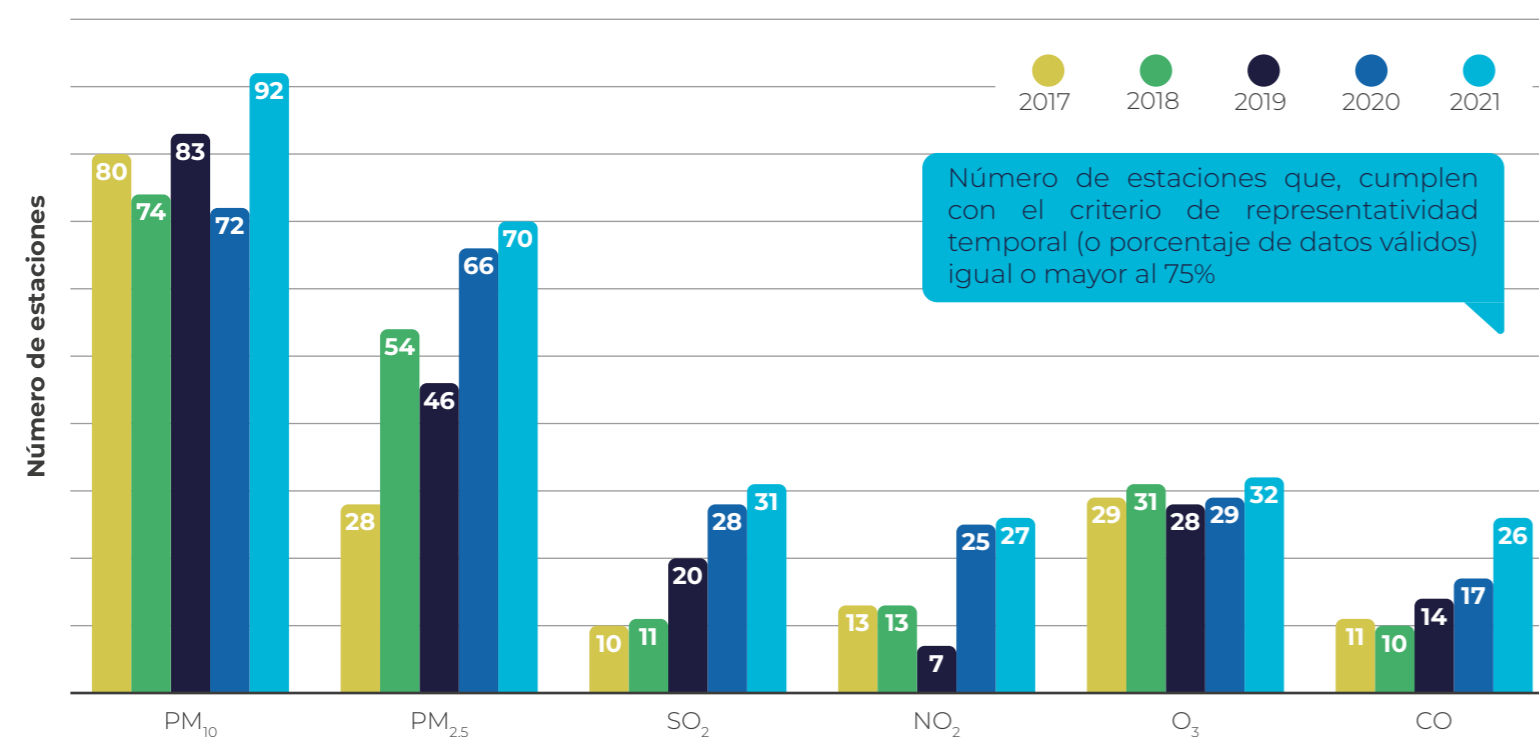
Como se muestra en la **Figura 9**, en relación con el año anterior, durante el 2021, se reportó una reducción del 7% de las estaciones de monitoreo de PM₁₀, lo que equivale a 12 estaciones; mientras que las estaciones de PM_{2,5} se mantuvieron constantes. Por su parte, se resalta para el año 2021 el fortalecimiento de los Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire en cuanto al monitoreo de los gases, esto ya que en general se reportaron aumentos con respecto al número de estaciones de monitoreo, resaltándose el mayor incremento para el Monóxido de Carbono, con un 35% más de estaciones (11 estaciones), seguido del Dióxido de Nitrógeno, con un 16% más de estaciones (8 estaciones).



3.1.4. Representatividad temporal de la información

De acuerdo con el Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire, la representatividad temporal (o porcentaje de datos válidos) debe ser igual o superior al 75 % de los datos, para que estos sean considerados representativos, y sea posible usarlos con fines regulatorios y efectuar una adecuada comparación normativa.

Figura 10. Evolución del número de estaciones con representatividad temporal, años 2017-2021



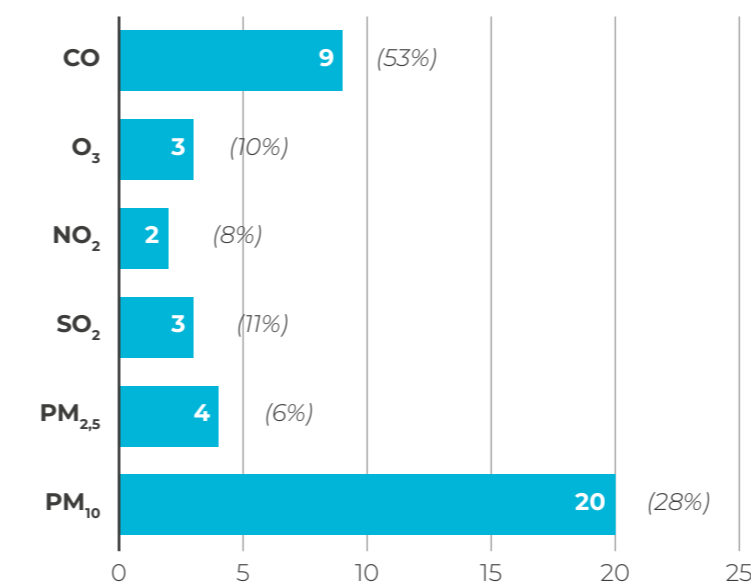
Número de estaciones que, cumplen con el criterio de representatividad temporal (o porcentaje de datos válidos) igual o mayor al 75%

Fuente: Ideam, 2021

A partir de la evolución del número de estaciones con representatividad temporal (Figura 10) se destaca:

- ▶ En el país, históricamente se ha monitoreado en mayor proporción el PM₁₀, señalando a su vez, el mayor número de estaciones con representatividad temporal adecuada.
- ▶ En seguida, se lista el PM_{2,5}, siendo de mencionar que, desde el año 2018, tras la puesta en vigencia de la Resolución 2254 de 2017, las autoridades ambientales han realizado grandes esfuerzos en aumentar las estaciones de monitoreo que miden este contaminante y en mejorar la calidad y validez de la información.
- ▶ Por su parte, el monitoreo representativo de los gases se da en menor proporción, siendo el Ozono el gas más monitoreado desde el año 2017 y que desde esta fecha mantuvo relativamente constantes el número de estaciones representativas, entre tanto que, para los demás contaminantes gaseosos (Dióxido de Azufre, Dióxido de Nitrógeno y Monóxido de Carbono), se observaron incrementos graduales en el número de estaciones.

Figura 11. Diferencia del número y porcentaje de estaciones de monitoreo con representatividad temporal, años 2020-2021

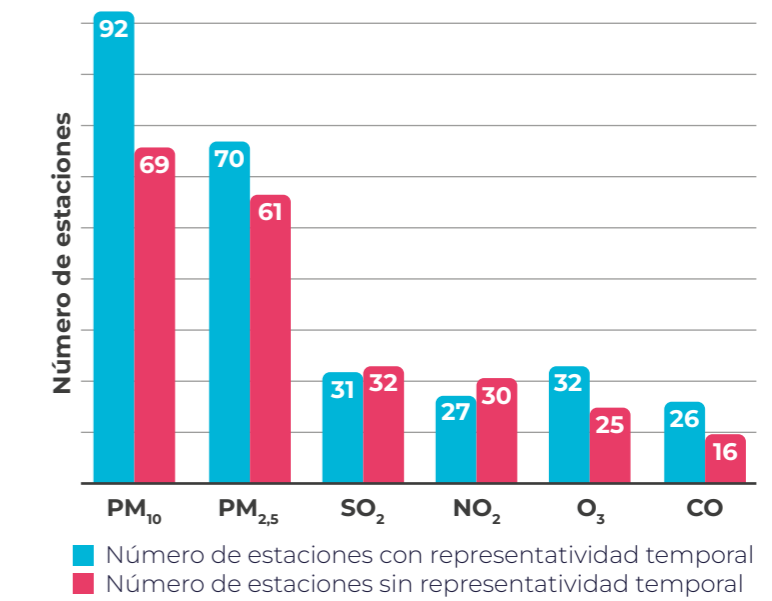


Fuente: Ideam, 2021

Tal como se ilustra en la Figura 11, para el año 2021 con respecto al año 2020, se resalta:

- ▶ Para la totalidad de los contaminantes evaluados se identificaron aumentos en el número de estaciones que, cumplieron con el criterio de representatividad temporal, aportando valiosa información para la gestión integral de la calidad del aire.
- ▶ Para el periodo de evaluación (2020-2021), se destaca que el Monóxido de Carbono reportó el mayor incremento porcentual de estaciones representativas, con un 53 % (que equivale a 9 estaciones), siendo este el mayor incremento histórico.
- ▶ Seguido del PM₁₀, con un 28 % de más de estaciones representativas (equivalente a 20 estaciones), y del Dióxido de Azufre, con un incremento del 11 % (3 estaciones).
- ▶ Los demás contaminantes refieren incrementos inferiores al 10 % de las estaciones, siendo el PM_{2,5} y el Dióxido de Nitrógeno, los contaminantes que refieren los menores incrementos porcentuales.

Figura 12. Número de estaciones con y sin representatividad temporal, año 2021



Fuente: Ideam, 2021

A partir de los resultados ilustrados en la Figura 12 se identifican oportunidades de mejora, esto ya que, si bien durante los últimos años se ha mejorado la representatividad temporal obtenida en las estaciones de monitoreo, el número de estaciones que no cuentan con representatividad temporal continúa siendo considerable:

- ▶ Para el Dióxido de Nitrógeno y el Dióxido de Azufre, las estaciones sin representatividad son superiores con respecto a las estaciones con representatividad. Para el NO₂ las estaciones sin representatividad temporal superan en un 11 % y para el SO₂ en un 3 %.
- ▶ Para los demás contaminantes (PM₁₀, PM_{2,5}, O₃ y CO), la proporción que representan las estaciones sin representatividad con respecto a las estaciones que cuentan con representatividad, es superior al 60 %.
- ▶ Estas cifras, permiten resaltar la necesidad de implementar acciones de mejora en los aspectos operativos y técnicos de las estaciones, para optimizar la representatividad de las mediciones y obtener más información y de mejor calidad.

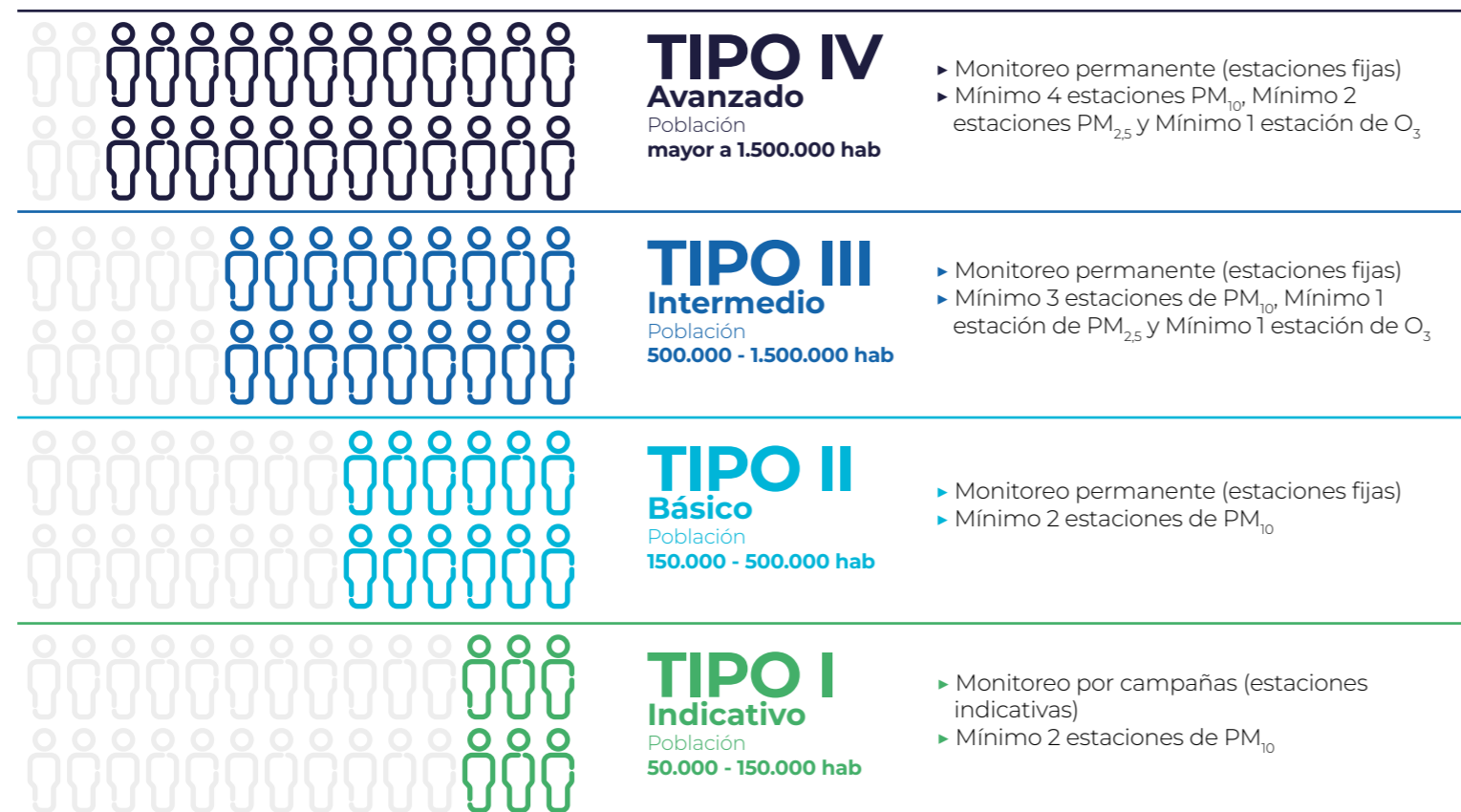


3.2. Requerimientos de los Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire

3.2.1. Requerimientos de los SVCA de acuerdo con el tamaño de la población

En el territorio Nacional, el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire, establece los requerimientos o necesidades de monitoreo de los Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire en función del tamaño de la población de los municipios, tal como se ilustra a continuación, en la **Infografía 9**.

Infografía 9. Tipos de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire según el tamaño de población de los municipios

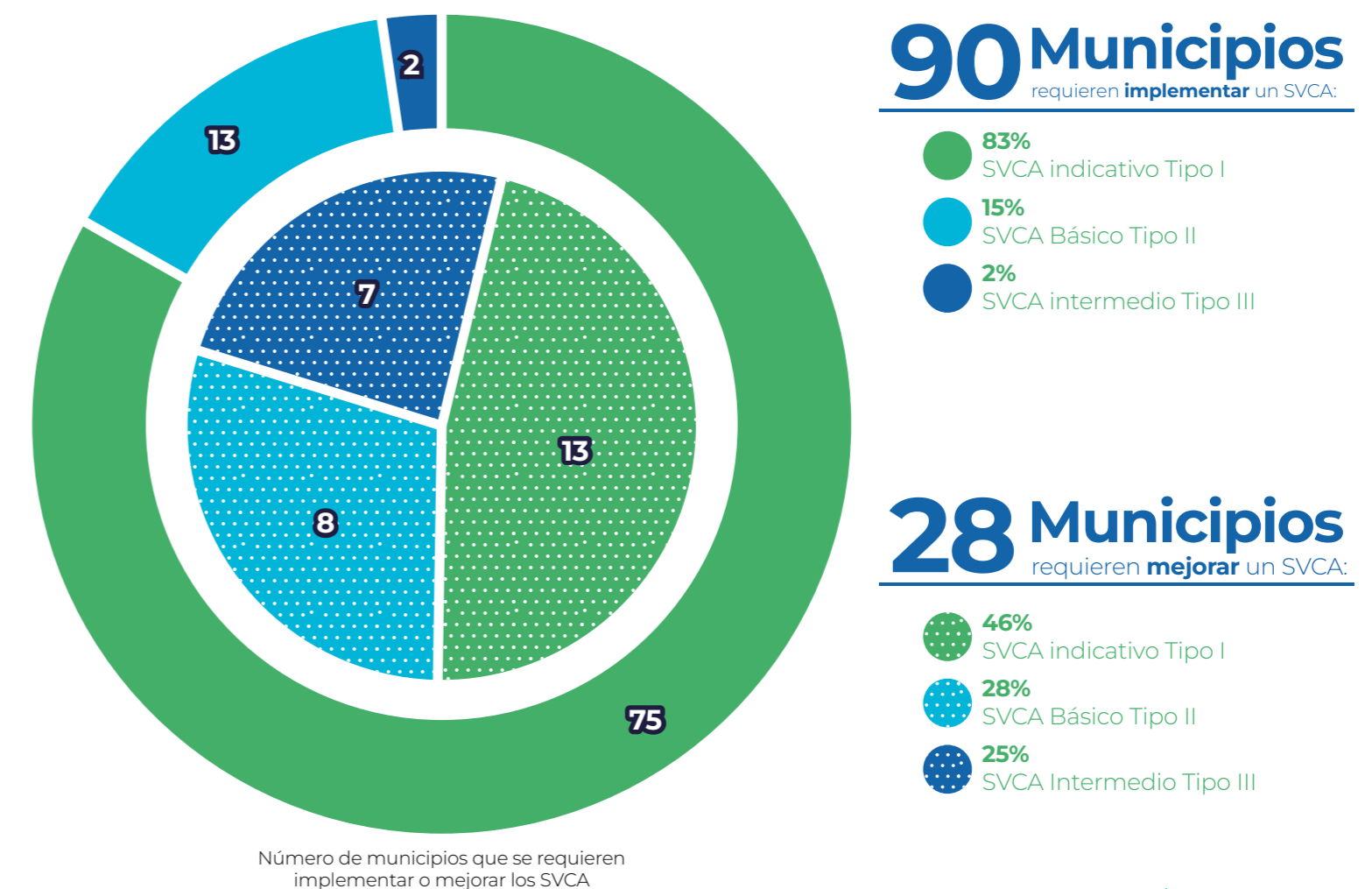


Fuente: (Ministerio de Ambiente, Octubre, 2010)

Durante el año 2021, el Municipio de Buenaventura avanzó en el proceso de puesta en operación de su SVCA tipo II - Básico, el cual permite capturar datos de calidad del aire de manera permanente por medio de tres (3) estaciones distribuidas a lo largo del distrito. Las estaciones que conforman este SVCA se componen de equipos automáticos que reportan información de material particulado, tanto PM₁₀ como PM_{2,5}. Además de dichos monitores, las estaciones cuentan con dispositivos que capturan la información meteorológica y sistema de transmisión de datos. Se espera para el próximo año, poder contar con información de calidad del aire de este importante puerto marítimo de Colombia.

En los últimos años se ha fortalecido el monitoreo de la calidad del aire y las autoridades ambientales de orden regional y local han venido realizando grandes esfuerzos mediante programas regionales de prevención y control de contaminación, orientados a atender problemáticas específicas asociadas a la contaminación atmosférica, y lograr gestión del recurso aire adecuada e integral; no obstante, se identifican grandes retos y oportunidades, esto ya que de acuerdo con los lineamientos establecidos en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire, en el país, para el año 2021 se identificaron los siguientes requerimientos (**Figura 13**):

Figura 13. Municipios que requieren implementar o mejorar los SVCA, de acuerdo con el tamaño de su población, año 2021



90 Municipios requieren **implementar** un SVCA:

- 83% SVCA indicativo Tipo I
- 15% SVCA Básico Tipo II
- 2% SVCA intermedio Tipo III

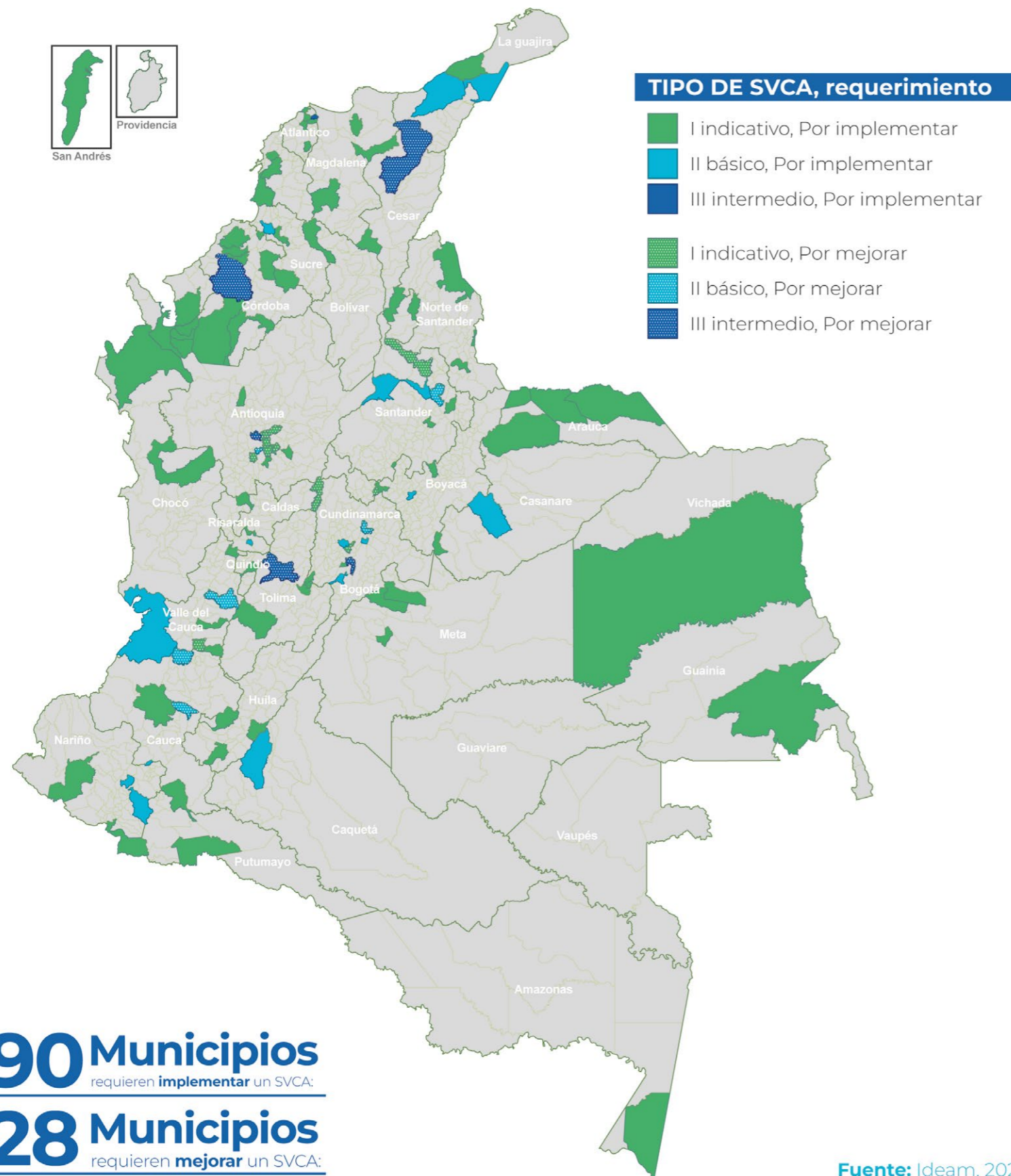
28 Municipios requieren **mejorar** un SVCA:

- 46% SVCA indicativo Tipo I
- 28% SVCA Básico Tipo II
- 25% SVCA Intermedio Tipo III

Fuente: Ideam, DANE 2021



Infografía 10. Municipios que requieren implementar o mejorar los SVCA, de acuerdo con el tamaño de su población, año 2021



Fuente: Ideam, 2021

Indicativo – Tipo I

75 municipios **requieren implementar un SVCA** Indicativo - Tipo I:

Acacías,	Leticia
Aguachica	Lorica
Apartadó	Los Patios
Arauca	Magangué
Araucuita	Malambo
Arjona	Manaure
Baranoa	Mocoa
Barbacoas	Montelíbano
Calarcá	Ocaña
Carepa	Pamplona
Cartago	Pitalito
Cereté	Plato
Chaparral	Puerto Asís
Chigorodó	Puerto Colombia
Chinchiná	Quibdó
Chiquinquirá	Riosucio (Caldas)
Ciénaga de Oro	Sabanalarga
Corozal	Sahagún
Cumaribo	San Andrés
Duitama	San Gil
El Bagre	San José del Guaviare
El Banco	San Juan del Cesar
El Carmen de Bolívar	San Marcos
El Carmen de Viboral	San Onofre
El Cerrito	San Pelayo
El Tambo	San Vicente del Caguán
Espinal	Santander de Quilichao
Florida	Saravena
Fundación	Tame
Galapa	Tibú
Garzón	Tierralta
Girardot	Tuchín
Granada	Turbaco
Guadalajara de Buga	Turbo
Ipiales	Villa del Rosario
La Ceja	Villamaría
La Plata	Zona Bananera
Riosucio (Chocó)	

Intermedio – Tipo III

2 municipios **requieren implementar un SVCA** Indicativo Intermedio – Tipo III:

Cartagena de Indias	Soledad
---------------------	---------

Básico – Tipo II

13 municipios **requieren implementar un SVCA** Indicativo SVCA Básico – Tipo II:

Barrancabermeja	Pasto
Chía	Riohacha
Facatativá	San Andrés de Tumaco
Florencia	Sincelejo
Fusagasugá	Tunja
Girón	Yopal
Maicao	

Indicativo – Tipo I

13 municipios **requieren mejorar su SVCA** por uno Indicativo - Tipo I:

Barbosa	La Dorada
Caldas	La Estrella
Candelaria	Madrid
Caucasia	Marinilla
Copacabana	Rionegro
Girardota	Santa Rosa de Cabal
Guarne	

Básico – Tipo II

8 municipios **requieren mejorar su SVCA** por uno Básico – Tipo II:

Dosquebrada	Piedecuesta
Envigado	Popayán
Floridablanca	Tuluá
Jamundí	Zipacquirá

Intermedio – Tipo III

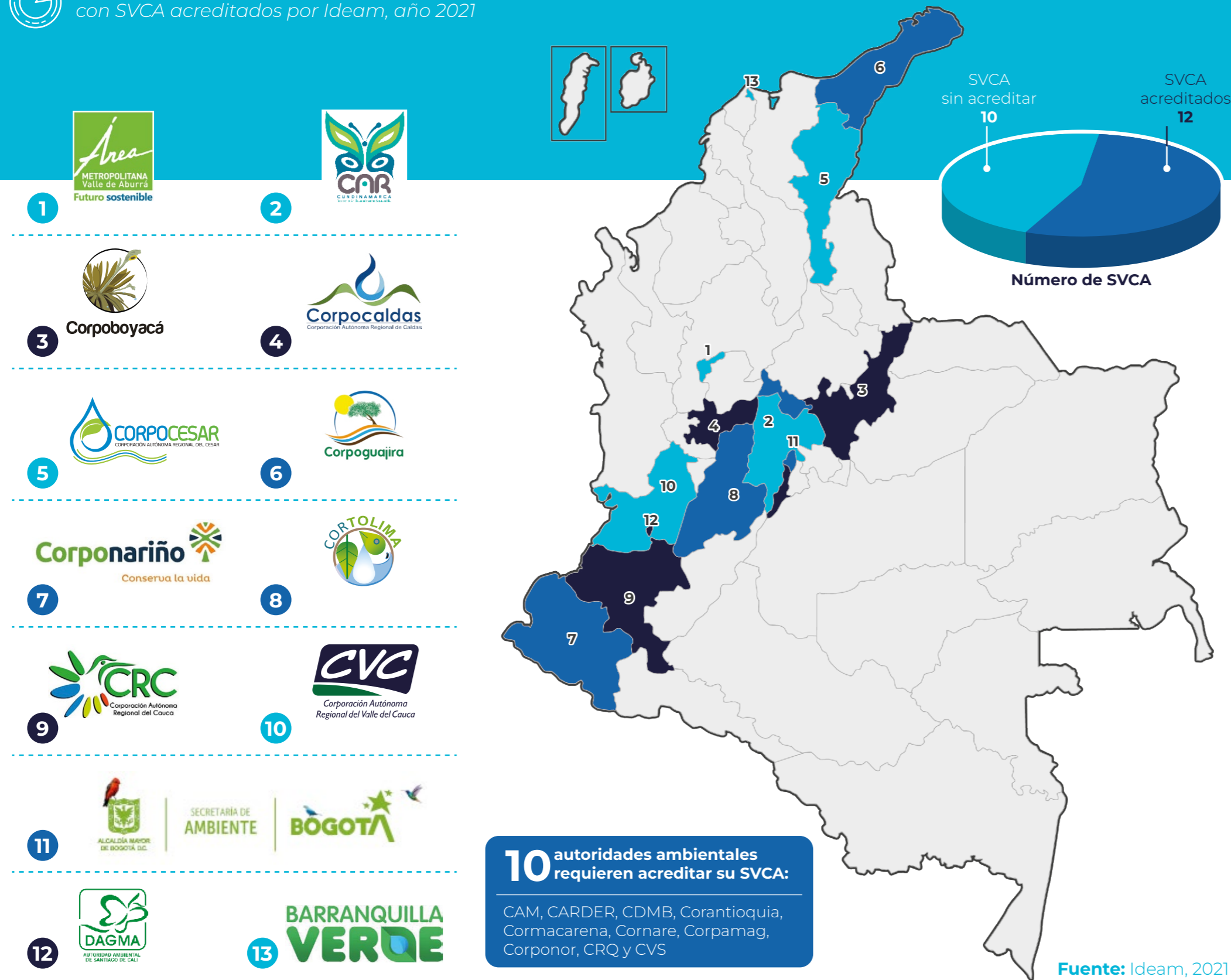
7 **requieren mejorar su SVCA** por uno Indicativo Intermedio – Tipo III:

Bello	Soacha
Ibagué	Valledupar
Montería	Villavicencio
San José de Cúcuta	



3.2.2. Requerimientos de acreditación de los SVCA

Infografía 11. Jurisdicción de autoridades ambientales con SVCA acreditados por Ideam, año 2021



La acreditación es una garantía de la competencia técnica y la idoneidad para la producción de datos e información fisicoquímica asociada a la adecuada operación de los Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire.



Consulte aquí la lista de laboratorios acreditados por el Ideam.

<http://www.ideam.gov.co/web/contaminacion-y-calidad-ambiental/acreditacion>

La normativa colombiana señala que, “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” (Parágrafo 2 del artículo 2.2.8.9.1.5. del Decreto 1076 de 2015).

En conformidad con lo señalado, desde el año 2016 se empezaron a fortalecer los procesos de acreditación de los SVCA del país; para este entonces se contaba únicamente con tres autoridades ambientales acreditadas, correspondientes a Corpoguajira, Cortolima y Corpoesar; durante el año 2017, se sumaron cuatro autoridades ambientales: la CAR Cundinamarca, CVC Valle del Cauca, Corpoboyacá y DAGMA Cali; durante el 2018 surtieron el debido proceso de acreditación dos SVCA más, correspondientes a autoridades ambientales de grandes centros urbanos, como lo son AMVA Valle de Aburrá y SDA Bogotá; para el 2019, se incorporó el SVCA de Corponariño y para el 2021, se incorporaron a la lista el EPA Barranquilla Verde y la CRC del Cauca, sumando así un total de 13 SVCA acreditados (Infografía 11), bajo los lineamientos de la norma NTC-ISO/IEC 17025 “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración”. Cabe señalar que Corponariño aunque contó con acreditación vigente, para el año 2021 no monitoreó o no registró su información de calidad del aire al SISAIRE, por lo que del total de los SVCA que operaron en el año 2021, 12 contaron con acreditación.

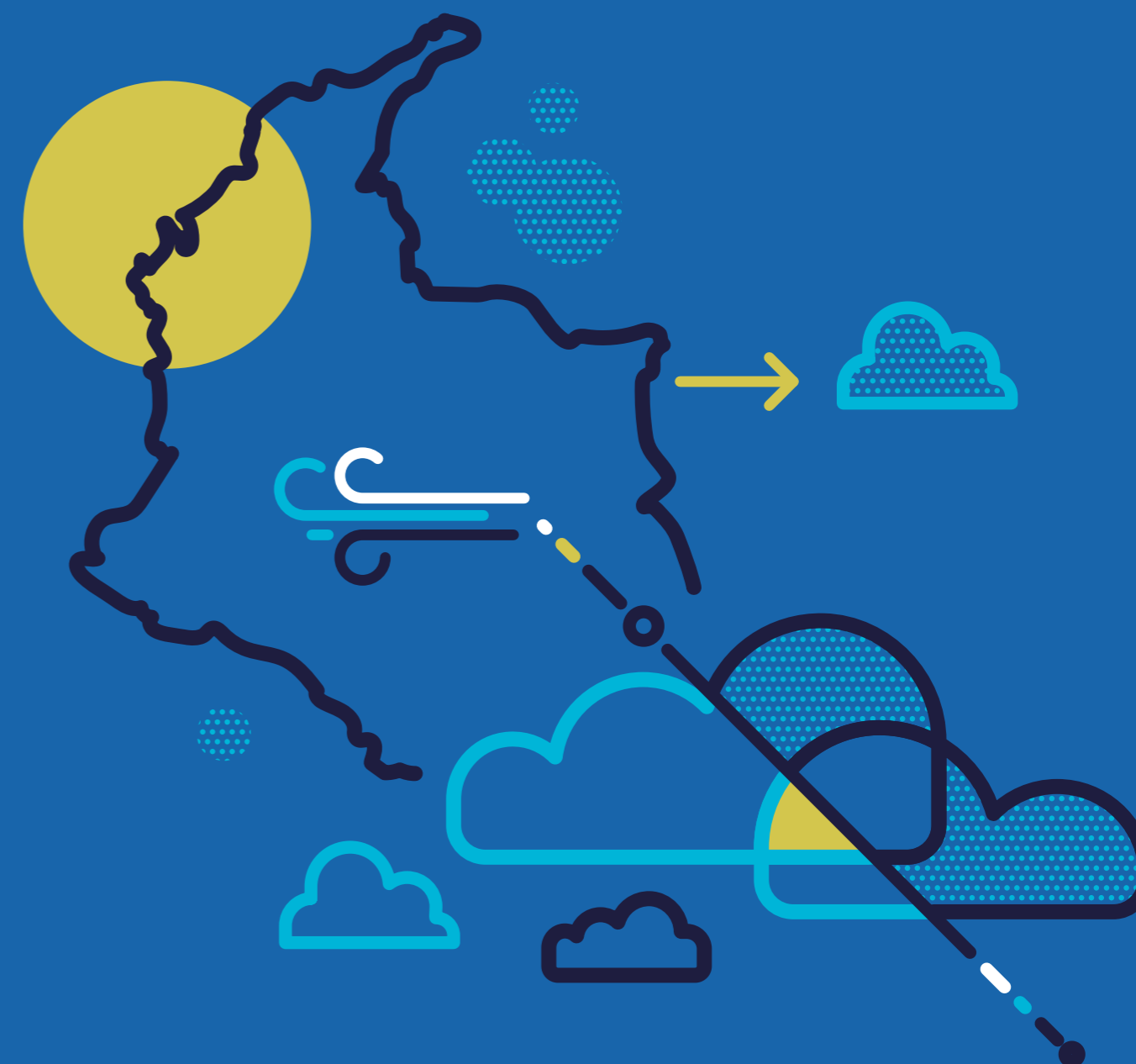
Al respecto, se identifican oportunidades de mejora a nivel nacional, esto ya que el 45 % del total de los SVCA operados por autoridades ambientales no cuentan con acreditación, resaltándose la necesidad de que las respectivas autoridades ambientales surtan el debido proceso, siendo este un gran reto para el país, que debe ser abordado de manera progresiva, mediante la incentivación de la acreditación.

Fuente: Ideam, 2021



04

Estado de la calidad del aire nacional





En el presente capítulo, se presentan estadísticas consolidadas para cada uno de los seis contaminantes criterio de interés a nivel nacional, que permiten definir el estado de la calidad del aire, a partir de la información disponible, procedente de los Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire operados por autoridades ambientales. Exhibiendo para cada contaminante:

- ▶ **Concentraciones promedio anuales¹⁰:** obtenidas a partir de las estaciones de monitoreo que presentaron una representatividad temporal adecuada¹¹ (porcentaje de datos válidos mayor o igual al 75 %). Para los contaminantes que, de acuerdo con la Resolución 2254 de 2017, cuentan con límite máximo permisible anual, se presenta la respectiva comparación normativa, se ilustra el nivel máximo permisible vigente establecido por la Resolución 2254 del 2017 para un periodo de exposición anual (representado por la línea discontinua roja) y el referente normativo proyectado para el año 2030 (línea discontinua azul).
- ▶ **Tendencia multianual:** Para el PM_{10} y $PM_{2,5}$, para las diez estaciones que en 2021 reportaron las máximas concentraciones promedio anual, se presentan las concentraciones obtenidas en los últimos diez años (periodo 2011 - 2021).
- ▶ **Excedencias normativas:** para las estaciones que refirieron representatividad temporal adecuada, se presentan los días de excedencias normativas (sobrepasos de la norma aplicable) de acuerdo con los tiempos de exposición estipulados en la Resolución 2254 de 2017.
- ▶ **Índice de la calidad del aire:** para las estaciones que refirieron representatividad temporal adecuada, se expone la proporción de datos en las que se registran las diferentes categorías del estado de la calidad del aire estandarizadas en la Resolución 2254 de 2017, que permiten asociar la concentración de un contaminante con un potencial efecto a la salud humana.
- ▶ **Concentraciones promedio anuales - indicativas:** obtenidas a partir de las estaciones de monitoreo que presentaron una representatividad temporal (porcentaje de datos válidos) inferior al 75 % y reportaron menos de 18 datos diarios. Para los contaminantes que, de acuerdo con la Resolución 2254 de 2017, cuentan con límite máximo permisible anual, de manera indicativa se presenta la respectiva comparación normativa. En este sentido, es de mencionar que estos resultados se presentan con la intención de identificar estaciones que podrían reflejar indicios de contaminación atmosférica, las cuales son de especial interés y atención por parte de las autoridades ambientales competentes.



Para más información acerca de la determinación estadística de estos indicadores, consulte aquí las respectivas hojas metodológicas:
<http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/aire>

¹⁰. Para la comparación con la norma, se emplea el promedio aritmético, los datos incluidos serán los promedios diarios u horarios de concentración según el contaminante de interés. Esta comparación es posible realizarla tanto para estaciones manuales como para automáticas, haciendo la salvedad que la cantidad de datos obtenidos por los equipos manuales durante el año no debe ser inferior a noventa y un (91) datos y que para el muestreo automático corresponderá a 274 datos, que corresponden al 75 % de datos posibles en el año. Para el caso de Ozono y Monóxido de Carbono, se requiere que el monitoreo de dicho contaminante se realice a través de analizadores automáticos. Una vez se tengan los reportes horarios de concentración, se procede con el cálculo de la media móvil para grupos de 8 datos horarios, de tal manera que se generan 24 valores por día y son estos valores de media móvil los que son comparados con la norma nacional para períodos de tiempo iguales a 8 horas.

¹¹. La representatividad temporal permite definir concluyentemente el estado de la calidad del aire en el área de influencia o dominio de una estación, debido a que el porcentaje de datos válidos es suficiente para representar el comportamiento de un determinado contaminante.

Monitoreo de la calidad del aire

A partir de los Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire – SVCA del país, se obtienen las concentraciones o niveles de inmisión de los diferentes contaminantes atmosféricos.

- ▶ La cobertura espacial
- ▶ El número de SVCA y de estaciones de monitoreo
- ▶ La calidad y disponibilidad de información
- ▶ La representatividad temporal

Son los principales aspectos para determinar el estado de la calidad del aire que respiramos y su correlación con posibles efectos adversos en la salud de la población.



Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire de Corpamag



4.1. Material particulado menor a 10 micras - PM₁₀

4.1.1. Concentraciones promedio anuales



92

estaciones con representatividad temporal adecuada.



92,4%

de las estaciones cumplieron con el nivel máximo permisible anual vigente (50 µg/m³).



7

estaciones excedieron dicho referente normativo vigente, ubicadas en:

- ▶ Itagüí y Amagá, Antioquia
- ▶ Bogotá D.C.
- ▶ Soacha, Cundinamarca
- ▶ Santa Marta (1) y Ciénaga (2), Magdalena

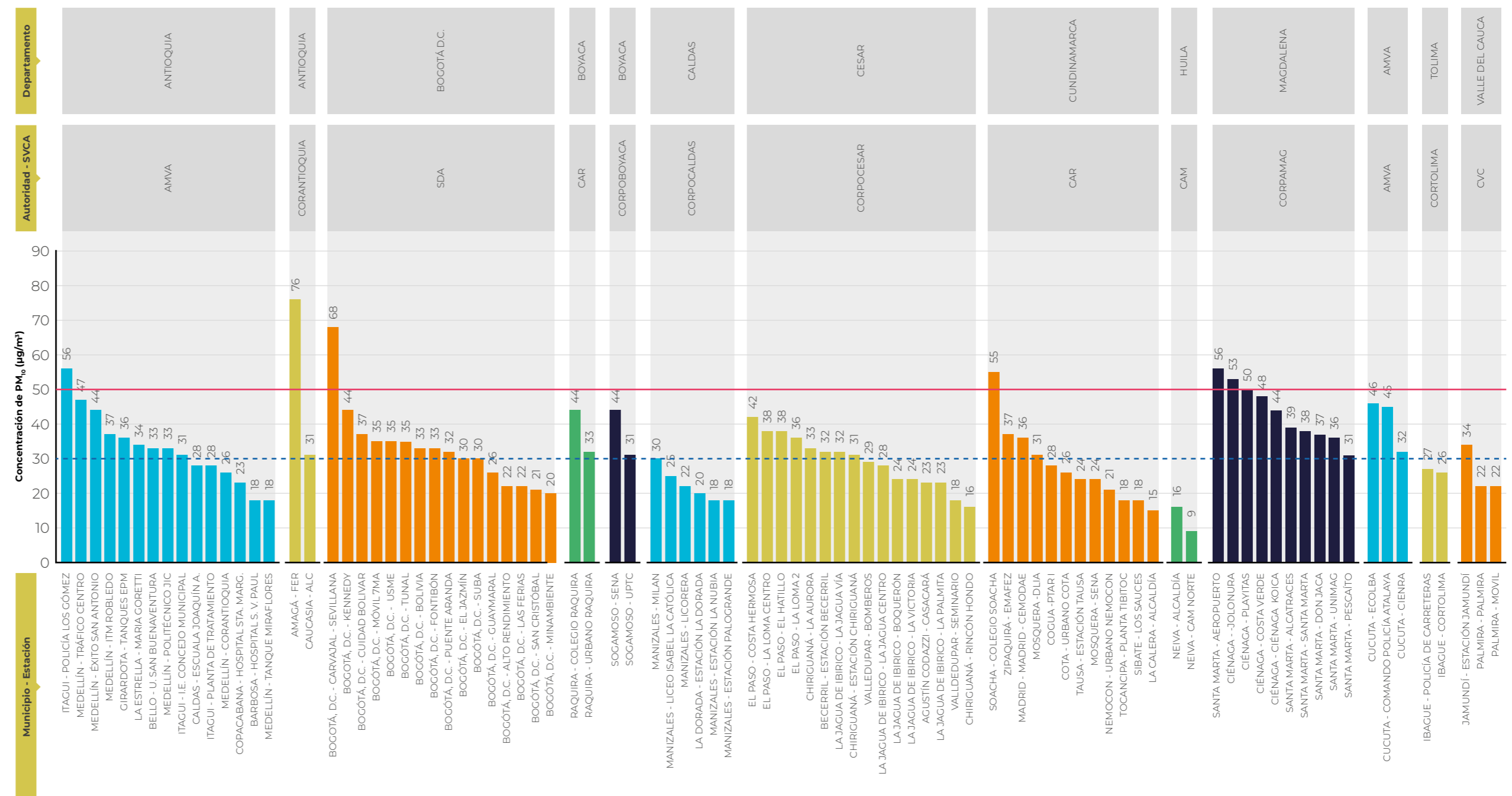
Disminuyeron en 1,8 % las estaciones en situación de cumplimiento con relación al año 2020.

42,4 %

de las estaciones cumplieron con el nivel máximo permisible anual proyectado a 2030 (30 µg/m³)



Figura 14. Concentraciones anuales de Material particulado menor a 10 micras – estaciones representativas, año 2021



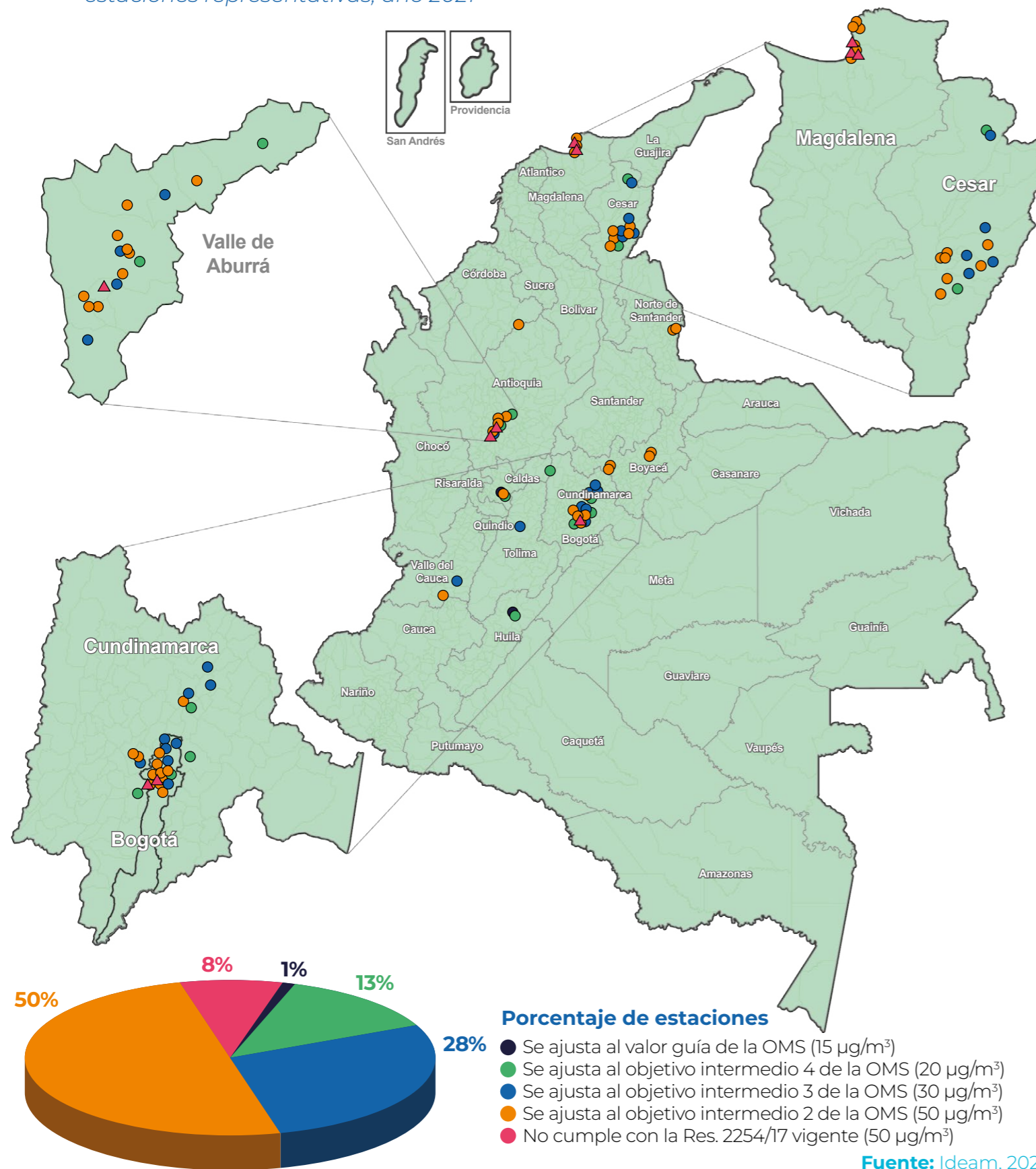
Res. 2254/2017

Res. 2254/2017 a 2030

Fuente: Ideam, 2021



Infografía 12. Concentraciones anuales de Material particulado menor a 10 micras – clasificación de acuerdo con las recomendaciones de la OMS y normativa vigente, estaciones representativas, año 2021



SVCA	Clasificación de acuerdo con las recomendaciones de la OMS y normativa vigente	No. estaciones
Se ajusta al valor guía de la OMS		1
CAM	CAM Norte	1
Se ajusta al Objetivo Intermedio 4 de la OMS		12
AMVA	Hospital S.V. Paul, Tanque Miraflores (S)	2
CAM	Alcaldía	1
CAR	Alcaldía, Los Sauces, Planta Tibitoc	3
CORPOCALDAS	Estación La Dorada, Estación La Nubia, Estación Palogrande	3
CORPOCESAR	Rincón Hondo, Seminario	2
SDA	Minambiente	1
Se ajusta al Objetivo Intermedio 3 de la OMS		26
AMVA	Corantioquia, Escuela Joaquín A. (S), Hospital Sta. Marg., Planta Tratamiento	4
CAR	Estación Tausa, PTAR I, Sena, Urbano Cota, Urbano Nemocón	5
CARPOCALDAS	Liceo Isabel La Católica, Licorera	2
CORPOCESAR	Bomberos, Boquerón, Casacará, La Jagua Centro, La Palmita, La Victoria	6
CORTOLIMA	Cortolima, Policía De Carreteras	2
CVC	Móvil, Palmira	2
SDA	C. Alto Rendimiento, Guaymaral, Las Ferias, San Cristóbal, Suba	5
Se ajusta al Objetivo Intermedio 2 de la OMS		46
AMVA	Éxito San Antonio, I.E. Concejo Municipal, ITM Robledo, María Goretti, Politécnico JIC, Tanques EPM, Tráfico Centro, Tráfico Sur (S), U. San Buenaventura	9
CAR	Colegio Ráquira, DLIA, Emafez, Madrid - Cemodae, Urbano Ráquira	5
CORANTIOQUIA	ALC	1
CORPAMAG	Alcatraces, Ciénaga Koica, Costa Verde, Don Jaca, Pescaito, Santa Marta, Unimag	7
CORPOBOYACA	Sena, UPTC	2
CORPOCALDAS	Milán	1
CORPOCESAR	Costa Hermosa, El Hatillo, Estación Becerril, Estación Chiriguaná, La Aurora, La Jagua Vía, La Loma 2, La Loma Centro	8
CORPONOR	Cinera, Comando Policía Atalaya, Ecolba	3
CVC	Estación Jamundí	1
SDA	Bolívia, Ciudad Bolívar, El Jazmín, Fontibón, Kennedy, Móvil 7ma, Puente Aranda, Tunal, Usme	9
No cumple con la Res. 2254/17 (vigente)		7
AMVA	Policía Los Gómez	1
CAR	Colegio Soacha	1
CORANTIOQUIA	FER	1
CORPAMAG	Aeropuerto, Jolonura, Playitas	3
SDA	Carvajal - Sevillana	1



4.1.2. Tendencia multianual 2011-2021

Figura 15. Top 10 de estaciones con máximas concentraciones anuales de Material particulado menor a 10 micras – tendencia multianual, estaciones representativas, años 2011-2021



Las zonas en donde se sitúan las estaciones que evidencian una tendencia al crecimiento de las concentraciones de este contaminante, son de especial interés y atención por parte de las autoridades ambientales competentes, dado que es necesario implementar o fortalecer las medidas orientadas a la reducción gradual de las concentraciones de PM₁₀ en el aire ambiente.

7

estaciones muestran una tendencia al aumento en los últimos años, correspondientes a:

- ▶ Carvajal-Sevillana (Bogotá D.C)
- ▶ Aeropuerto (Santa Marta)
- ▶ Policía Los Gómez (Itagüí)
- ▶ Colegio Soacha (Cundinamarca)
- ▶ Jolonura, Playitas y Costa Verde (Ciénaga)

1

estación presenta tendencia al descenso y a ajustarse gradualmente al límite máximo normativo anual:

- ▶ Tráfico Centro (Medellín)

Fuente: Ideam, 2021



4.1.3. Excedencias al nivel máximo permisible diario

40

estaciones registraron excedencias al nivel máximo permisible diario (75 µg/m³), lo que corresponde al **43,5 %** del total de las estaciones.

- ▶ Emafez (Zipaquirá, Cundinamarca) con 19 días
- ▶ Aeropuerto (Santa Marta, Magdalena), con 19 días
- ▶ Costa verde (Ciénaga, Magdalena), con 12 días
- ▶ Ciudad Bolívar (Bogotá D.C) con 10 días

2

estaciones reportaron más de 100 días excediendo la norma diaria:

- ▶ FER (Amagá, Antioquia) con 121 días
- ▶ Carvajal-Sevillana (Bogotá D.C.) con 116 días

3

estaciones reportaron entre 30 y 64 días excediendo la norma diaria:

- ▶ Colegio (Soacha, Cundinamarca) con 64 días
- ▶ Policía Los Gómez (Itagüí, Antioquia) con 42 días
- ▶ Colegio (Ráquira, Boyacá) con 36 días

6

estaciones reportaron entre 10 y 22 días excediendo la norma diaria:

- ▶ Jolonura (Ciénaga, Magdalena), con 22 días
- ▶ Playitas (Ciénaga, Magdalena), con 21 días

29

estaciones reportaron menos de 10 días excediendo la norma diaria.

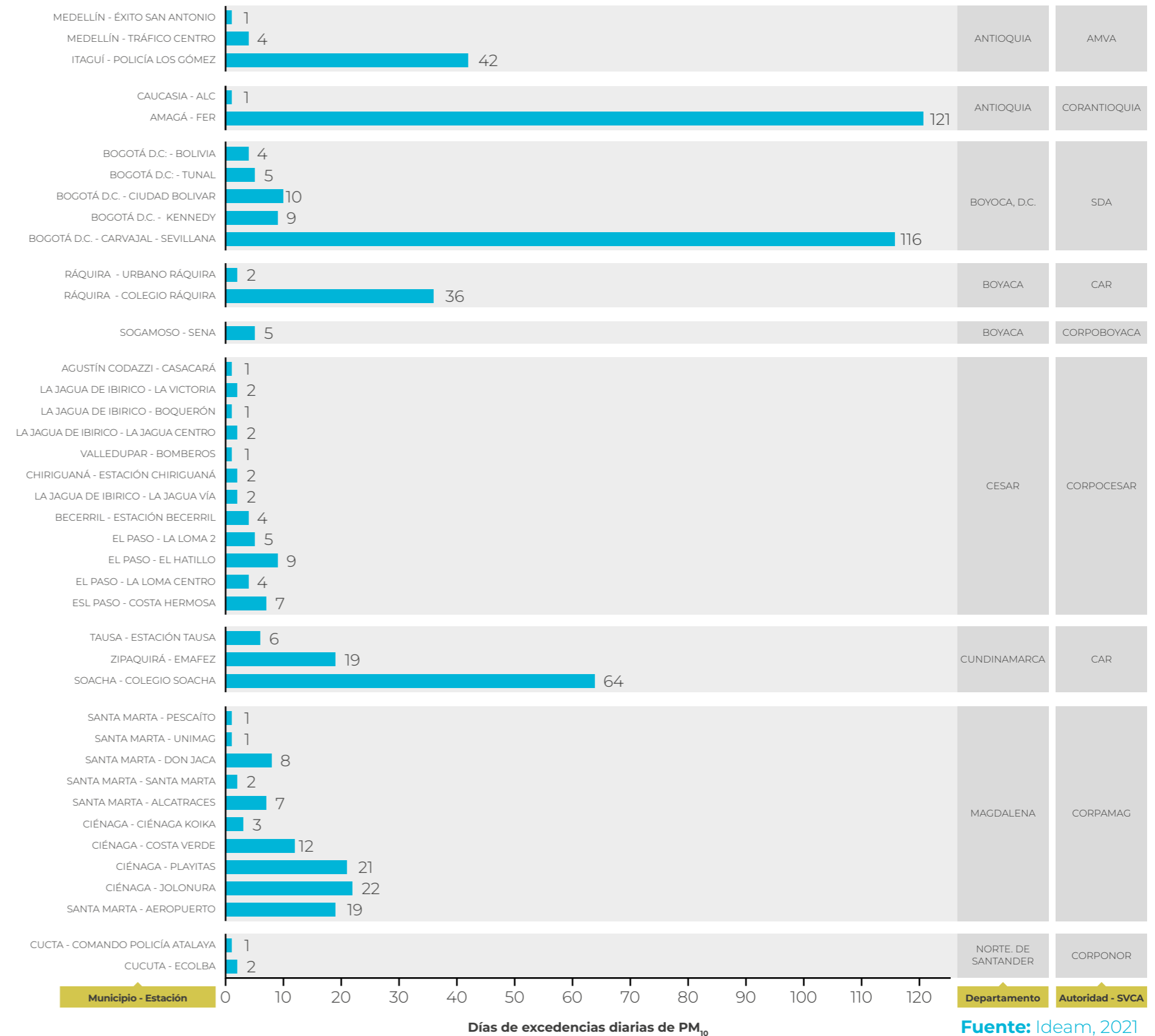
Disminuyeron en un 28 %

las estaciones que registraron excedencias al nivel máximo permisible diario, con respecto al año 2020.

Se recomienda a las autoridades ambientales competentes, realizar o fortalecer el seguimiento y control a las estaciones que refieren sobrepasos normativos en periodos de exposición cortos, con el fin de identificar en el área de influencia las principales fuentes de emisión y demás factores determinantes y gestionar o robustecer las medidas para la reducción de emisiones y consecuentemente de excedencias al nivel máximo permisible diario de PM₁₀ en el aire ambiente.



Figura 16. Días con excedencias al nivel máximo permisible diario de Material particulado menor a 10 micras – estaciones representativas, año 2021



Fuente: Ideam, 2021



4.1.4. Índice de calidad del aire

Figura 17. Proporción de datos del Índice de calidad del aire para Material particulado menor a 10 micras – estaciones representativas, año 2021

92

estaciones reportaron representatividad temporal adecuada

90

estaciones reportaron en proporciones mayoritarias (en más del 50 % del tiempo de monitoreo) un estado de la calidad del aire bueno.

2

estaciones reportaron en proporciones mayoritarias (en más del 50 % del tiempo de monitoreo) un estado de la calidad del aire aceptable; estas estaciones se ubican en:

- ▶ Bogotá D.C (Carvajal-Sevillana)
- ▶ Amagá, Antioquia (FER)

2

estaciones registraron en cerca del 1 % (del tiempo de monitoreo) un estado de la calidad del aire dañino a la salud:

- ▶ Chiriguana y La Jagua de Iberico (Cesar)

6

estaciones reportaron en proporciones máximas de 1,7 % (del tiempo de monitoreo) un estado de la calidad del aire dañino a la salud de grupos sensibles; estas estaciones se ubican en:

- ▶ Soacha (Cundinamarca)
- ▶ Ráquira (Boyacá)
- ▶ Ciénaga (Magdalena)
- ▶ El Paso (Cesar)
- ▶ Santa Marta (Magdalena)

Categoría ICA



Buena



Aceptable

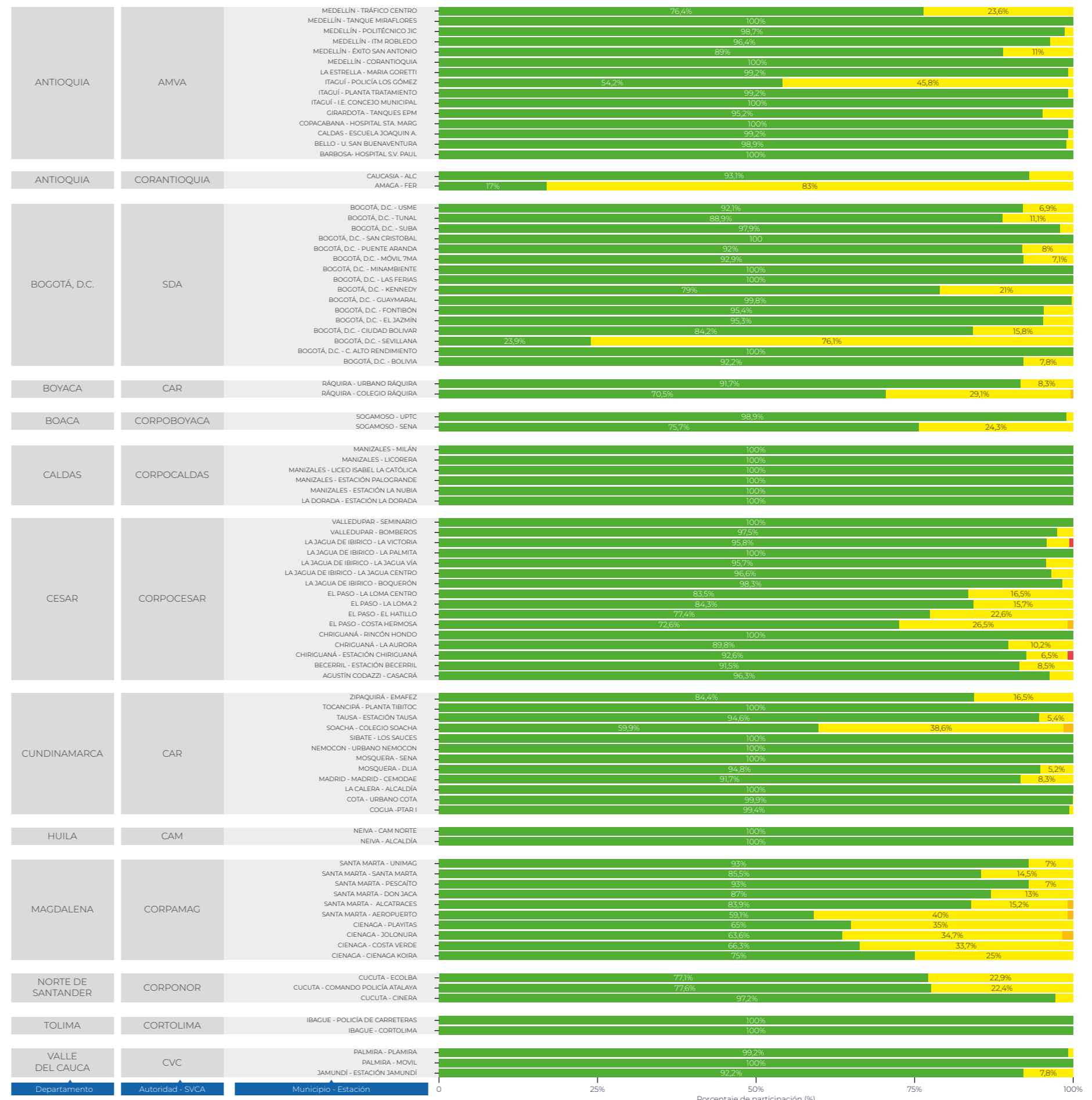


Dañina a la salud de grupos sensibles



Dañina a la salud

Fuente: Ideam, 2021





Los resultados obtenidos tras la ponderación del Índice de calidad del aire para PM_{10} , que se ilustran en la **Figura 17**, permiten señalar que, la mayoría de las estaciones del país (90 estaciones) en proporciones mayoritarias (superiores al 50 % del tiempo de monitoreo) presentaron un estado de la calidad del aire bueno. De estas estaciones, 9 reportaron esta categoría en un rango porcentual comprendido entre el 50 % y el 75 % del tiempo de monitoreo, estas estaciones se ubican en los municipios de Itagüí (Antioquía), Soacha (Cundinamarca), Ráquira (Boyacá), Ciénaga (Magdalena) y El Paso (Cesar), y en la ciudad de Santa Marta (Magdalena). Siendo necesario en estas zonas orientar acciones para incrementar el porcentaje de datos en la categoría buena, la cual está asociada a un riesgo bajo para la salud.

Del total de estaciones, 2 reportaron en proporciones mayoritarias (>50 % del tiempo de monitoreo) un estado de la calidad del aire aceptable, estas estaciones se ubican en la ciudad de Bogotá (Carvajal-Sevillana) y en el municipio de Amagá, Antioquia (FER), zonas de importante incidencia de tráfico e industrial, siendo perentorio en estas zonas reforzar las acciones de mejoramiento de la calidad del aire en términos de material particulado, en pro de la salud y bienestar de la población expuesta, esto ya que esta categoría supone posibles síntomas respiratorios en grupos poblacionales sensibles.

Ahora bien, con respecto a la categoría dañina a la salud de grupos sensibles (personas con enfermedades cardíacas o pulmonares, niños, adultos mayores), se reportaron en 6 estaciones de monitoreo, aunque en proporciones bajas, comprendidas entre el 0,4 % y 1,7 % del tiempo de monitoreo. Estas estaciones en las cuales se registró dicha categorización se ubican en los municipios de Soacha (Cundinamarca), Ráquira (Boyacá), Ciénaga (Magdalena) y El Paso (Cesar), y en la ciudad de Santa Marta (Magdalena), locaciones en las cuales se presentaron cortos episodios de contaminación que podrían resultar perjudiciales para la salud y bienestar humano, por lo que las respectivas autoridades ambientales deben implementar medidas más eficientes para reducir los efectos de la contaminación del aire en estas zonas en particular.

En cuanto a la categoría más alta reportada en las estaciones del país, que corresponde a dañina para la salud, esta se alcanzó en 2 estaciones de monitoreo en porcentajes cercanos al 1 %, lo que indica que se presentaron muy cortos episodios de altas concentraciones, debidos a eventos muy puntuales; es importante señalar que en estas estaciones durante un poco más del 90 % del tiempo de monitoreo, se reporta un estado de la calidad del aire bueno; dichas estaciones se ubican en el departamento del Cesar, en los municipios de Chiriguana y La Jagua de Ibirico. Se recomienda a la respectiva autoridad ambiental, realizar especial seguimiento al comportamiento de estas estaciones y adoptar las medidas necesarias frente a estos picos de contaminación.

El material particulado es un indicador común de la contaminación del aire. Afecta a más personas que ningún otro contaminante. Los principales componentes del material particulado son los sulfatos, los nitratos, el amoníaco, el cloruro de sodio, el hollín, los polvos minerales y el agua. Consiste

en una compleja mezcla de partículas sólidas y líquidas de sustancias orgánicas e inorgánicas suspendidas en el aire. Las partículas con un diámetro de 10 micrones o menos (PM_{10}) pueden penetrar y alojarse profundamente en los pulmones. (Organización Mundial de la Salud, 2021).

EFFECTOS RESPIRATORIOS

AUMENTO DE ENFERMEDADES Y MUERTE PREMATURA EN PERSONAS CON ENFERMEDADES PULMONARES:

- Asma gravada
- Función pulmonar reducida
- Síntomas respiratorios aumentados, como irritación en las vías respiratorias, tos o dificultad para respirar.

SÍNTOMAS



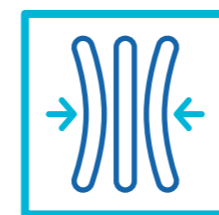
Tos



Flema



Falta de aire



Opresión en el pecho



EFFECTOS CARDIOVASCULARES

AUMENTO DE ENFERMEDADES Y MUERTE PREMATURA EN PERSONAS CON ENFERMEDADES CARDÍACAS:

- Latidos irregulares
- Infartos de miocardio no mortales.

SÍNTOMAS



Tos



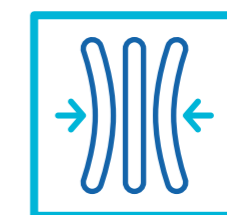
Palpitaciones



Falta de aire



Fatiga inusual



Opresión en el pecho

Grupos sensibles.



La exposición a la contaminación por partículas tiende a afectar en su mayoría a personas con enfermedades cardíacas o pulmonares, niños y adultos mayores.

Fuente: Ideam, 2021. Elaboración a partir de (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, 2022).

4.1.5. Concentraciones promedio anuales - indicativas



Figura 18. Concentraciones anuales de Material particulado menor a 10 micras – estaciones no representativas, año 2021

69

estaciones no cumplieron con el porcentaje de representatividad temporal mínimo (75 %). De estas estaciones, 55 no cumplieron con el mínimo de datos diarios (18).

Disminuyeron en 44 % las estaciones que no cumplieron con dichos criterios de calidad, en relación con el año 2020.

48

estaciones cumplieron de forma indicativa con el nivel máximo permisible anual vigente (50 µg/m³).

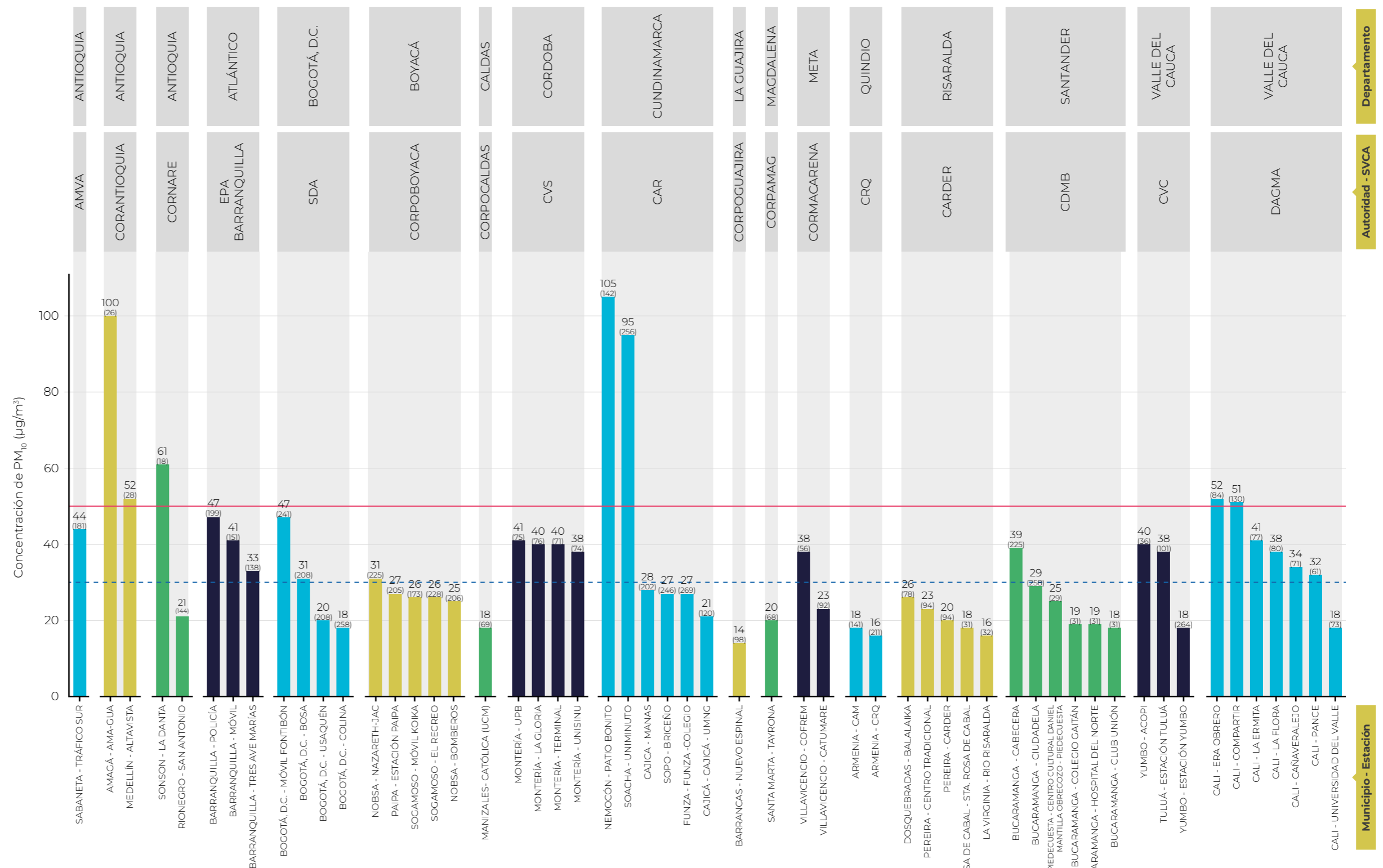
7

estaciones excedieron de forma indicativa dicho referente normativo vigente, ubicadas en:

- ▶ Amagá, Medellín y Sonson, Antioquia
- ▶ Nemocón y Soacha, Cundinamarca
- ▶ Cali (2), Valle del Cauca

29

estaciones cumplieron de forma indicativa con el nivel máximo permisible anual proyectado a 2030 (30 µg/m³).



Estas concentraciones se presentan con la intención de identificar estaciones que podrían reflejar indicios de contaminación atmosférica, las cuales son de especial interés y atención por parte de las autoridades ambientales competentes, para que se orienten esfuerzos técnicos y operativos que permitan mejorar la calidad del dato y aportar valiosa información para el entendimiento del comportamiento de este contaminante en el área de influencia, que soporte la toma de decisiones.

El número que se muestra por encima de cada barra representa el promedio anual de contaminante mientras que el ubicado en paréntesis es el número de muestras válidas tomadas durante el año.

Res. 2254/2017 (línea roja)
Res. 2254/2017 a 2030 (línea azul)

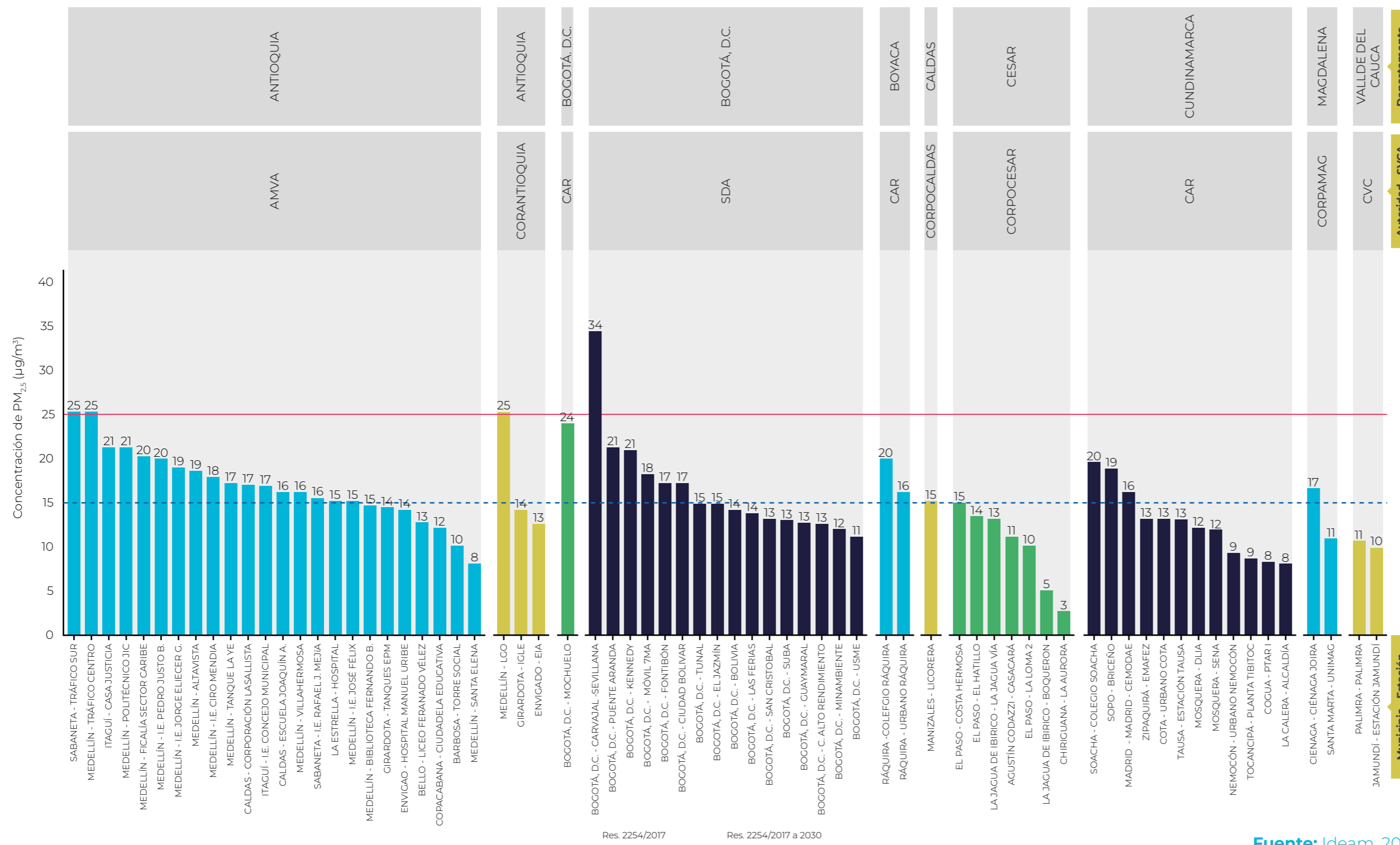
Fuente: Ideam, 2021



4.2. Material particulado menor a 2,5 micras -PM_{2,5}

4.2.1. Concentraciones promedio anuales

Figura 19. Concentraciones anuales de Material particulado menor a 2,5 micras – estaciones representativas, año 2021



70 estaciones con representatividad temporal adecuada.

94,3% de las estaciones cumplieron con el nivel máximo permisible anual vigente (25 µg/m³).

4 estaciones excedieron dicho referente normativo vigente, ubicadas en:

- ▶ Sabaneta y Medellín (2), Antioquia
- ▶ Bogotá D.C.

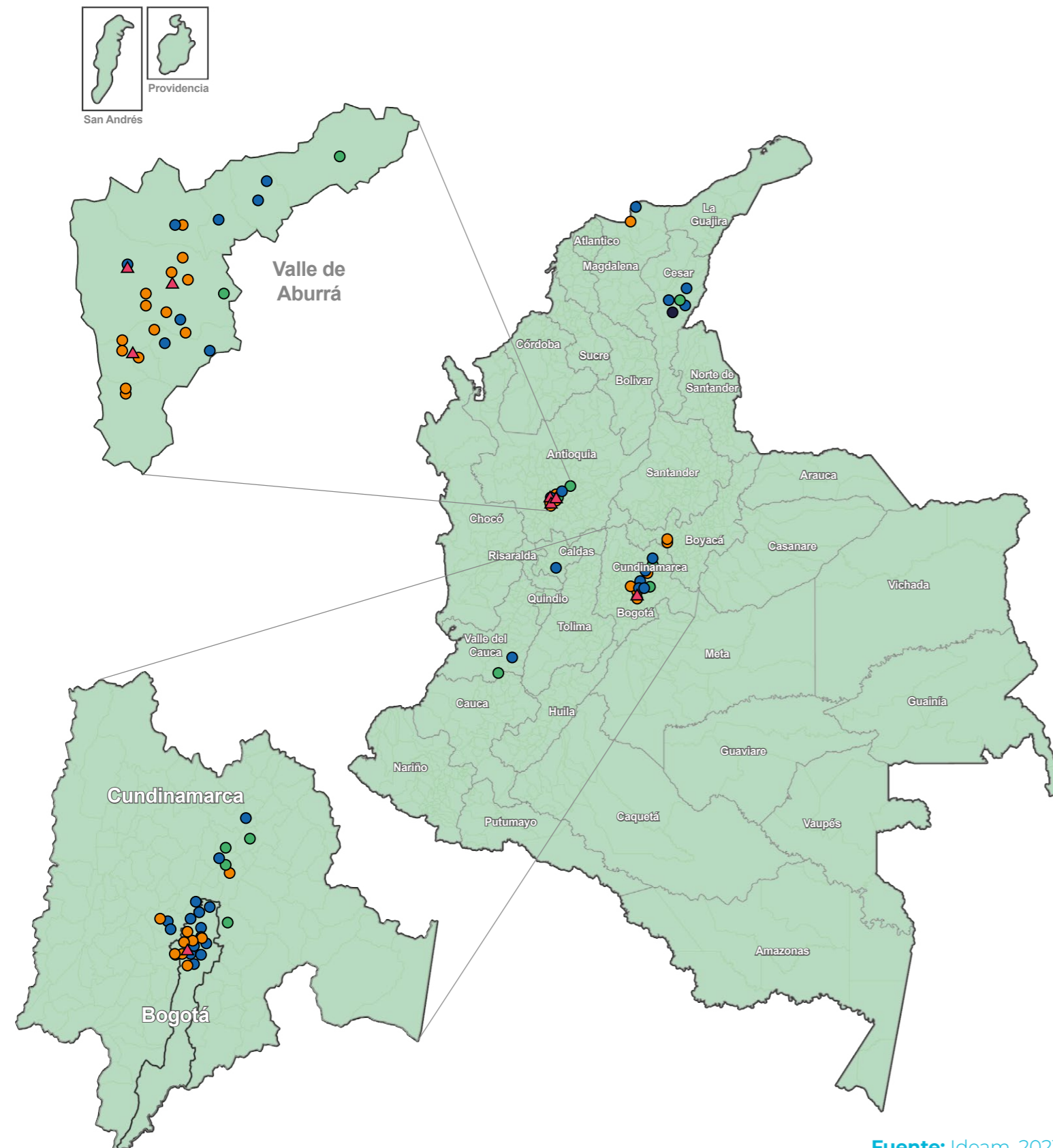
Aumentaron en 1,1 % las estaciones en situación de cumplimiento en relación con el año 2020.

57,1 % de las estaciones cumplieron con el nivel máximo permisible anual proyectado a 2030 (30 µg/m³).

Fuente: Ideam, 2021

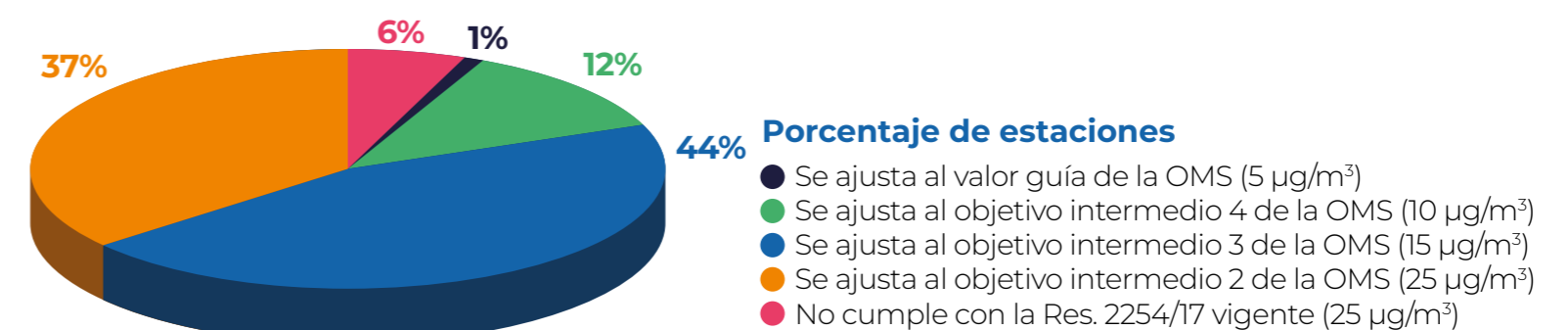


Infografía 13. Concentraciones anuales de Material particulado menor a 2,5 micras – clasificación de acuerdo con las recomendaciones de la OMS y normativa vigente, estaciones representativas, año 2021



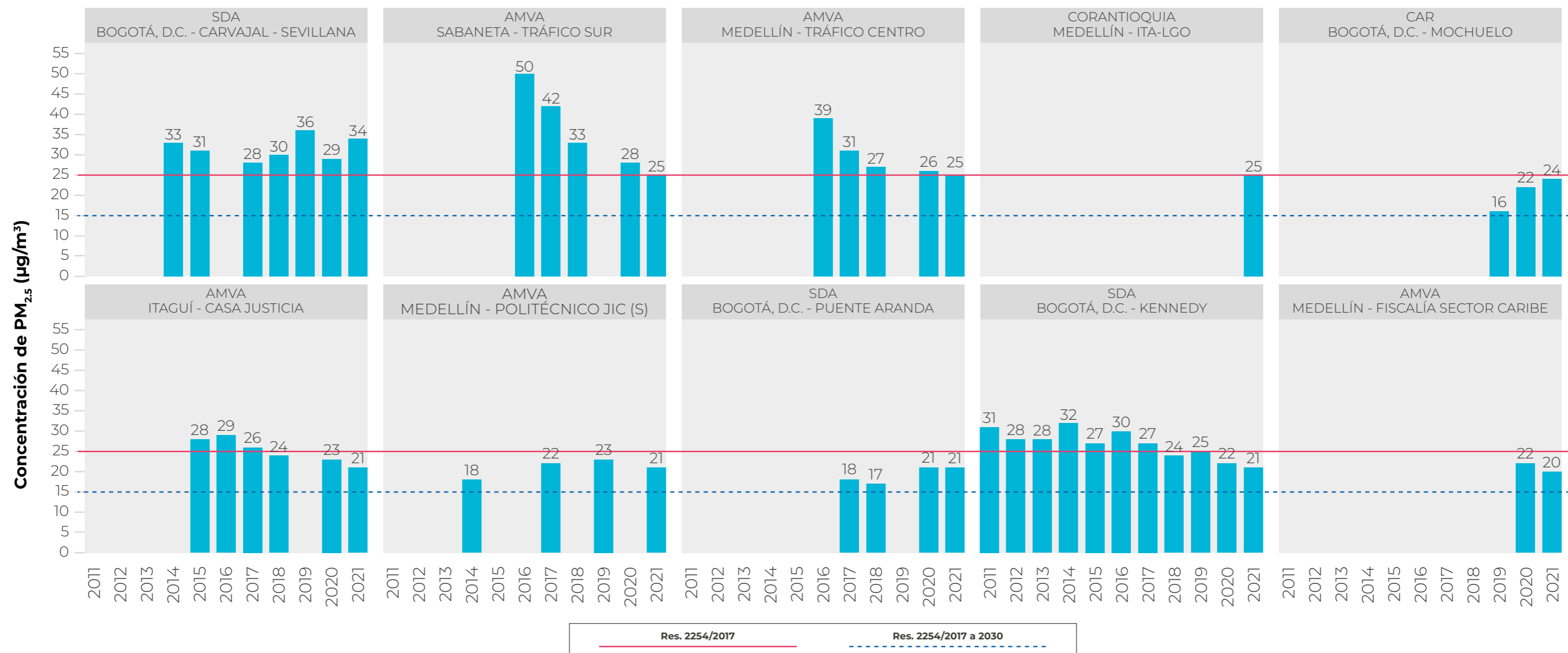
Fuente: Ideam, 2021

SVCA	Clasificación de acuerdo con las recomendaciones de la OMS y normativa vigente	No. estaciones
Se ajusta al valor guía de la OMS		1
CORPOCESAR	La Aurora	1
Se ajusta al Objetivo Intermedio 4 de la OMS		8
AMVA	Santa Elena, Torre Social	2
CAR	Alcaldía, Planta Tibitoc, PTAR I, Urbano Nemocón	4
CORPOCESAR	Boquerón	1
CVC	Estación Jamundí	1
Se ajusta al Objetivo Intermedio 3 de la OMS		31
AMVA	Biblioteca Fernando B., Ciudadela Educativa, Hospital Manuel Uribe, I.E. José Félix, Liceo Fernando Vélez, Tanques Epm	6
CAR	DlíA, Emafez, Estación Tausa, Sena, Urbano Cota	5
CORANTIOQUIA	Eia, Igle	2
CORPAMAG	Unimag	1
CORPOCALDAS	Licorera	1
CORPOCESAR	Casacará, Costa Hermosa, El Hatillo, La Jagua Vía, La Loma 2	5
CVC	Palmira	1
SDA	Bolivia, C. Alto Rendimiento, El Jazmín, Guaymaral, Las Ferias, Minambiente, San Cristóbal, Suba, Tunal, Usme	10
Se ajusta al Objetivo Intermedio 2 de la OMS		26
AMVA	Altavista, Casa Justicia, Corporación Lasallista, Escuela Joaquín A., Fiscalía Sector Caribe, Hospital, I.E. Ciro Mendia, I.E. Concejo Municipal, I.E. Jorge Eliecer G., I.E. Pedro Justo B., I.E. Rafael J. Mejía, Politécnico Jic (S), Tanques La Ye, Villahermosa	14
CAR	Briceño, Colegio Ráquira, Colegio Soacha, Madrid – Cemodae, Mochuelo, Urbano Ráquira	6
CORPAMAG	Ciénaga Koika	1
SDA	Ciudad Bolívar, Fontibón, Kennedy, Móvil 7ma, Puente Aranda	5
No cumple con la Res. 2254/17 (vigente)		4
AMVA	Trafico centro, Trafico SUR	2
CORANTIOQUIA	Ita-Lgo	1
SDA	Carvajal-Sevillana	1



4.2.2. Tendencia multianual 2011-2021

Figura 20. Top 10 de estaciones con máximas concentraciones anuales de Material particulado menor a 2,5 micras – tendencia multianual, estaciones representativas, años 2011-2021



Las zonas en donde se sitúan las estaciones que evidencian una tendencia al crecimiento de las concentraciones de este contaminante, son de especial interés y atención por parte de las autoridades ambientales competentes, dado que es necesario implementar o fortalecer las medidas orientadas a la reducción gradual de las concentraciones de PM_{2.5}.

3 estaciones muestran una tendencia al aumento en los últimos años, correspondientes a:

- ▶ Carvajal-Sevillana (Bogotá D.C)
- ▶ Mochuelo (Bogotá D.C)
- ▶ Puente Aranda (Bogotá D.C)

5 estaciones presentan tendencia al descenso y a ajustarse al límite máximo normativo anual:

- ▶ Tráfico Sur (Sabaneta)
- ▶ Tráfico Centro (Medellín)
- ▶ Casa de Justicia (Itagüí)
- ▶ Kennedy (Bogotá D.C.)
- ▶ Fiscalía sector Caribe (Medellín)

Fuente: Ideam, 2021



4.2.3. Excedencias al nivel máximo permisible diario

Figura 21. Días con excedencias al nivel máximo permisible diario de Material particulado menor a 2,5 micras – estaciones representativas, año 2021

40

estaciones registraron excedencias al nivel máximo permisible diario ($37 \mu\text{g}/\text{m}^3$), lo que corresponde al **57,1 %** del total de las estaciones.

35

estaciones reportaron menos de 12 días excediendo la norma diaria.

Disminuyeron en un **34 %** las estaciones que registraron excedencias al nivel máximo permisible diario, con respecto al año 2020.

1

estación reportó más de 100 días excediendo la norma diaria:

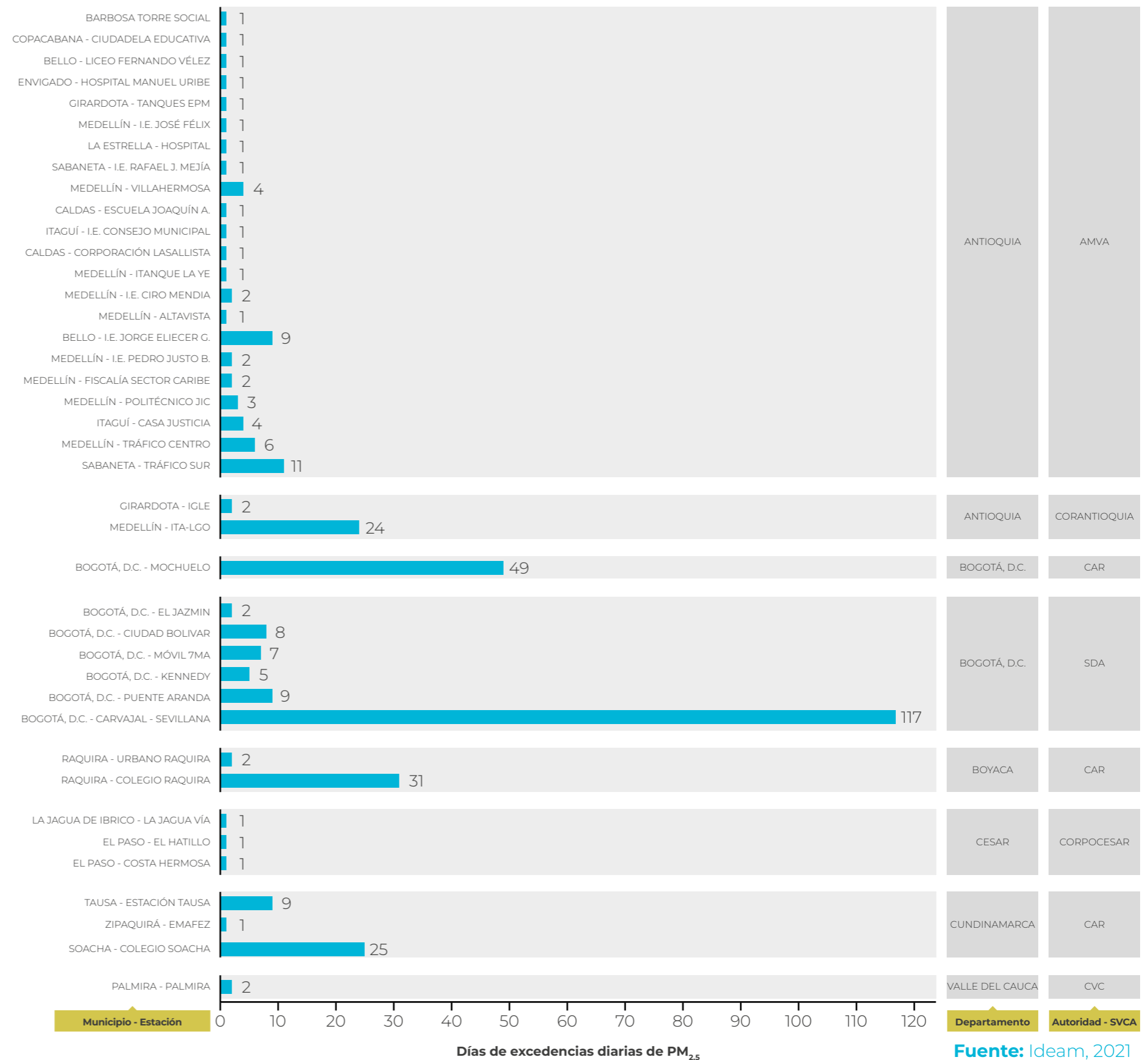
- ▶ Carvajal-Sevillana (Bogotá, D.C.) con 117 días

4

estaciones reportaron entre 24 y 49 días excediendo la norma diaria:

- ▶ Mochuelo (Bogotá D.C.) con 49 días
- ▶ Colegio (Ráquira, Boyacá) con 31 días
- ▶ Colegio (Soacha, Cundinamarca) con 25 días
- ▶ ITA-LGO (Medellín, Antioquia) con 24 días

Se recomienda a las autoridades ambientales competentes, realizar o fortalecer el seguimiento y control a las estaciones que refieren sobrepasos normativos en periodos de exposición cortos, con el fin de identificar en el área de influencia las principales fuentes de emisión y demás factores determinantes y gestionar o robustecer las medidas para la reducción de emisiones y consecuentemente de excedencias al nivel máximo permisible diario de $\text{PM}_{2,5}$ en el aire ambiente.



Fuente: Ideam, 2021



4.2.4. Índice de calidad del aire

Figura 22. Proporción de datos del Índice de calidad del aire para Material particulado menor a 2,5 micras – estaciones representativas, año 2021

70

estaciones reportaron representatividad temporal adecuada

29

estaciones reportaron en proporciones mayoritarias (en más del 50 % del tiempo de monitoreo) un estado de la calidad del aire bueno.

41

estaciones reportaron en proporciones mayoritarias (en más del 50 % del tiempo de monitoreo) un estado de la calidad del aire aceptable.

43

estaciones reportaron en proporciones inferiores al 14 %, un estado de la calidad del aire dañino a la salud de grupos sensibles. 1 estación reportó en una proporción considerable esta categoría:

- Carvajal-Sevillana (Bogotá D.C.) con 35,7 %

5

estaciones registraron en menos del 1 % (del tiempo de monitoreo) un estado de la calidad del aire dañino a la salud.

4

estaciones registraron esta categoría en porcentajes levemente superiores, siendo estas:

- Carvajal-Sevillana (Bogotá D.C.) con un 3 %
- Colegio- Ráquira (Boyacá) con 2,2%
- Colegio (Soacha, Cundinamarca) con 1,6 %
- Mochuelo (Bogotá D.C.) con un 1,2%

Categoría ICA



Buena



Aceptable

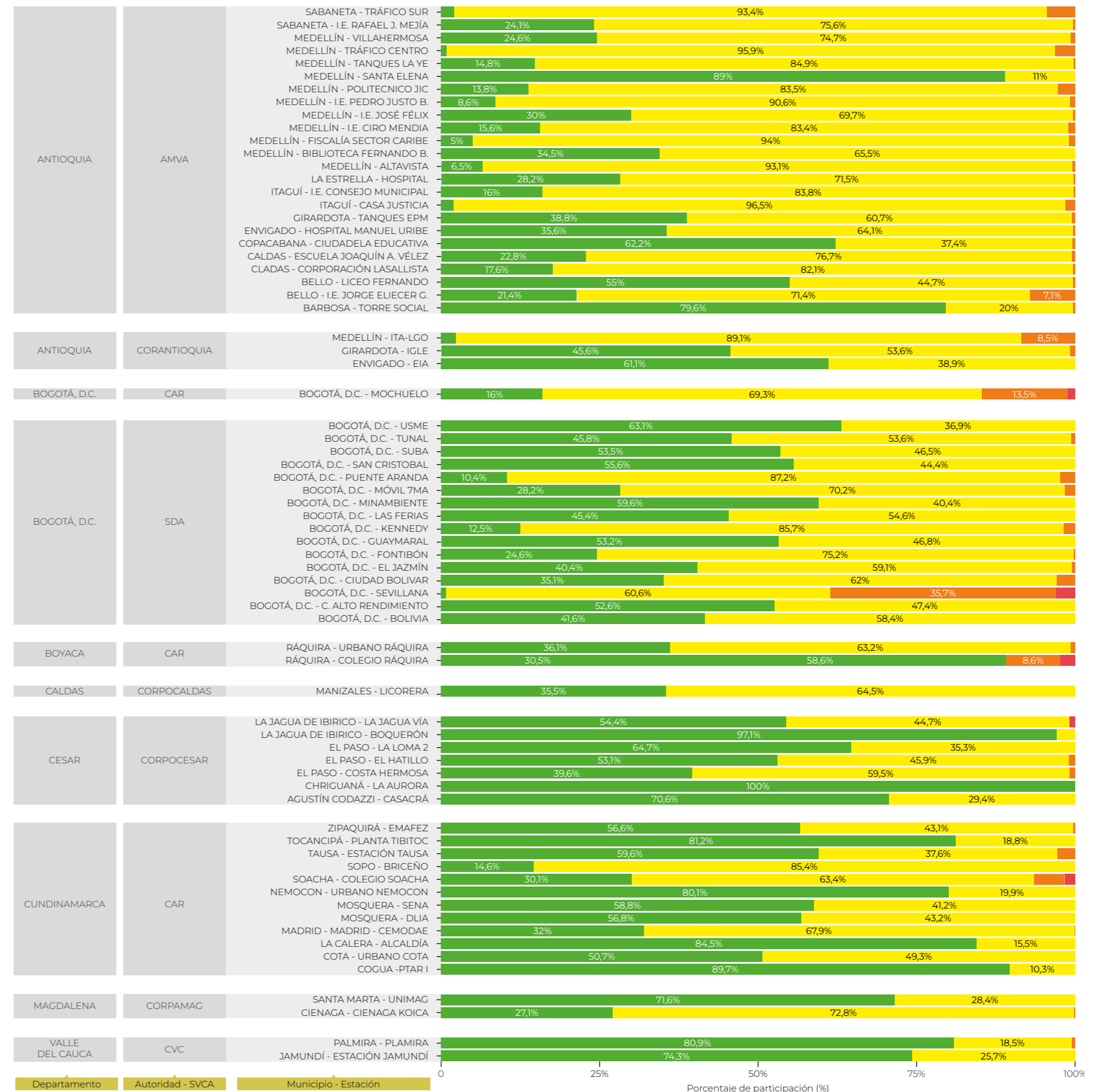


Dañina a la salud de grupos sensibles



Dañina a la salud

Fuente: Ideam, 2021





En cuanto a los resultados obtenidos de la ponderación del Índice de calidad del aire para $PM_{2,5}$, ilustrados en la **Figura 22**, se observa que, este contaminante en poco más de la mitad de las estaciones (58,6 %, que equivale a 41 estaciones) en proporciones mayoritarias reportaron un estado de la calidad del aire aceptable, el cual supone posibles síntomas respiratorios en grupos poblacionales sensibles. Lo anterior permite identificar oportunidades de mejora y retos para las respectivas autoridades ambientales, orientados al mejoramiento de la calidad del aire a partir de la reducción de las concentraciones en especial de este contaminante, para mitigar los impactos en la salud pública, considerando que este contaminante en particular tiene mayor susceptibilidad a ocasionar efectos adversos sobre la salud humana.

Por su parte, la categoría dañina a la salud de grupos sensibles (personas con enfermedades cardíacas o pulmonares, niños, adultos mayores, mujeres gestantes), se reportó en el 63 % de las estaciones (44 estaciones); los porcentajes de ocurrencia, por lo general fueron inferiores al 14 %, con excepción únicamente de la estación Carvajal-Sevillana ubicada en la ciudad de Bogotá, en la cual se reportó en proporciones significativas (~36 % del tiempo de monitoreo) dicha categoría. Con respecto a la categoría dañina a la salud, que corresponde a la categoría más alta reportada, se alcanzó en 9 estaciones (13 % de las estaciones), reportándose en porcentajes de ocurrencia comprendidos entre el 0,1 % y 3 % del total tiempo de monitoreo, presentándose en 4 estaciones ubicadas en los municipios de Ráquira y Soacha (Cundinamarca) y en la Ciudad de Bogotá (Mochuelo y Carvajal-Sevillana), los mayores porcentajes de ocurrencia (superiores al 1,2 %).

Las anteriores cifras resaltan la importancia de que las respectivas autoridades ambientales implementen o refuercen sus programas de reducción de la contaminación, identificando acciones y medidas que aporten al mejoramiento de la calidad del aire dentro de su jurisdicción.

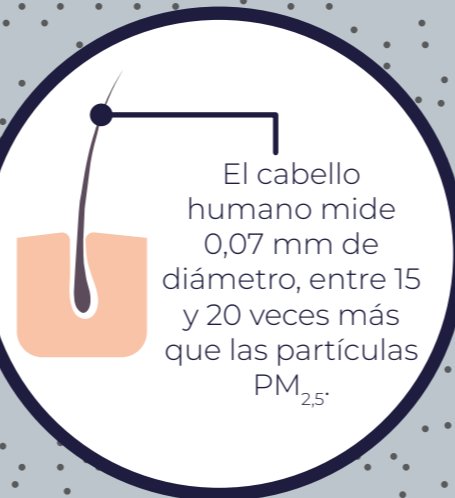
Grupos sensibles



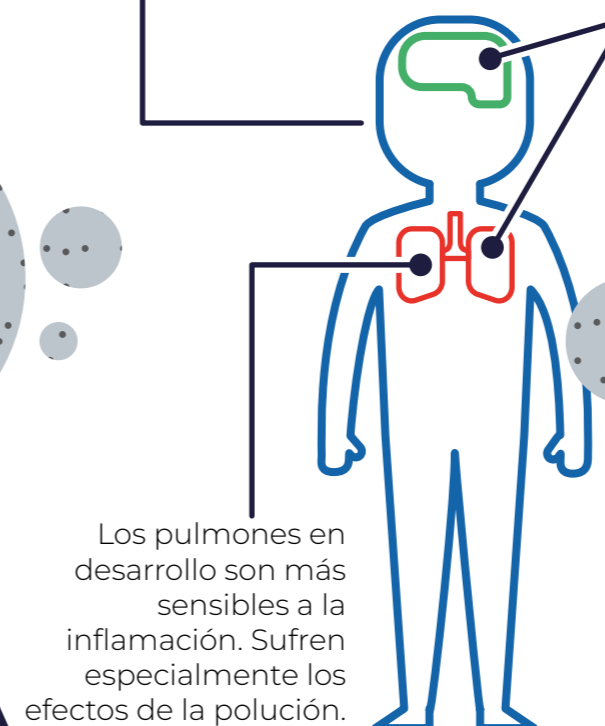
Las partículas que tienen un diámetro de 2,5 micrones o menos ($PM_{2,5}$) resultan aún más dañinas para la salud. El $PM_{2,5}$ puede atravesar la barrera pulmonar y entrar en el sistema sanguíneo. La exposición crónica al material particulado contribuye al riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares y respiratorias, así como cáncer de pulmón. (Organización Mundial de la Salud, 2021).

La exposición a la contaminación por partículas tiende a afectar en su mayoría a personas con enfermedades cardíacas o pulmonares, niños, adultos mayores y mujeres gestantes.

CÓMO NOS AFECTAN LAS $PM_{2,5}$



Respiran más rápido e inhalan más cantidad de contaminación. Cerca del suelo, algunos contaminantes alcanzan concentraciones máximas.



El feto es especialmente vulnerable a la exposición de la madre a contaminantes que provocan riesgos latentes al bebé.

Al tener más años de vida por delante, las enfermedades latentes pueden afectarles más tiempo.

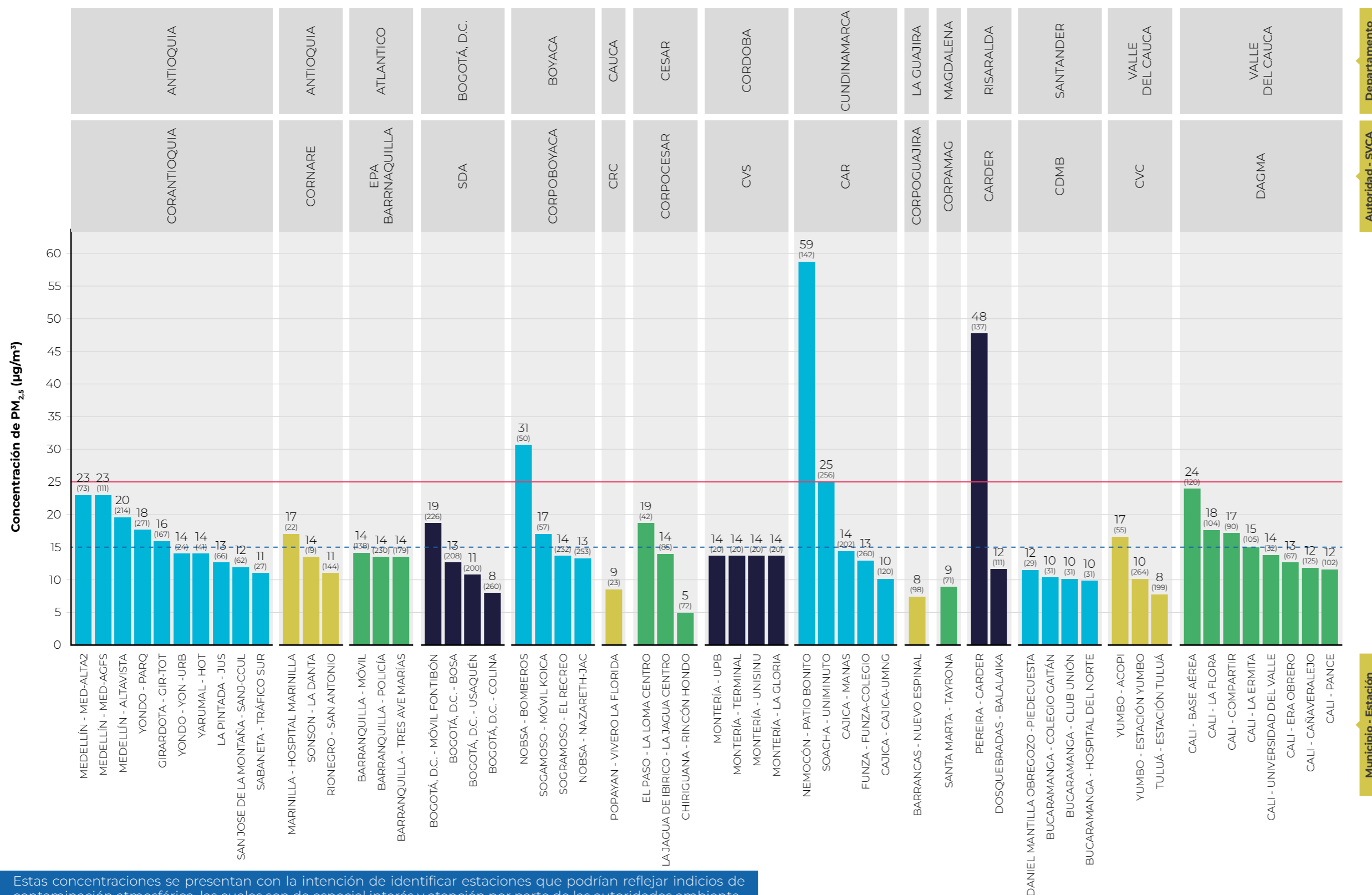
Fuente: (Greenpeace, 2021)



4.2.5. Concentraciones promedio anuales - indicativas



Figura 23. Concentraciones anuales de Material particulado menor a 2,5 micras – estaciones no representativas, año 2021



Estas concentraciones se presentan con la intención de identificar estaciones que podrían reflejar indicios de contaminación atmosférica, las cuales son de especial interés y atención por parte de las autoridades ambientales competentes, para que se orienten esfuerzos técnicos y operativos que permitan mejorar la calidad del dato y aportar valiosa información para el entendimiento del comportamiento de este contaminante en el área de influencia, que soporte la toma de decisiones.

El número que se muestra por encima de cada barra representa el promedio anual del contaminante mientras que el ubicado en paréntesis es el número de muestras válidas tomadas durante el año.

Res. 2254/2017

Res. 2254/2017 a 2030

Fuente: Ideam, 2021

61

estaciones no cumplieron con el porcentaje de representatividad temporal mínimo (75 %). De estas estaciones, **56** no cumplió con el mínimo de datos diarios (18) .

Disminuyeron en **7 %** las estaciones que no cumplieron con dichos criterios de calidad, en relación con el año 2020.

52

estaciones cumplieron de forma indicativa con el nivel máximo permisible anual vigente (25 µg/m³).

4

estaciones excedieron de forma indicativa dicho referente normativo vigente, ubicadas en:

- ▶ Nobsa (Boyacá)
- ▶ Nemocón y Soacha (Cundinamarca)
- ▶ Pereira (Risaralda)

38

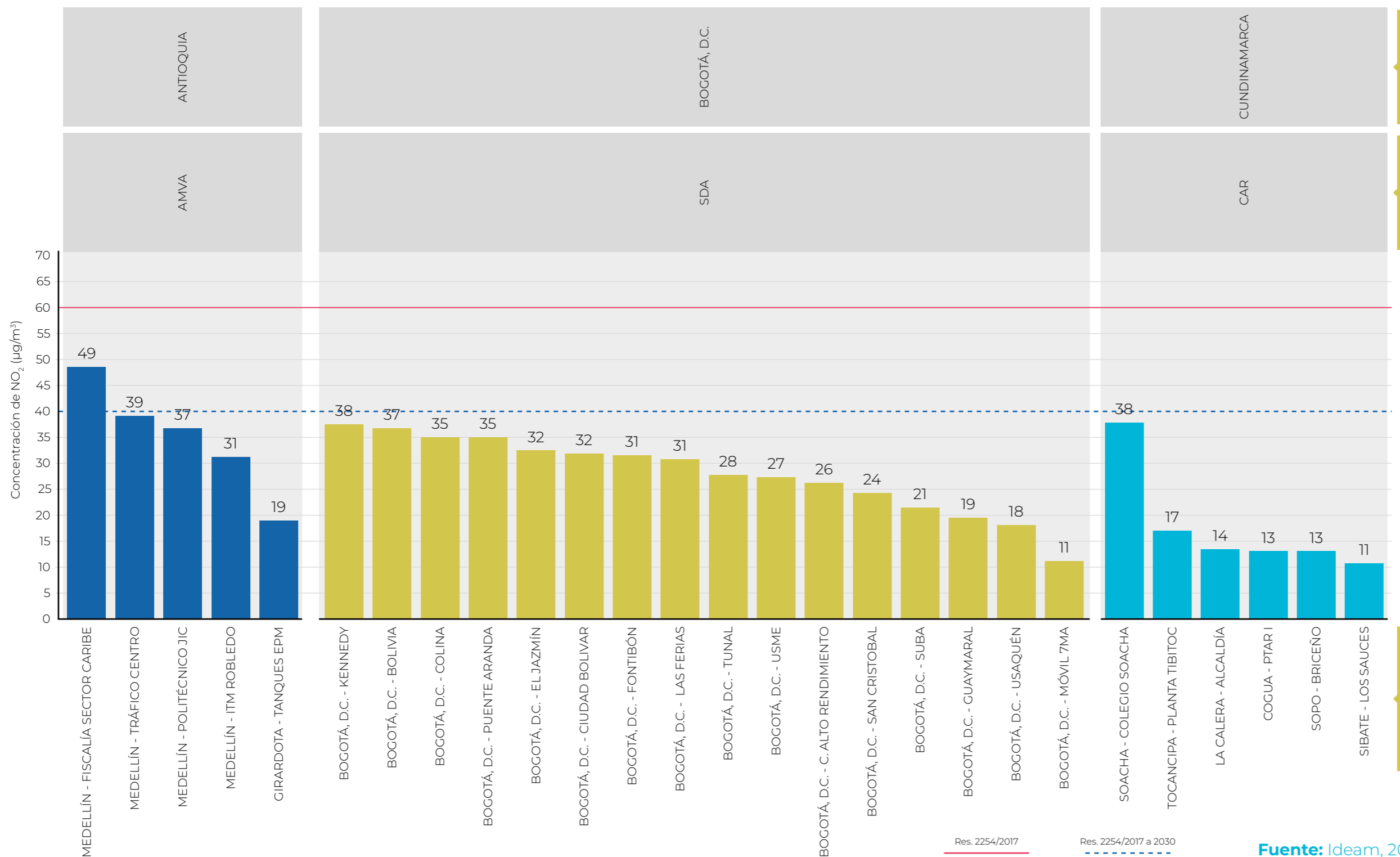
estaciones cumplieron de forma indicativa con el nivel máximo permisible anual proyectado a 2030 (15 µg/m³).



4.3. Dióxido de Nitrógeno - NO₂

4.3.1. Concentraciones promedio anuales

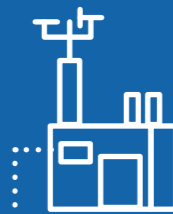
Figura 24. Concentraciones anuales de Dióxido de Nitrógeno – estaciones representativas, año 2021



Res. 2254/2017

Res. 2254/2017 a 2030

Fuente: Ideam, 2021



27

estaciones con representatividad temporal adecuada.



100%

de las estaciones cumplieron con el nivel máximo permisible anual vigente (60 µg/m³).



Se mantuvo la misma situación de cumplimiento en relación con el año 2020.



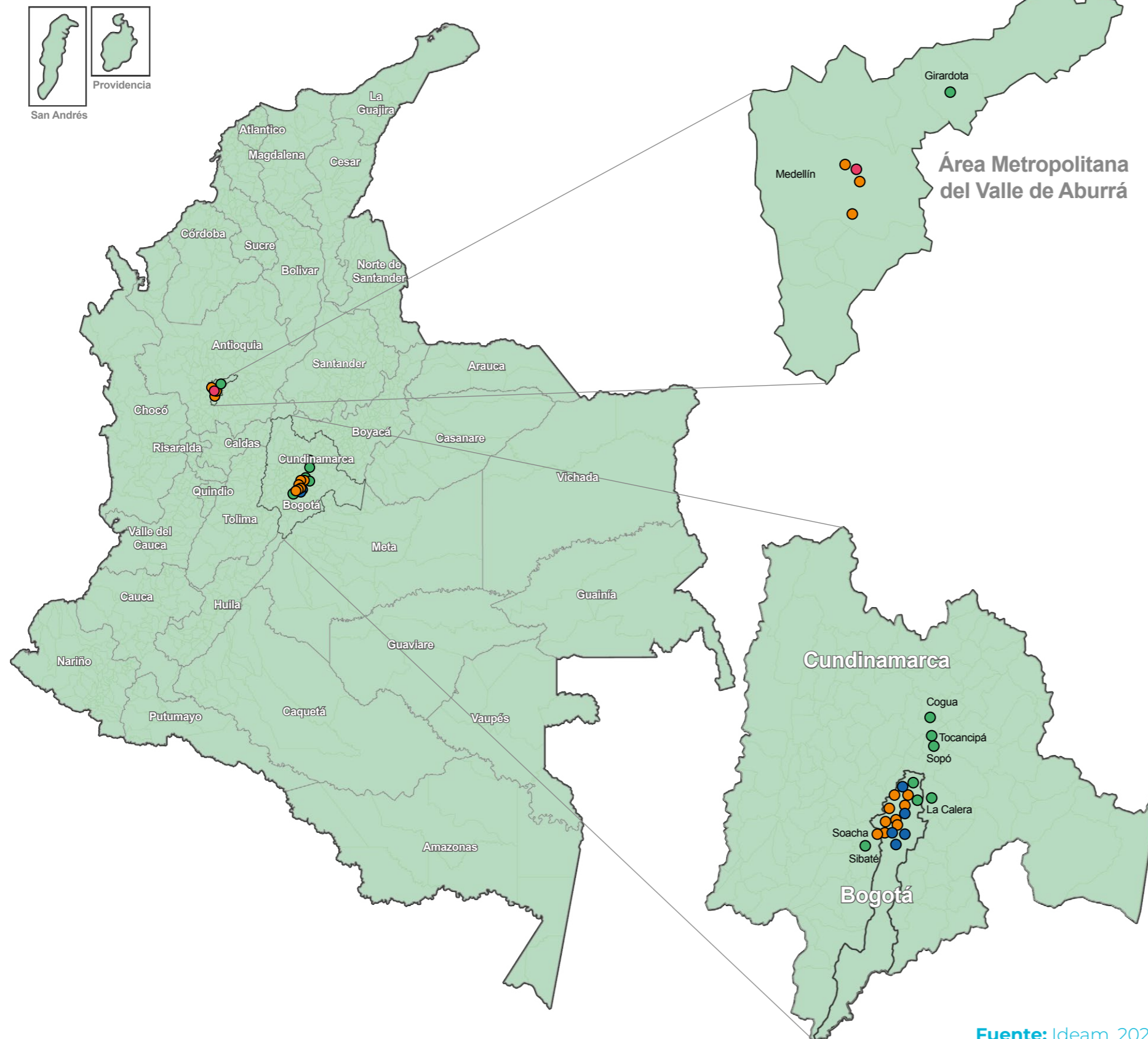
Ninguna estación superó el nivel máximo permisible anual.

96,3 %

de las estaciones cumplieron con el nivel máximo permisible anual proyectado a 2030 (40 µg/m³).

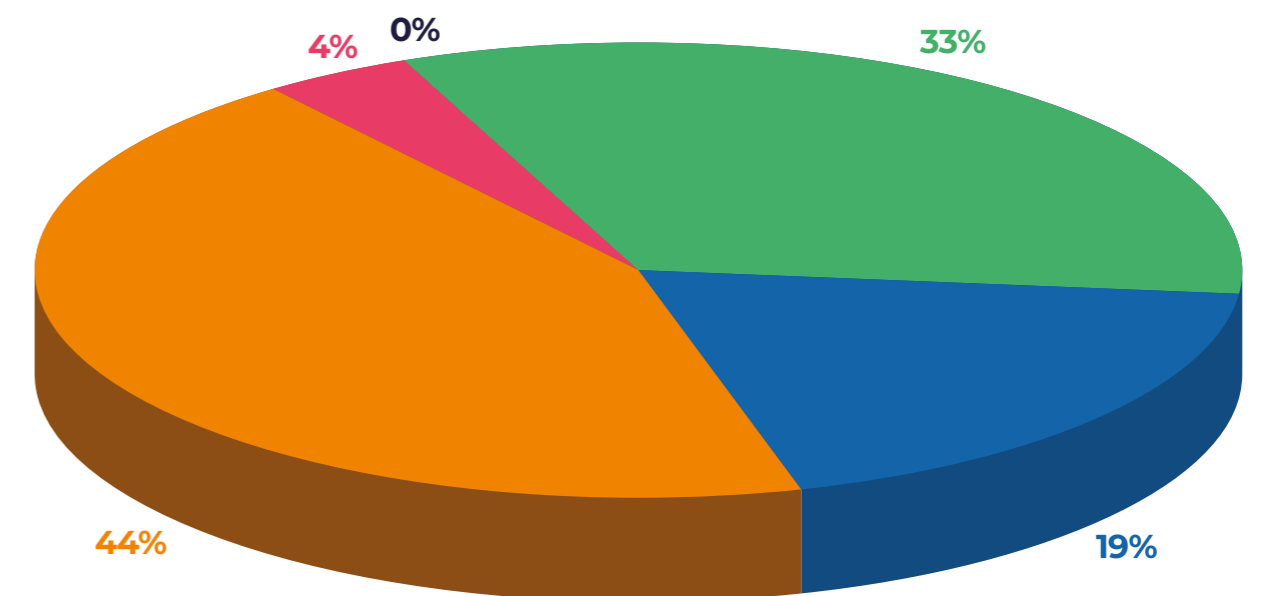


Infografía 14. Concentraciones anuales de Dióxido de Nitrógeno – clasificación de acuerdo con las recomendaciones de la OMS y normativa vigente, estaciones representativas, año 2021



Fuente: Ideam, 2021

SVCA	Clasificación de acuerdo con las recomendaciones de la OMS y normativa vigente	No. estaciones
Se ajusta al valor guía de la OMS		0
Se ajusta al Objetivo Intermedio 3 de la OMS		9
AMVA	Tanques EPM	1
CAR	Alcaldía, Briceño, Los Sauces, Planta Tibitoc, Ptar I	5
SDA	Guaymaral, Móvil 7ma, Usaquéen	3
Se ajusta al Objetivo Intermedio 2 de la OMS		5
SDA	C. Alto Rendimiento, San Cristóbal, Suba, Tunal, Usme	5
Se ajusta al Objetivo Intermedio 1 de la OMS		12
AMVA	Itm Robledo, Politécnico Jic, Tráfico Centro	3
CAR	Colegio Soacha	1
SDA	Bolivia, Ciudad Bolívar, Colina, El Jazmín, Fontibón, Kennedy, Las Ferias, Puente Aranda	8
No se ajusta al Objetivo Intermedio 1 pero cumple con la Res. 2254/17 (Vigente)		1
AMVA	Fiscalía Sector Caribe	1



Porcentaje de estaciones

- Se ajusta al valor guía de la OMS (10 µg/m³)
- Se ajusta al Objetivo Intermedio 3 de la OMS (20 µg/m³)
- Se ajusta al Objetivo Intermedio 2 de la OMS (30 µg/m³)
- Se ajusta a la Res. 2254/2017 (a 2030) - Objetivo Intermedio 1 de la OMS (40 µg/m³)
- No se ajusta al Objetivo Intermedio 1 de la OMS (40 µg/m³) pero cumple con la Res. 2254/17 vigente (60 µg/m³)



4.3.2. Excedencias al nivel máximo permisible horario

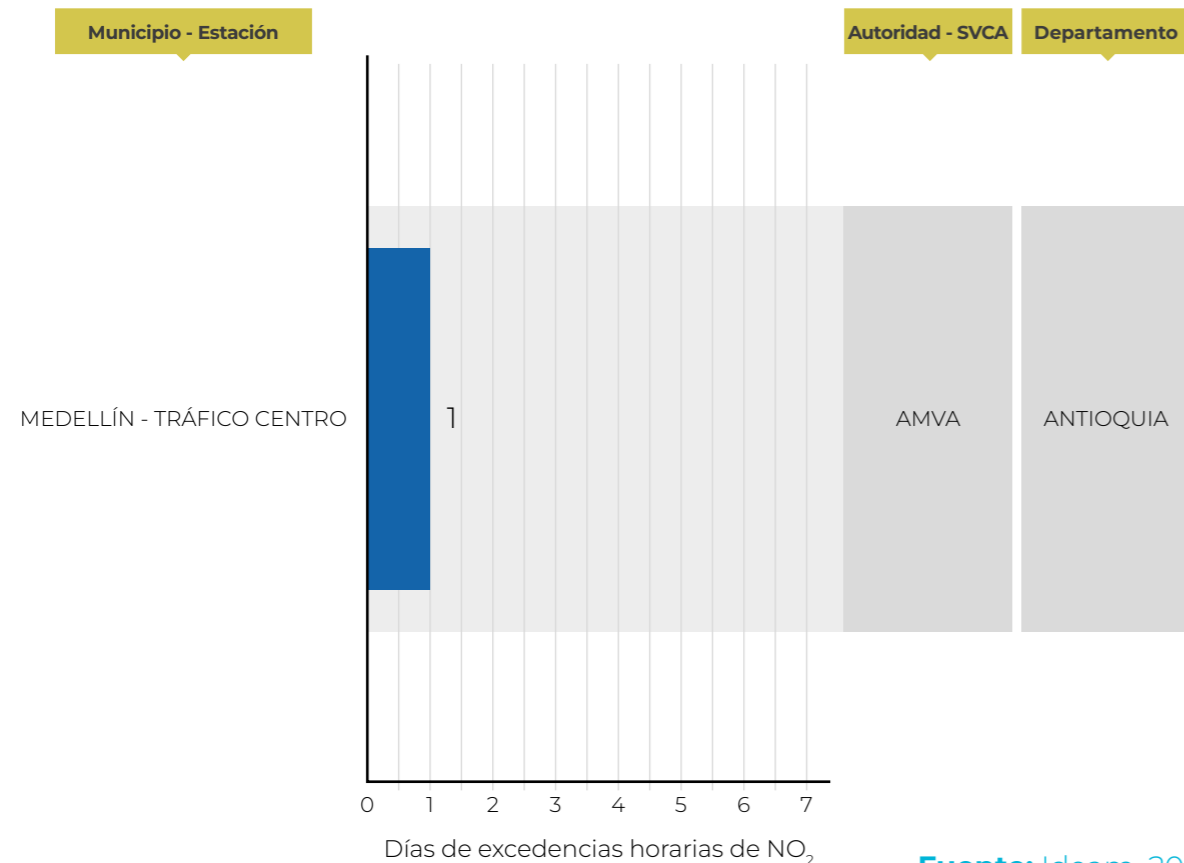
1 estación registró excedencias al nivel máximo permisible horario ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$), lo que corresponde al 3,7 % del total de las estaciones. Dicha estación corresponde a:

- Trafico-Centro (Medellín) con 1 día excediendo la norma horaria.

Es de señalar que, la estación en mención no reportó sobrepasos de la norma anual; de acuerdo con la serie temporal se presentó un muy corto episodio de contaminación, el cual posiblemente estaría asociado a una mayor incidencia del tráfico vehicular cercano y condiciones meteorológicas más favorable para la dispersión de este contaminante.

Se mantuvo el mismo número de estaciones que registraron excedencias al nivel máximo permisible horario, con respeto al año 2020.

Figura 25. Días con excedencias al nivel máximo permisible horario de Dióxido de Nitrógeno – estaciones representativas, año 2021



Fuente: Ideam, 2021

4.3.3. Índice de calidad del aire

27 estaciones reportaron representatividad temporal adecuada

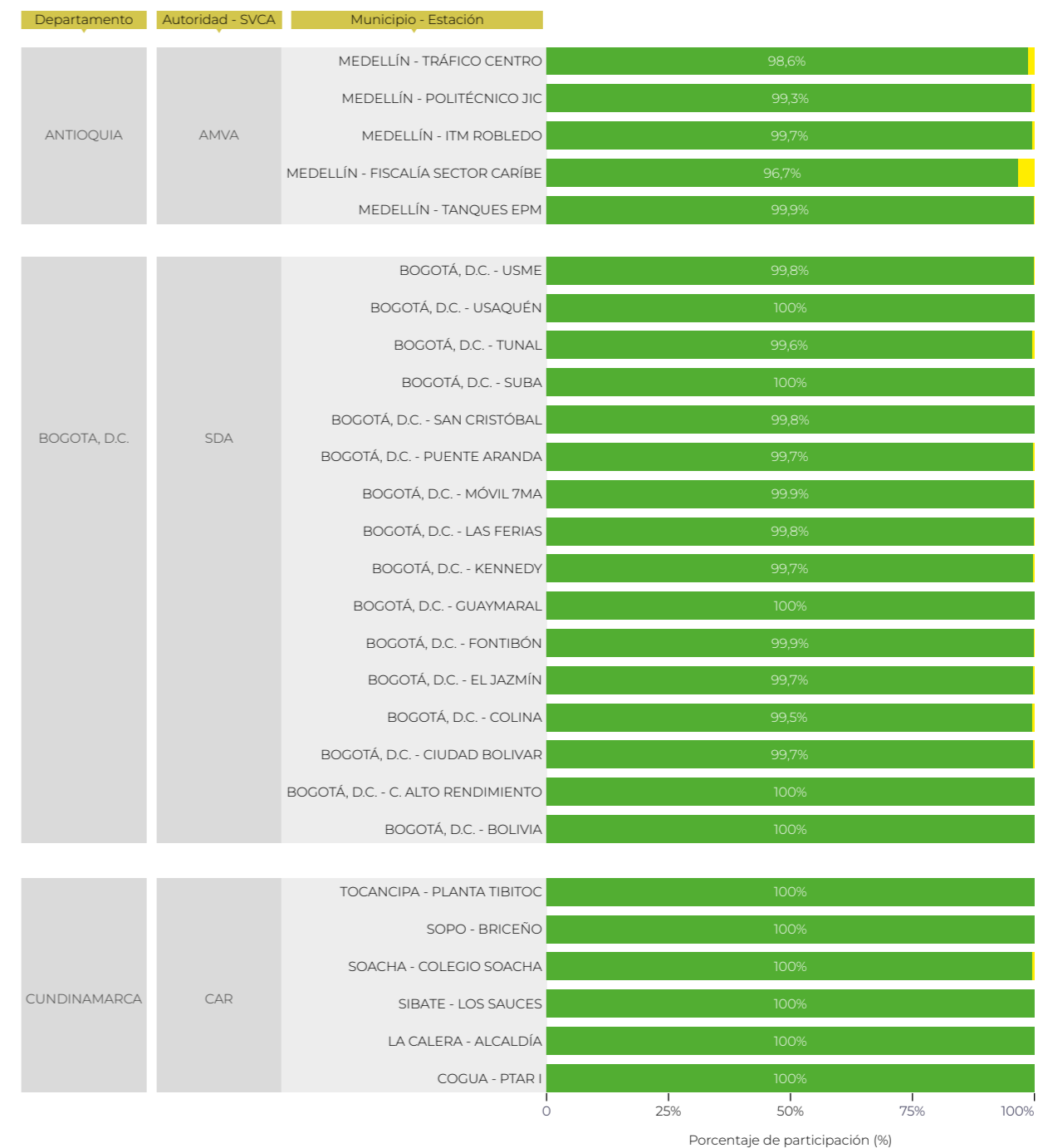
27 estaciones reportaron en proporciones mayoritarias (en más del 50 % del tiempo de monitoreo) un estado de la calidad del aire bueno.

17 estaciones reportaron la categoría aceptable, no obstante, dicha categoría se reportó en menos del 3,5 % del total del tiempo de monitoreo.

Ninguna estación reportó, para el 2021, las categorías:

- Dañina a la salud de grupos poblacionales sensibles
- Dañina a la salud

Figura 26. Proporción de datos del Índice de calidad del aire para Dióxido de Nitrógeno – estaciones representativas, año 2021



Categoría ICA

- Buena
- Aceptable
- Dañina a la salud de grupos sensibles
- Dañina a la salud

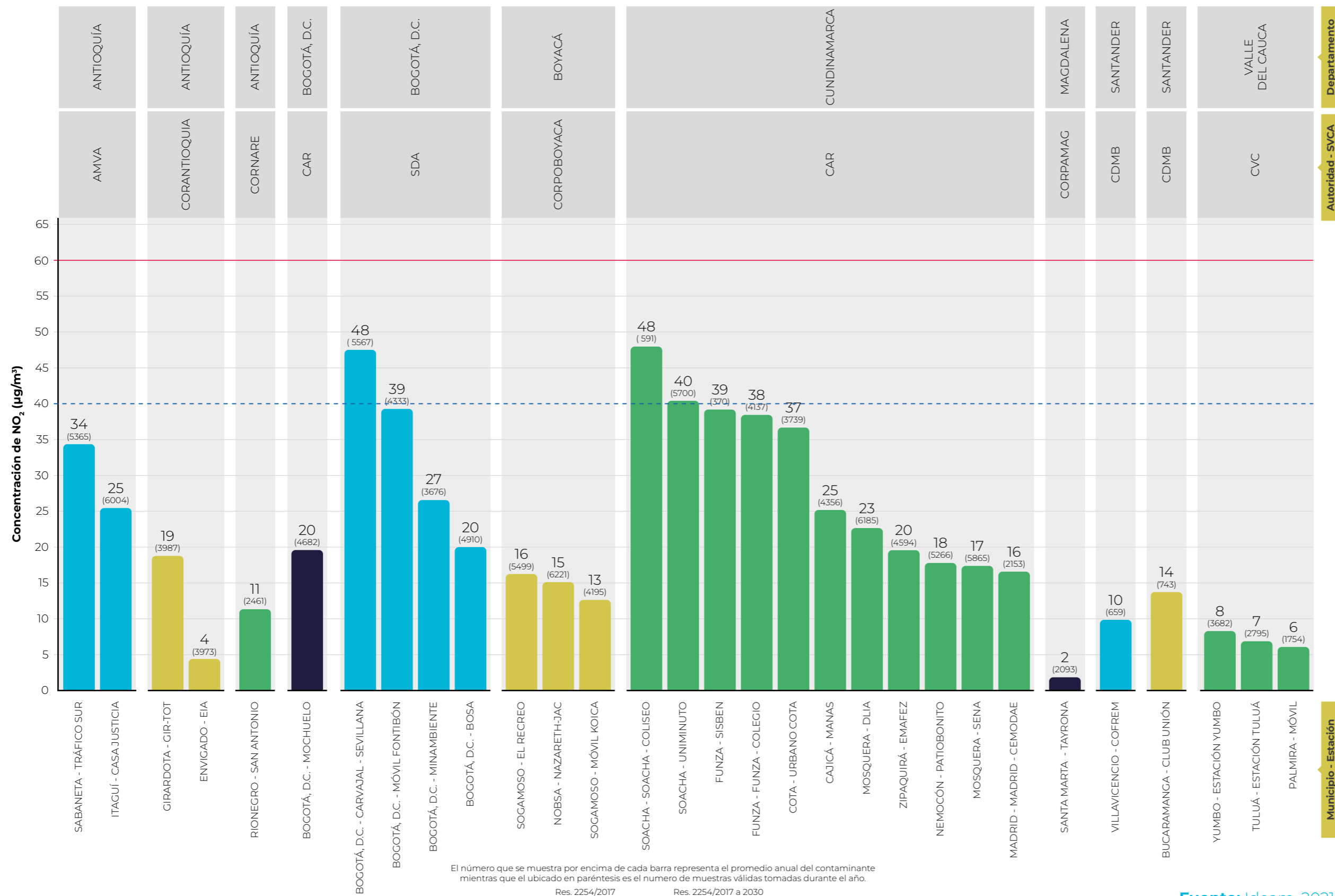
Fuente: Ideam, 2021



4.3.4. Concentraciones promedio anuales - indicativas



Figura 27. Concentraciones anuales de Dióxido de Nitrógeno – estaciones no representativas, año 2021



30

estaciones no cumplieron con el porcentaje de representatividad temporal mínimo (75 %) ni con el mínimo de datos diarios (18).

Aumentaron en **25 %** las estaciones que no cumplieron con dichos criterios de calidad, en relación con el año 2020.

30

estaciones cumplieron de forma indicativa con el nivel máximo permisible anual vigente (60 µg/m³).

27

estaciones cumplieron de forma indicativa con el nivel máximo permisible anual proyectado a 2030 (40 µg/m³).

Aunque ninguna estación sobrepasó la norma anual, es necesario que las autoridades ambientales competentes, orienten esfuerzos técnicos y operativos que permitan mejorar la calidad del dato y aportar valiosa información para el entendimiento y seguimiento de este contaminante en el área de influencia, que soporte la toma de decisiones.

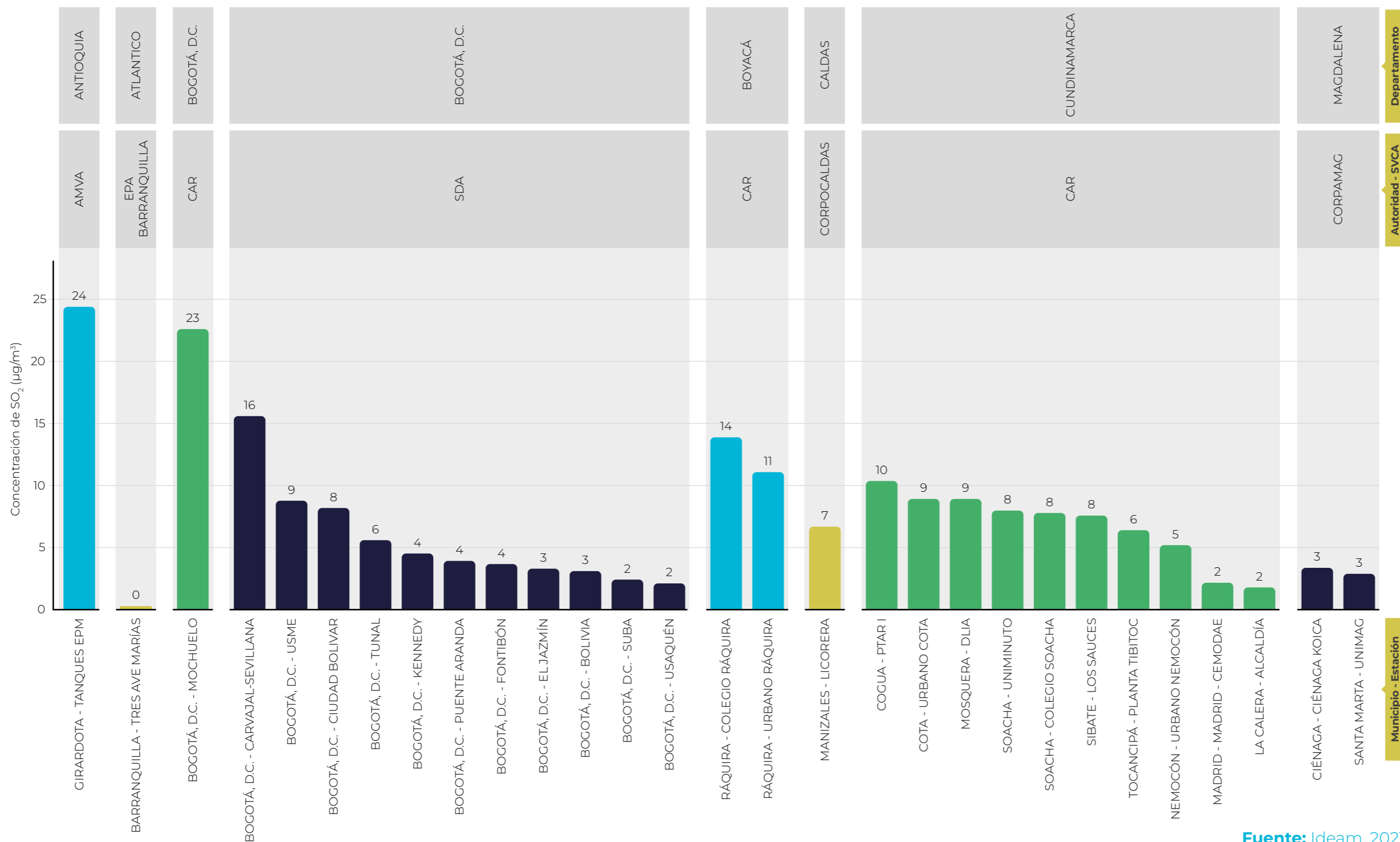
Fuente: Ideam, 2021



4.4. Dióxido de Azufre - SO₂

4.4.1. Concentraciones promedio anuales

Figura 28. Concentraciones anuales de Dióxido de Azufre – estaciones representativas, año 2021



29

estaciones con representatividad temporal adecuada (con respecto a tiempos de medición de 1 hora).

Las concentraciones anuales de este contaminante oscilaron entre 0,3 y 24,4 µg/m³.

Las estaciones de monitoreo que señalaron las máximas concentraciones (superiores a 15 µg/m³) se ubican en:

- ▶ Girardota, Antioquia
- ▶ Bogotá D.C. (2)

Las estaciones con concentraciones medias comprendidas entre 10 y 15 µg/m³ se ubican en:

- ▶ Ráquira, Cundinamarca (2)
- ▶ Cogua, Cundinamarca

En las restantes 23 estaciones se reportaron concentraciones anuales, consideradas bajas (inferiores a 10 µg/m³).

Estas concentraciones anuales se presentan de manera indicativa, debido a que la normativa vigente (Resolución 2254 de 2017) para SO₂, no considera nivel máximo permisible para un periodo de exposición prolongado (anual), por tal motivo no se realiza la respectiva comparación normativa.

Fuente: Ideam, 2021



4.4.2. Excedencias al nivel máximo permisible horario

7 estaciones registraron excedencias al nivel máximo permisible horario ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$), lo que corresponde al **22,6 %** del total de las estaciones.

La estación que reportó más días excediendo la norma horaria corresponde a:

- Tanques EPM (Girardota) con 73 días

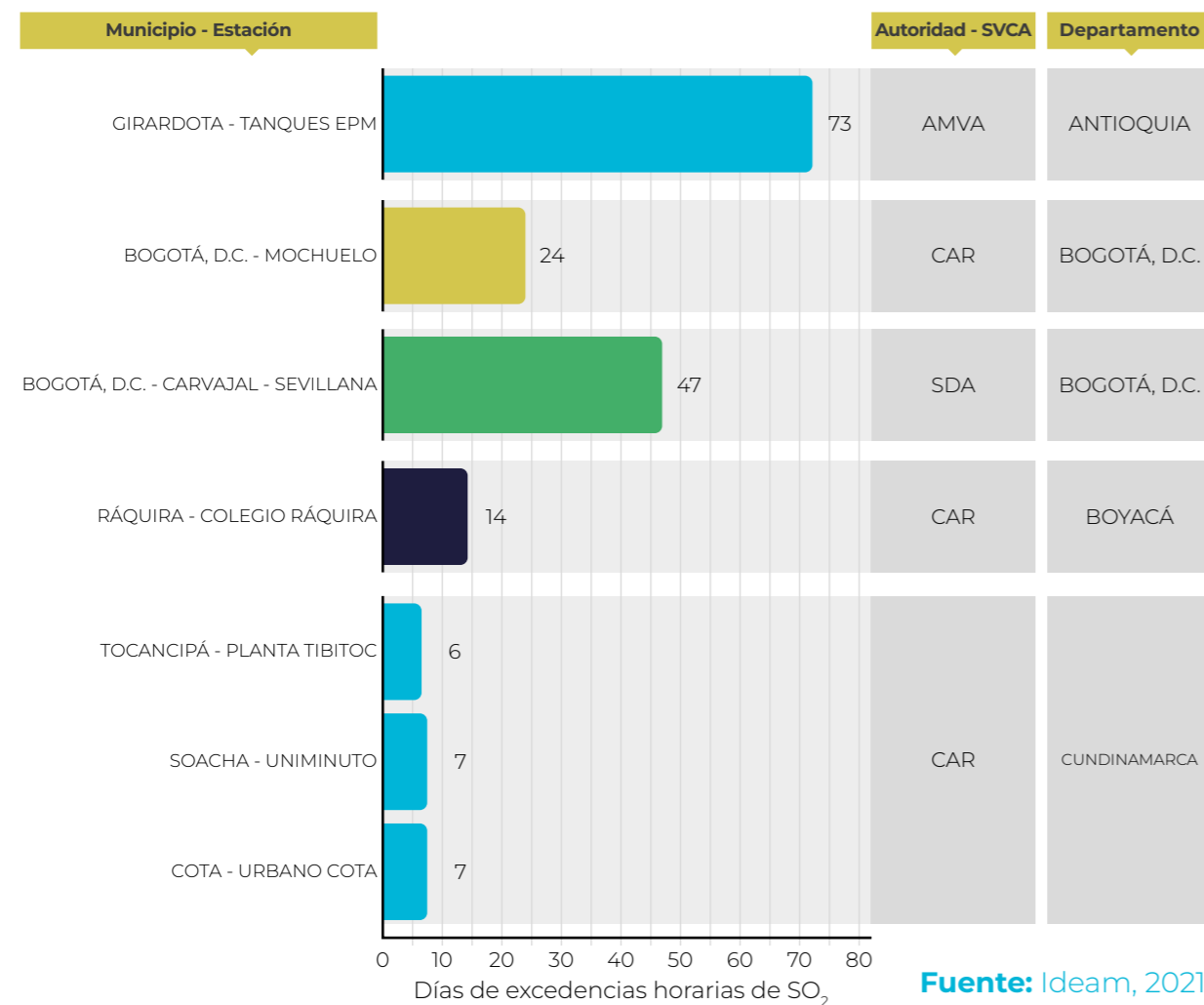
En segunda instancia la estación que reportó el mayor número de días excediendo la norma horaria, corresponde a:

- Carvajal-Sevillana (Bogotá D.C.) con 47 días

Las restantes **5** estaciones reportaron entre 6 y 24 días excediendo la norma horaria.

Disminuyeron en un **50 %** las estaciones que registraron excedencias al nivel máximo permisible diario, con respecto al año 2020.

Figura 29. Días con excedencias al nivel máximo permisible horario de Dióxido de Azufre – estaciones representativas, año 2021



4.4.3. Índice de calidad del aire

31

estaciones reportaron representatividad temporal adecuada (con respecto a tiempos de exposición de 1 hora)

31

estaciones reportaron en proporciones mayoritarias (en más del 50 % del tiempo de monitoreo) un estado de la calidad del aire bueno.

17

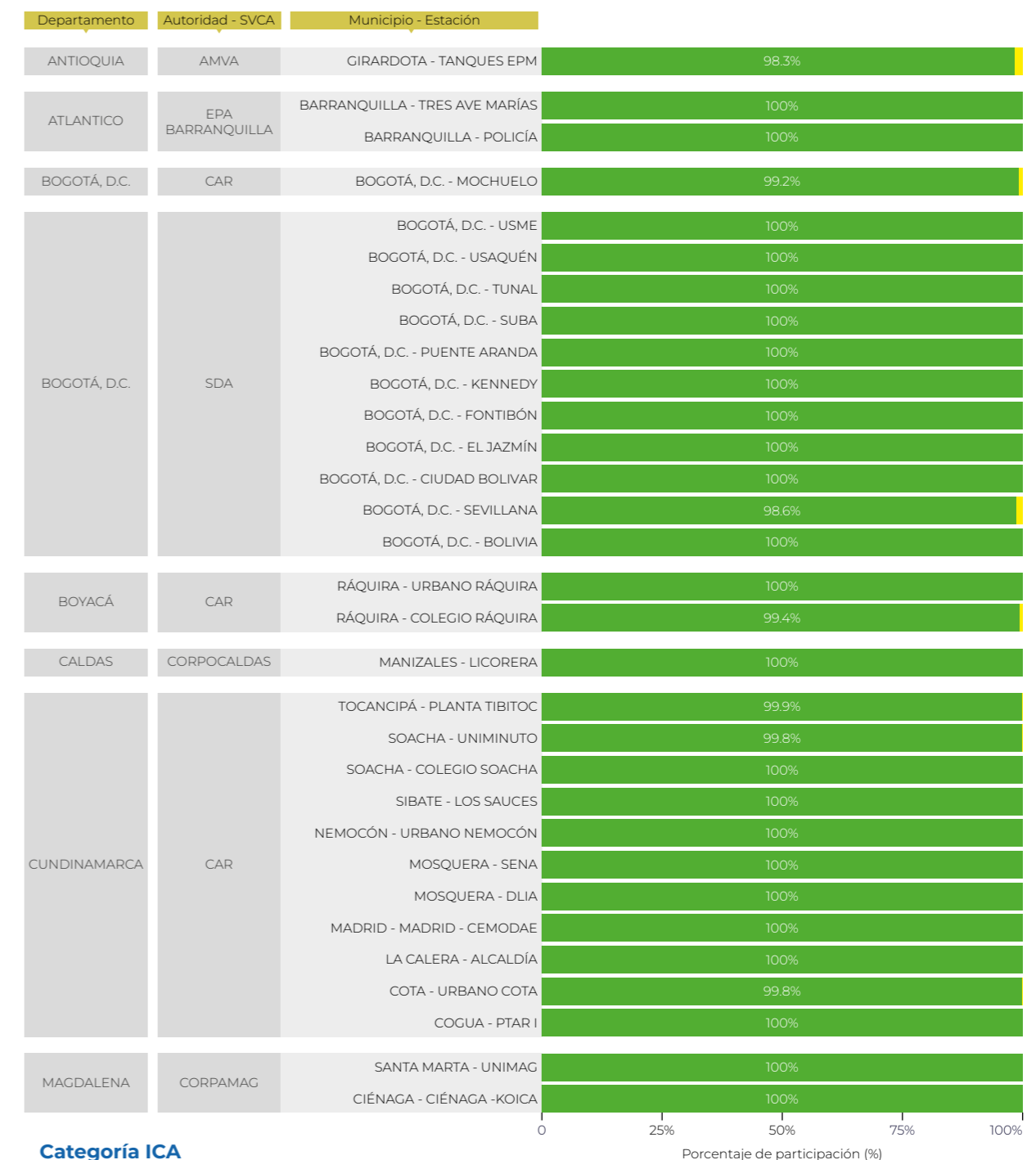
estaciones reportaron la categoría aceptable, no obstante, dicha categoría se reportó en menos del 1,8 % del total del tiempo de monitoreo.

Ninguna estación reportó, para el 2021, las categorías:

Dañina a la salud de grupos poblacionales sensibles

Dañina a la salud

Figura 30. Proporción de datos del Índice de calidad del aire para Dióxido de Azufre – estaciones representativas, año 2021



Categoría ICA

Buena Aceptable Dañina a la salud de grupos sensibles Dañina a la salud

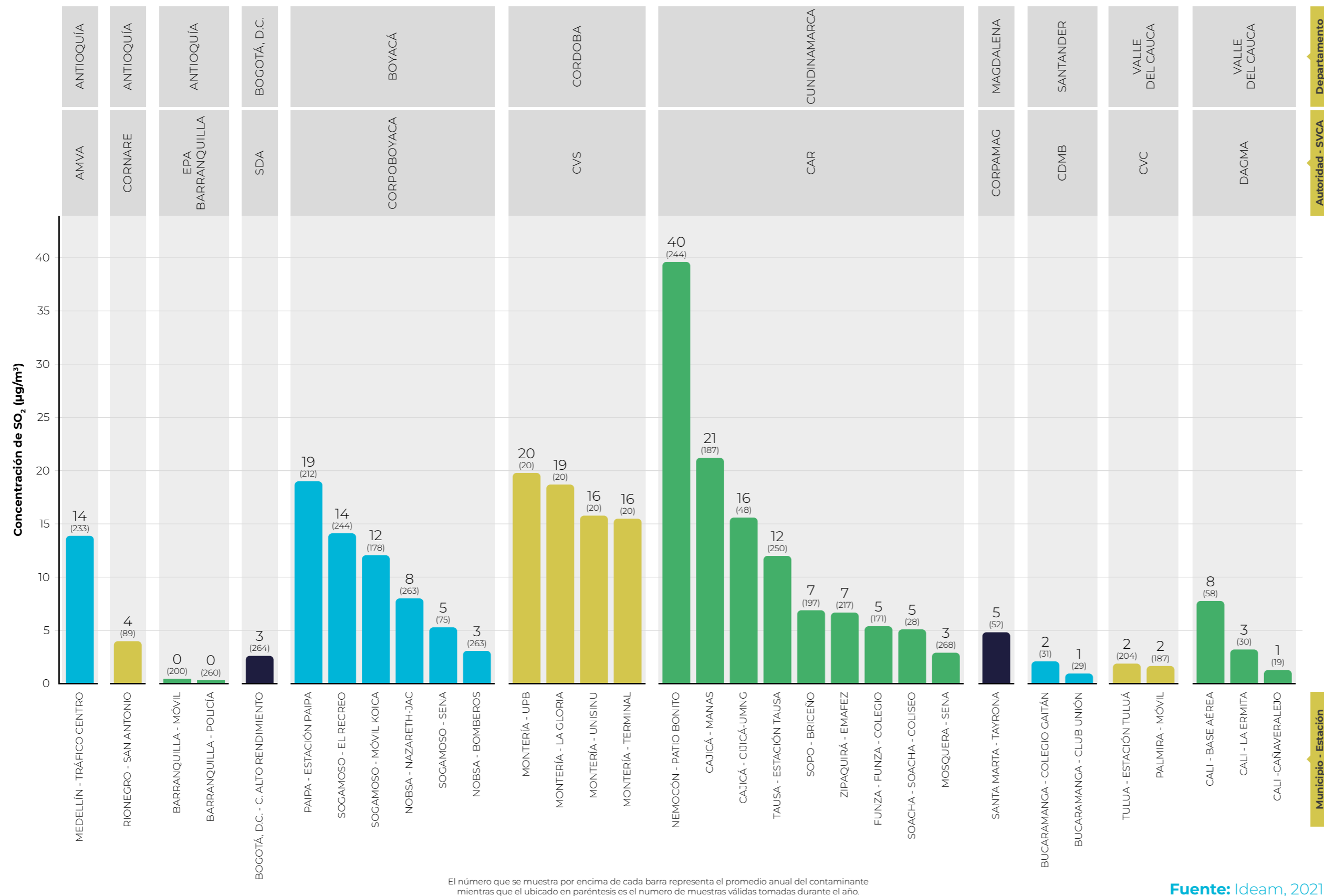
Fuente: Ideam, 2021



4.4.4. Concentraciones promedio anuales - indicativas



Figura 31. Concentraciones anuales Dióxido de Azufre – estaciones no representativas, año 2021



El número que se muestra por encima de cada barra representa el promedio anual del contaminante mientras que el ubicado en paréntesis es el número de muestras válidas tomadas durante el año.

Fuente: Ideam, 2021

32

estaciones no cumplieron con el porcentaje de representatividad temporal mínimo del **75 %** (con respecto a tiempos de medición de 24 horas) ni con el mínimo de datos diarios (18).

Disminuyeron en **14 %** las estaciones que no cumplieron con dichos criterios de calidad, en relación con el año 2020.

Se debe prestar especial atención a la estación de Patio Bonito en Nemocón (Cundinamarca) ya que reflejó la máxima concentración anual (indicativa).

Es necesario que las autoridades ambientales competentes, orienten esfuerzos técnicos y operativos que permitan mejorar la calidad del dato y aportar información valiosa para el entendimiento y seguimiento de este contaminante en el área de influencia, que soporte la toma de decisiones.



4.5. Ozono troposférico - O₃

4.5.1. Concentraciones promedio anuales

32

estaciones con representatividad temporal adecuada.

Las concentraciones anuales de este contaminante reflejaron una baja variabilidad, dado que oscilaron entre 13,2 y 33,6 µg/m³, reportándose en su mayoría, niveles superiores a los 20 µg/m³.

Las estaciones de monitoreo que señalaron las máximas concentraciones (superiores a 30 µg/m³) se ubican en:

- ▶ Bogotá D.C. (Usaquén)
- ▶ Santa Marta, Magdalena

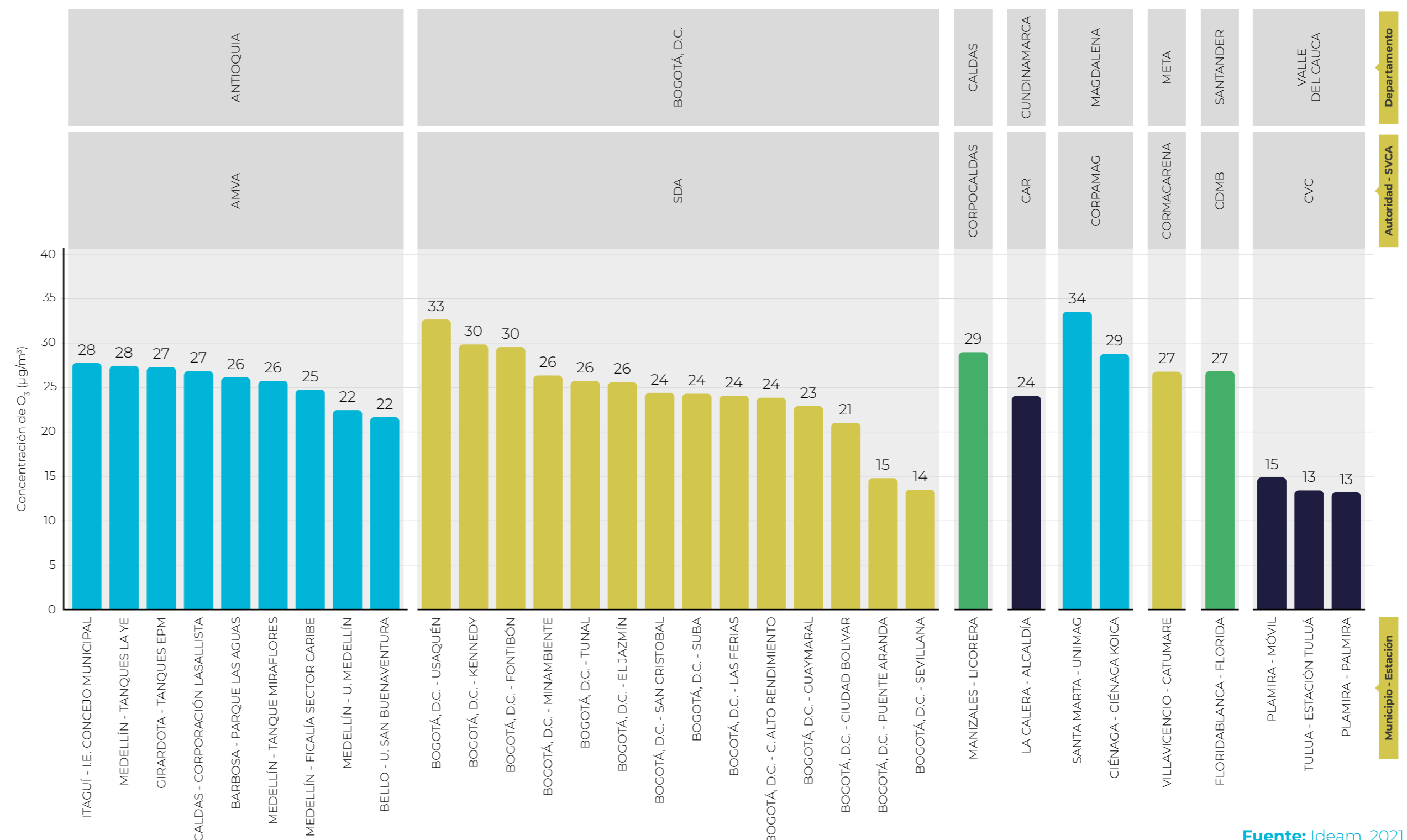
Entre tanto, las concentraciones más bajas (inferiores a los 15 µg/m³) se registraron en 5 estaciones:

- ▶ Bogotá D.C. (Puente Aranda y Carvajal-Sevillana)
- ▶ Palmira (2) y Tuluá (Valle del Cauca)

Estas concentraciones anuales se presentan de manera indicativa, debido a que la normativa vigente (Resolución 2254 de 2017) para O₃, no considera nivel máximo permisible para un periodo de exposición prolongado (anual), por tal motivo no se realiza la respectiva comparación normativa.



Figura 32. Concentraciones anuales de Ozono – estaciones representativas, año 2021



Fuente: Ideam, 2021



4.5.2. Excedencias al nivel máximo permisible octohorario

14 estaciones registraron excedencias al nivel máximo permisible octohorario (100 µg/m³), lo que corresponde al 43,8 % del total de las estaciones.

Las estaciones que reportaron más días excediendo la norma octohoraria corresponden a:

- ▶ Tanque Miraflores (Medellín) con 17 días
- ▶ Concejo Municipal (Itagüí) con 17 días

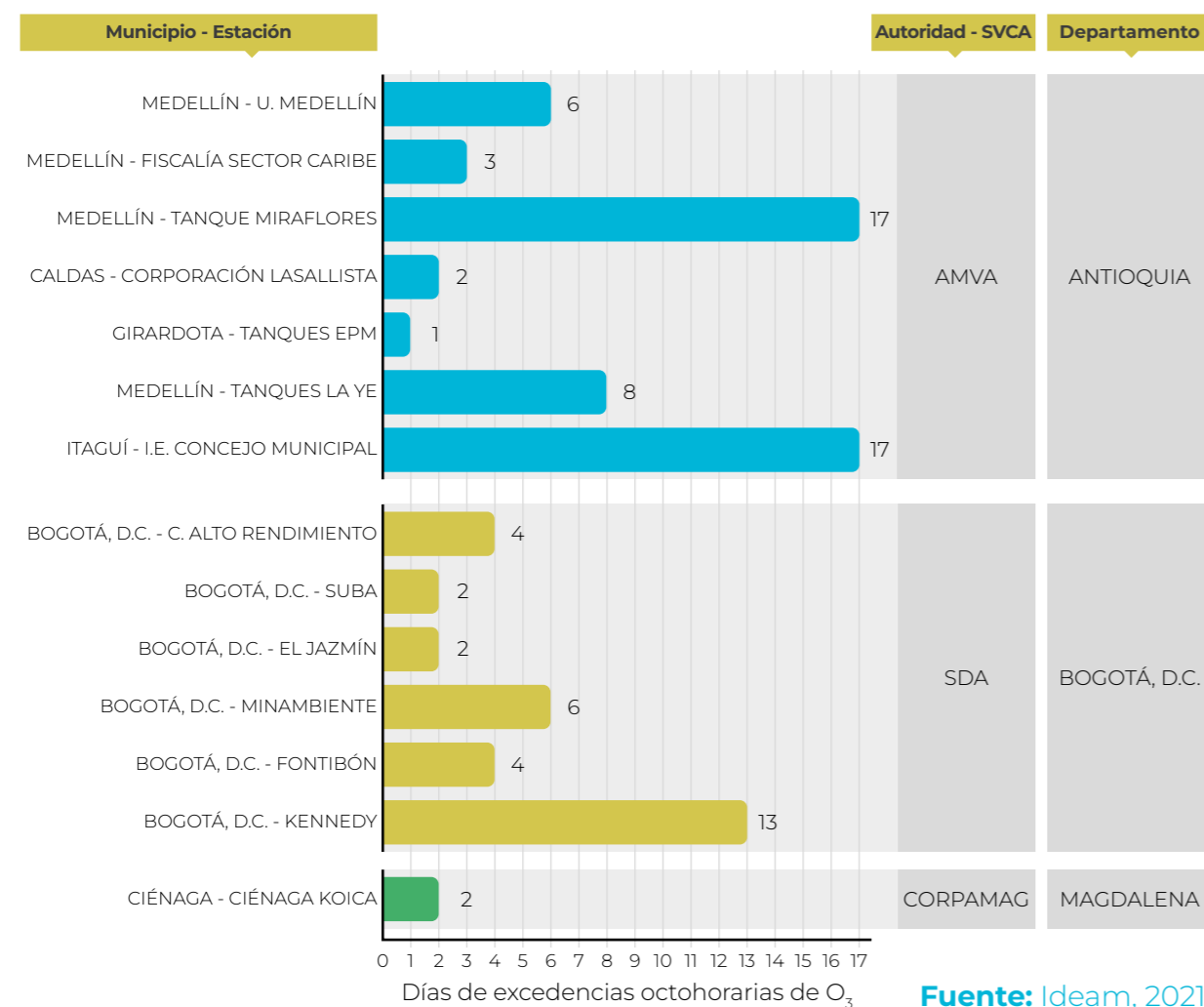
En segunda instancia la estación que reportó el mayor número de días excediendo la norma octohoraria, corresponde a:

- ▶ Kennedy (Bogotá D.C.) con 13 días

Las restantes 11 estaciones reportaron entre 1 y 8 días excediendo la norma octohoraria.

Disminuyó en un 18 % las estaciones que registraron excedencias al nivel máximo permisible octohorario, con respecto al año 2020.

Figura 33. Días con excedencias al nivel máximo permisible octohorario de Ozono – estaciones representativas, año 2021



Fuente: Ideam, 2021

4.5.3. Índice de calidad del aire

32

estaciones reportaron representatividad temporal adecuada

32

estaciones reportaron en proporciones mayoritarias (en más del 50 % del tiempo de monitoreo) un estado de la calidad del aire bueno.

5

estaciones reportaron la categoría aceptable, no obstante, dicha categoría se reportó en menos del 0,5 % del total del tiempo de monitoreo.

Ninguna estación reportó, para el 2021, las categorías:



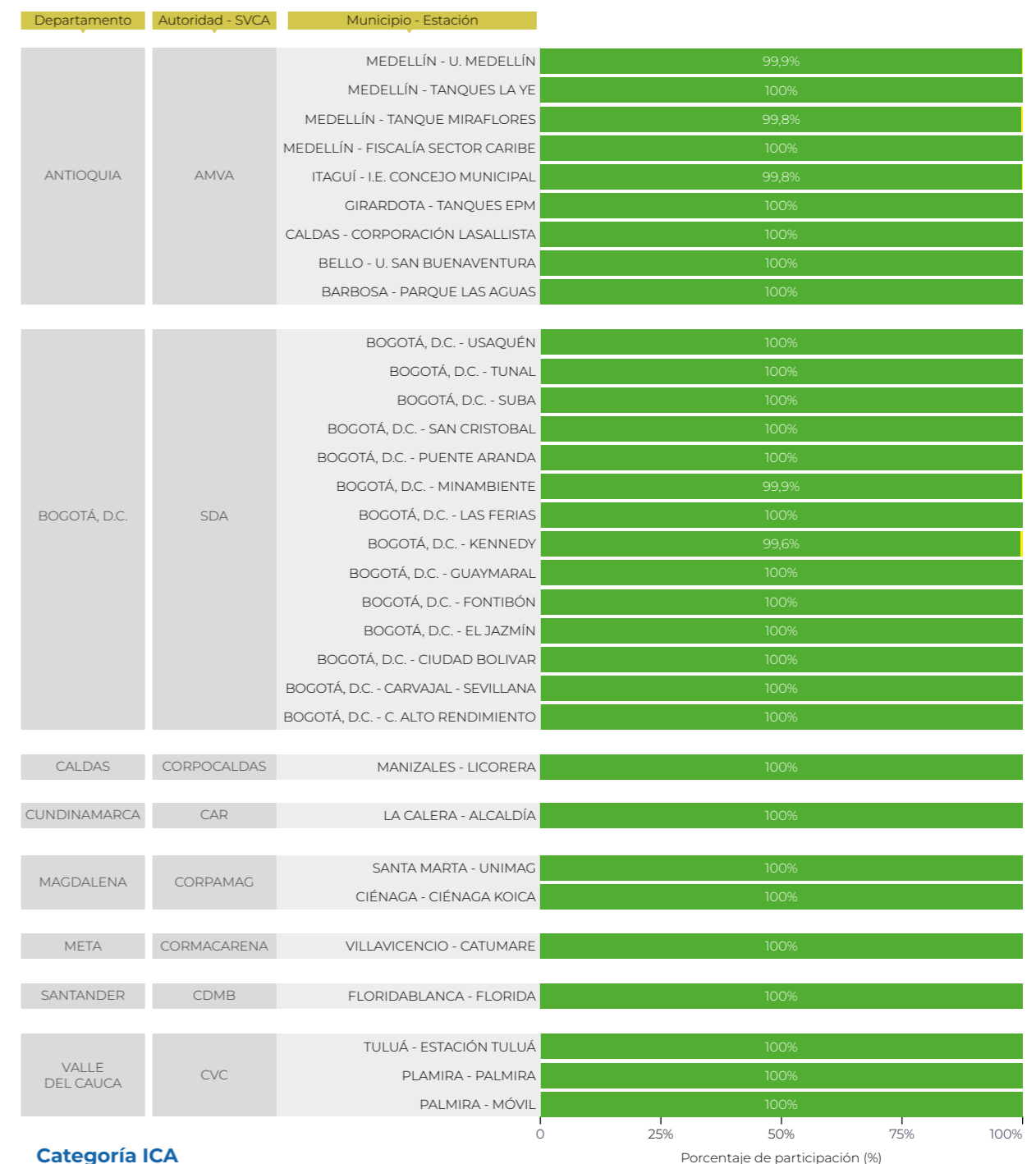
Dañina a la salud de grupos poblacionales sensibles



Dañina a la salud



Figura 34. Proporción de datos del Índice de calidad del aire para Ozono – estaciones representativas, año 2021



Categoría ICA



Buena



Aceptable



Dañina a la salud de grupos sensibles



Dañina a la salud

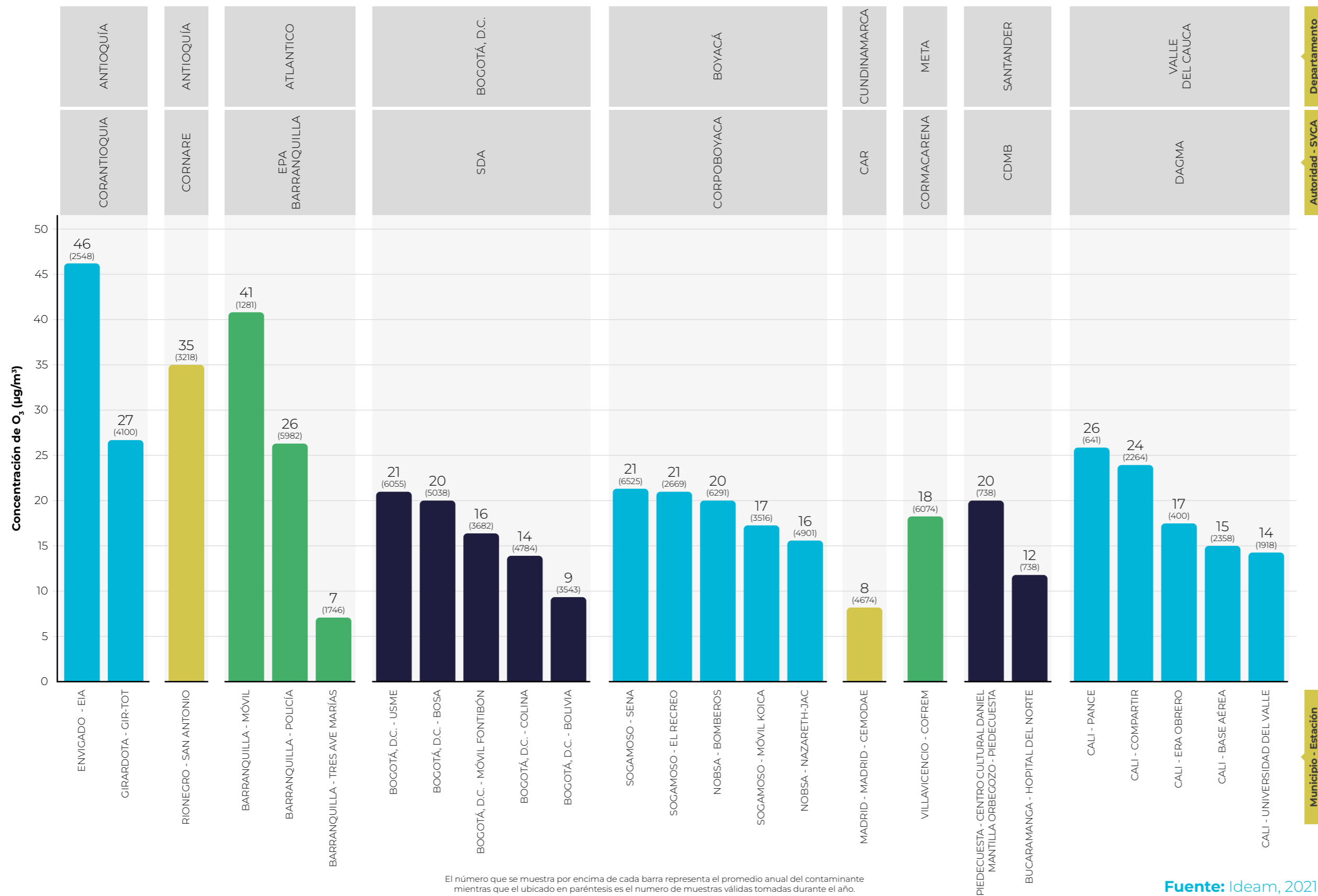
Fuente: Ideam, 2021



4.5.4. Concentraciones promedio anuales - indicativas



Figura 35. Concentraciones anuales de Ozono – estaciones no representativas, año 2021



El número que se muestra por encima de cada barra representa el promedio anual del contaminante mientras que el ubicado en paréntesis es el número de muestras válidas tomadas durante el año.

Fuente: Ideam, 2021

25

estaciones no cumplieron con el porcentaje de representatividad temporal mínimo (75 %).

Disminuyeron en **4 %** las estaciones que no cumplieron con dicho criterio de calidad, en relación con el año 2020.

Se debe prestar especial atención a las estaciones EIA (Envigado, Antioquia), Móvil (Barranquilla, Atlántico) y San Antonio (Rionegro, Antioquia), dado que reflejaron las máximas concentraciones anuales (indicativas).

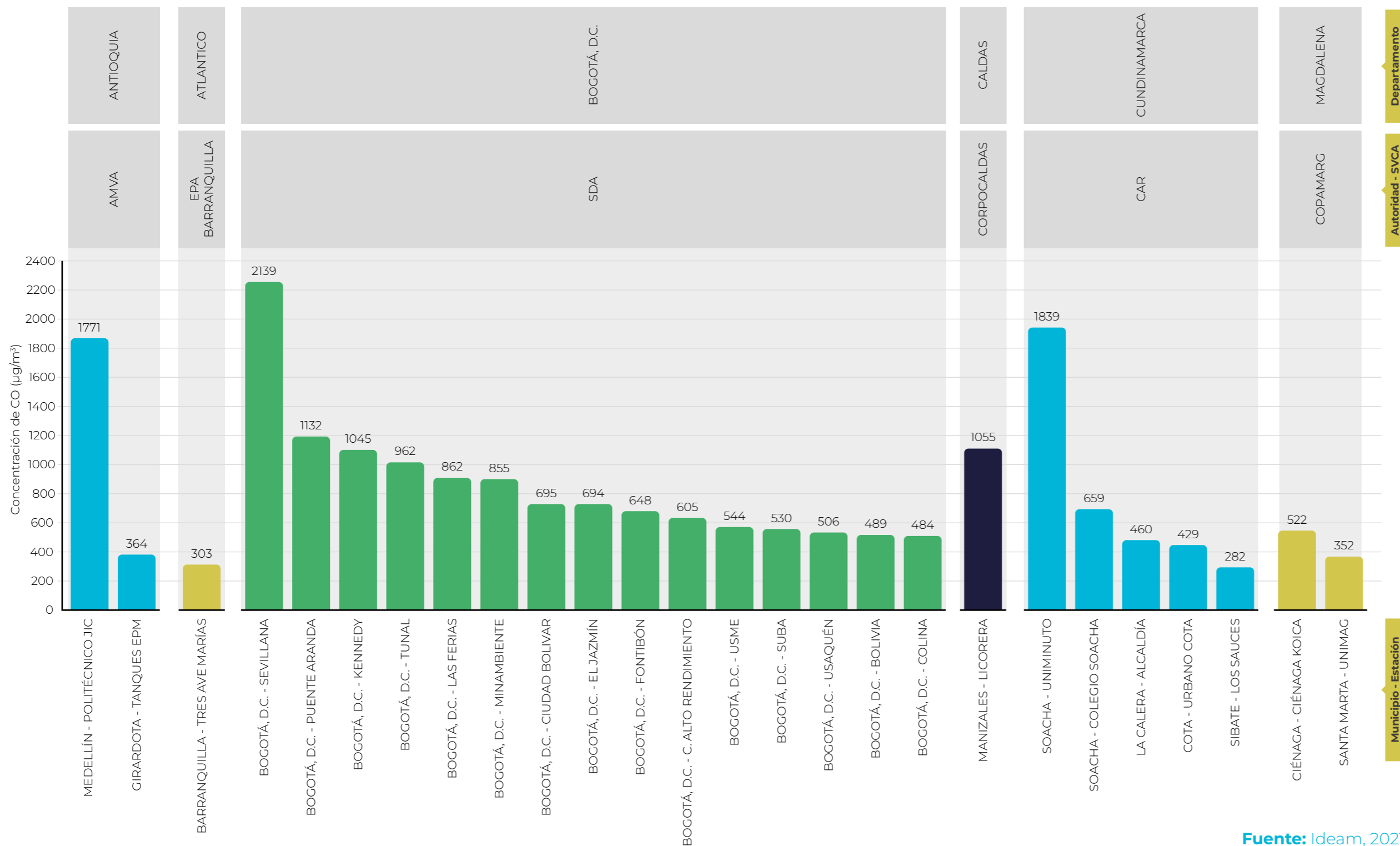
Es necesario que las autoridades ambientales competentes, orienten esfuerzos técnicos y operativos que permitan mejorar la calidad del dato y aportar información valiosa para el entendimiento y seguimiento de este contaminante en el área de influencia, que soporte la toma de decisiones.



4.6. Monóxido de Carbono - CO

4.6.1. Concentraciones promedio anuales

Figura 36. Concentraciones anuales de Monóxido de Carbono – estaciones representativas, año 2021



26

estaciones con representatividad temporal adecuada.

Las concentraciones anuales de este contaminante oscilaron entre 282,4 y 2138,7 µg/m³.

En **6** estaciones de monitoreo se registraron concentraciones superiores a 1000 µg/m³, estas estaciones se ubican en:

- ▶ Medellín, Antioquia
- ▶ Bogotá D.C. (3)
- ▶ Manizales, Caldas
- ▶ Soacha, Cundinamarca

En **12** estaciones se registraron concentraciones medias comprendidas entre 500 y 1000 µg/m³, estas estaciones por lo general se ubican en la ciudad de Bogotá.

En las restantes **8** estaciones se reportaron concentraciones anuales, consideradas bajas (inferiores a 500 µg/m³).

Estas concentraciones anuales se presentan de manera indicativa, debido a que la normativa vigente (Resolución 2254 de 2017) para CO, no considera nivel máximo permisible para un periodo de exposición prolongado (anual), por tal motivo no se realiza la respectiva comparación normativa.

Fuente: Ideam, 2021



4.6.2. Excedencias al nivel máximo permisible octohorario

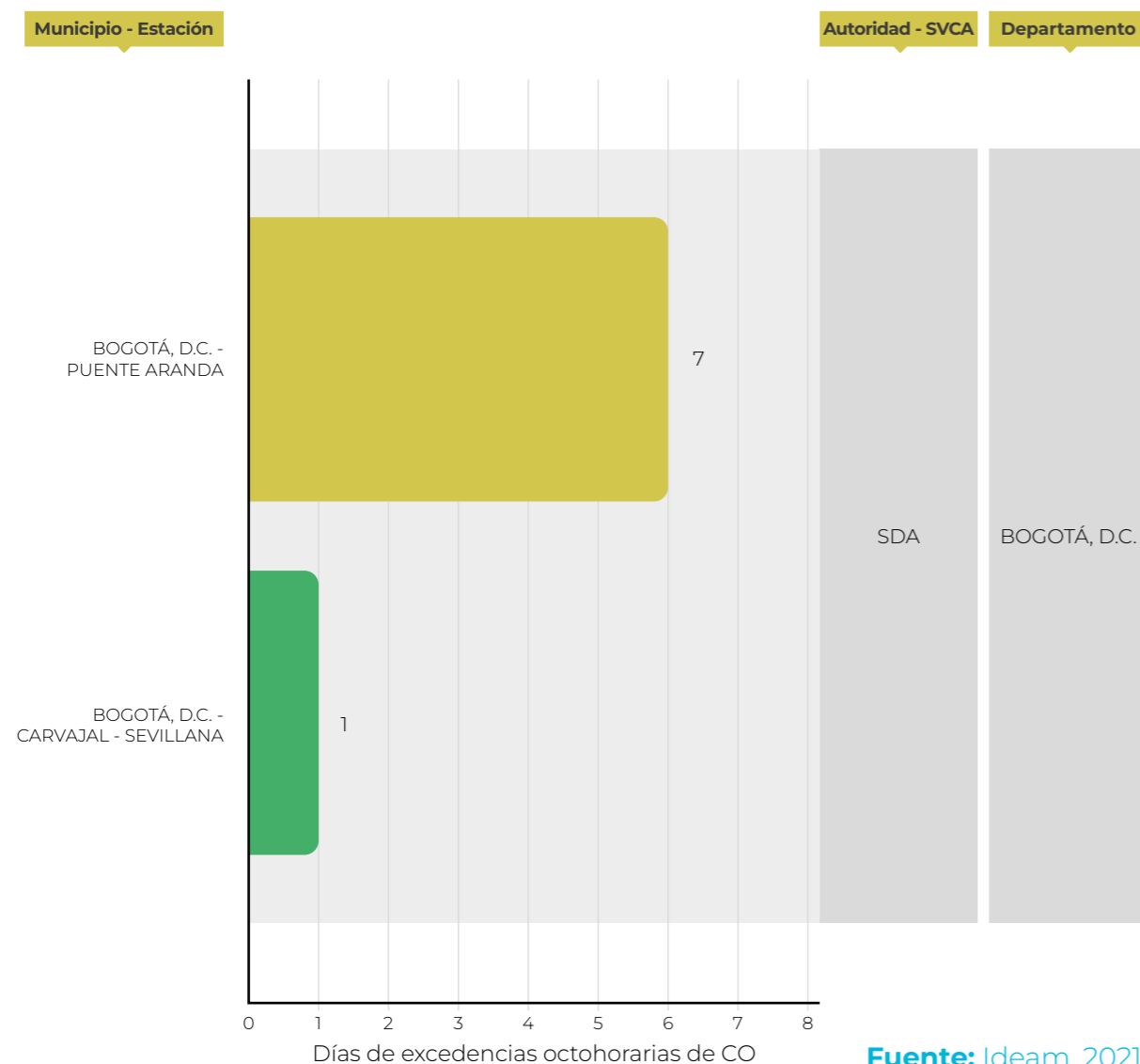
2 estaciones registraron excedencias al nivel máximo permisible octohorario (5000 µg/m³), lo que corresponde al **7,7** % del total de las estaciones.

Dichas estaciones reportaron hasta 7 días excediendo la norma octohoraria:

- ▶ Puente Aranda (Bogotá D.C.) con 7 días
- ▶ Carvajal-Sevillana (Bogotá D.C.) con 1 día

Se duplicaron las estaciones que registraron excedencias al nivel máximo permisible octohorario, con respecto al año 2020

Figura 37. Días con excedencias al nivel máximo permisible octohorario de Monóxido de Carbono – estaciones representativas, año 2021



4.6.3. Índice de calidad del aire

26

estaciones reportaron representatividad temporal adecuada

26

estaciones reportaron en proporciones mayoritarias (en más del 50 % del tiempo de monitoreo) un estado de la calidad del aire bueno.

2

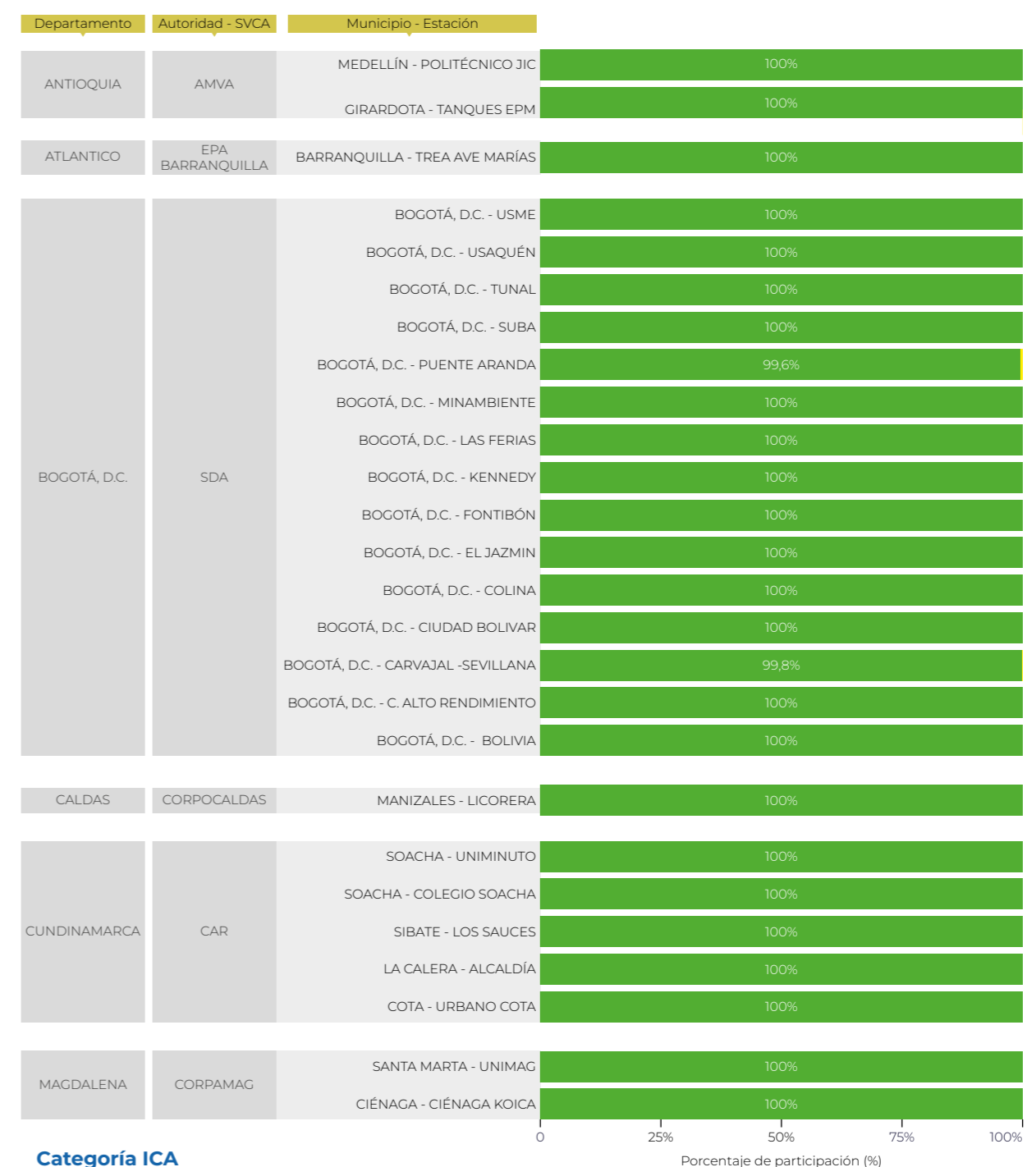
estaciones reportaron la categoría aceptable, no obstante, dicha categoría se reportó en menos del 0,5 % del total del tiempo de monitoreo.

Ninguna estación reportó, para el 2021, las categorías:

Dañina a la salud de grupos poblacionales sensibles

Dañina a la salud

Figura 38. Proporción de datos del Índice de calidad del aire para Monóxido de Carbono – estaciones representativas, año 2021



Categoría ICA

Buena Aceptable Dañina a la salud de grupos sensibles Dañina a la salud

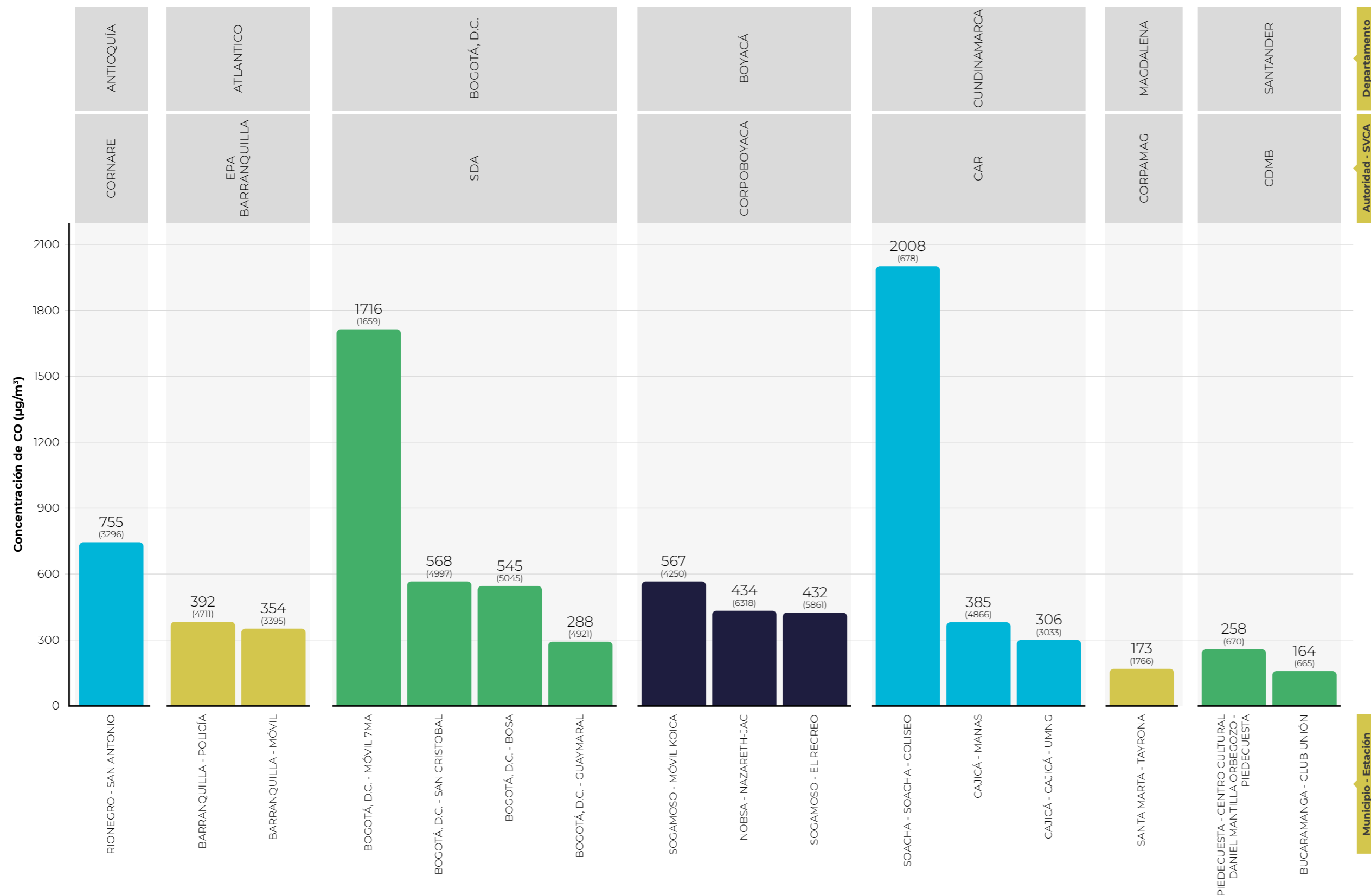
Fuente: Ideam, 2021



4.6.4. Concentraciones promedio anuales - indicativas



Figura 39. Concentraciones anuales de Monóxido de Carbono – estaciones no representativas, año 2021



El número que se muestra por encima de cada barra representa el promedio anual de contaminante mientras que el ubicado en paréntesis es el número de muestras válidas tomadas durante el año.

Fuente: Ideam, 2021

16

estaciones no cumplieron con el porcentaje de representatividad temporal mínimo (75 %).

Se mantuvo el número de estaciones que no cumplieron con dicho criterio de calidad, en relación con el año 2020.

Se debe prestar especial atención a las estaciones Móvil 7ma (Bogotá D.C) y Coliseo (Soacha, Cundinamarca), dado que reflejaron las máximas concentraciones anuales (indicativas).

Es necesario que las autoridades ambientales competentes, orienten esfuerzos técnicos y operativos que permitan mejorar la calidad del dato y aportar información valiosa para el entendimiento y seguimiento de este contaminante en el área de influencia, que soporte la toma de decisiones.



05

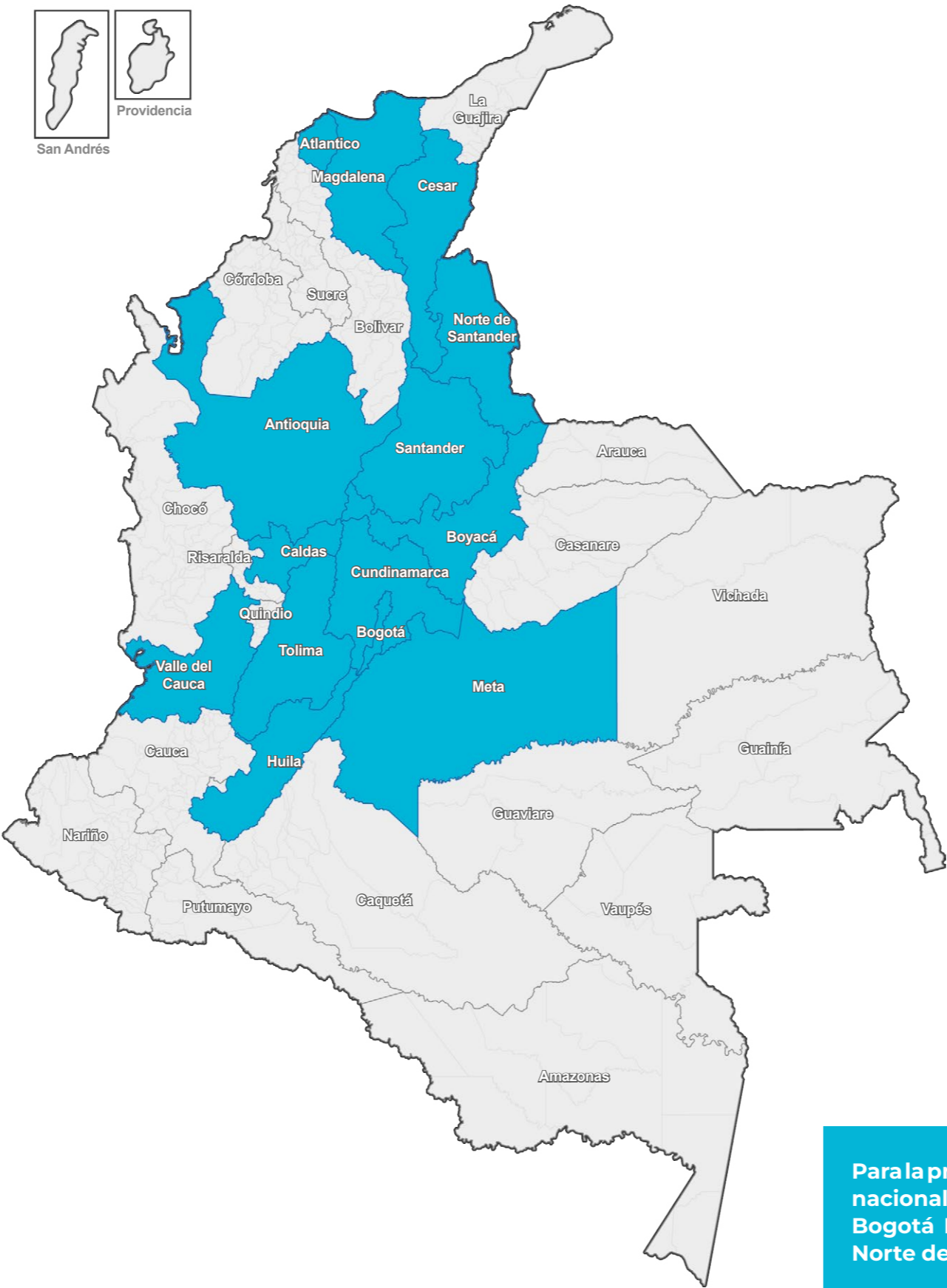
Estado de la calidad del aire regional





Infografía 15. Departamentos evaluados en conformidad con la jurisdicción territorial de las autoridades ambientales

<p>1. ANTIOQUIA</p>	<p>2. ATLANTICO</p>
<p>3. BOGOTÁ, D.C.</p>	<p>4. BOYACÁ</p>
<p>5. CALDAS</p>	<p>6. CESAR</p>
<p>7. CUNDINAMARCA</p>	<p>8. HUILA</p>
<p>9. MAGDALENA</p>	<p>10. META</p>
<p>11. NORTE DE SANTANDER</p>	<p>12. SANTANDER</p>
<p>13. TOLIMA</p>	<p>14. VALLE DEL CAUCA</p>



En el presente capítulo se presenta un análisis regional de los contaminantes criterio: partículas menores a 10 micras, partículas menores a 2,5 micras, Dióxido de Azufre, Dióxido de Nitrógeno, Monóxido de Carbono y Ozono, evaluados por los SVCA que operaron en el año 2021 y cuyas series de datos temporales reportadas al SISAIRE cumplieron con una representatividad (o porcentaje de datos válidos) igual o superior al 75 %, exhibiendo:

Datos relevantes de los SVCA, estaciones de monitoreo, cobertura espacial y comportamiento de los contaminantes

- ▶ SVCA por departamento, número y tipo de estaciones de monitoreo
- ▶ Municipios con estaciones de monitoreo
- ▶ Mediante mapas se ilustra la ubicación de las respectivas estaciones
- ▶ Número de estaciones representativas que midieron cada contaminante
- ▶ Porcentajes de estaciones representativas cumpliendo la normativa vigente y respectiva proyección al año 2030

Concentraciones promedio anual y comparación normativa

- ▶ Para cada contaminante evaluado se presentan gráficamente las concentraciones promedio anual obtenidas a partir de las estaciones de monitoreo representativas, para el caso de los contaminantes que tienen comparación normativa anual se ilustra el límite permisible vigente (línea azul discontinua) y la proyección normativa a 2030 (línea roja discontinua).

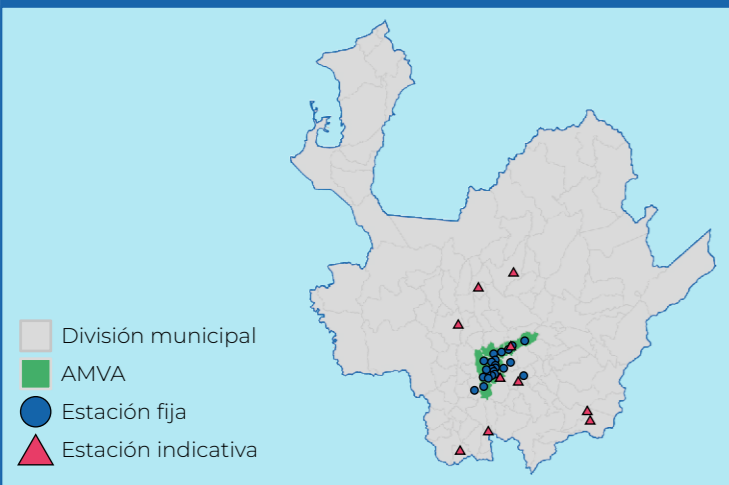
Índice de la Calidad del Aire

- ▶ Mediante mapas se ilustra el ICA, para las estaciones que refirieron representatividad temporal adecuada, se muestra la proporción de datos en las que se registran las diferentes categorías del estado de la calidad del aire estandarizadas en la Resolución 2254 de 2017, que permiten asociar la concentración de un contaminante con un potencial efecto a la salud humana (ver numeral 1.6.1).

Para la presentación del contenido mencionado se ha efectuado la disgregación nacional en catorce departamentos que corresponden a: Antioquia, Atlántico, Bogotá D.C, Boyacá, Caldas, Cesar, Cundinamarca, Huila, Magdalena, Meta, Norte de Santander, Norte de Santander, Santander, Tolima y Valle del Cauca.



Infografía 16.
Estado de la Calidad del Aire Regional
Departamento de Antioquia



- 3 SVCA:** Área Metropolitana del valle de Aburrá - AMVA: **36 estaciones**
- Corporación Autónoma Regional de Antioquia - **Corantioquia: 17 estaciones**
- Corporación Autónoma Regional de las cuencas de los ríos Negro y Nare - **Cornare: 5 estaciones**

58 Estaciones:
Estaciones fijas: **47**
Estaciones indicativas: **11**

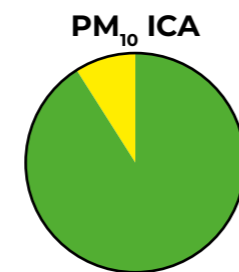
23 Municipios:

AMAGÁ	LA PINTADA
BARBOSA	MARINILLA
BELLO	MEDELLÍN
CALDAS	MEDELLÍN
CAUCASIA	RIONEGRO
COPACABANA	SABANETA
ENVIGADO	SAN JOSE DE LA MONTAÑA
GIRARDOTA	SANTA FE DE ANTIOQUIA
GUARNE	SONSON
ITAGUÍ	YARUMAL
JADÍN	YONDO
LA ESTRELLA	

18 estaciones con representatividad temporal.

88 % de las estaciones cumplieron con el nivel máximo permisible anual vigente.

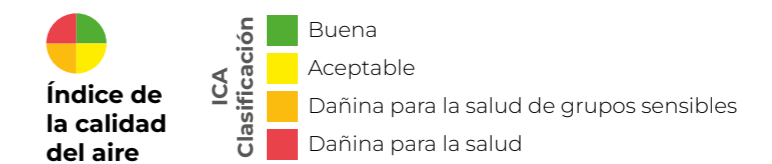
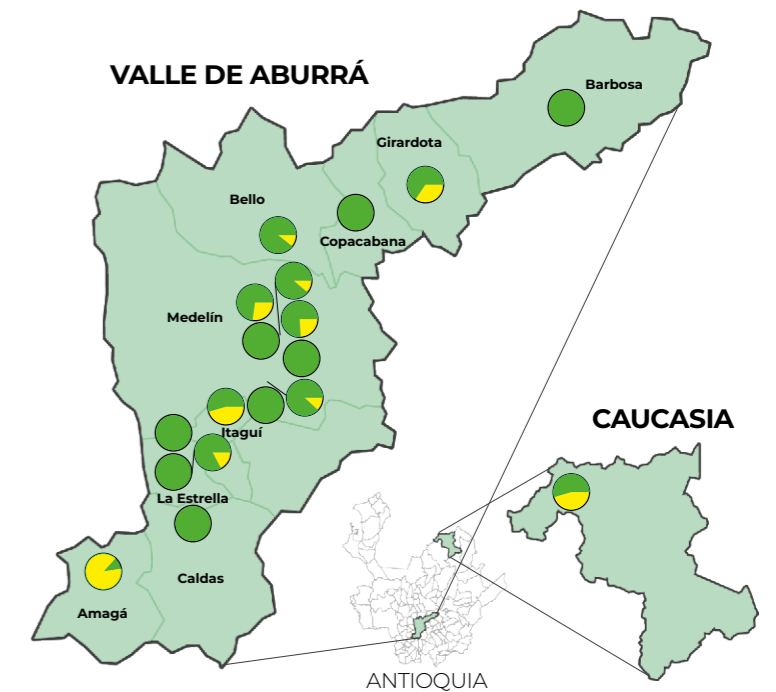
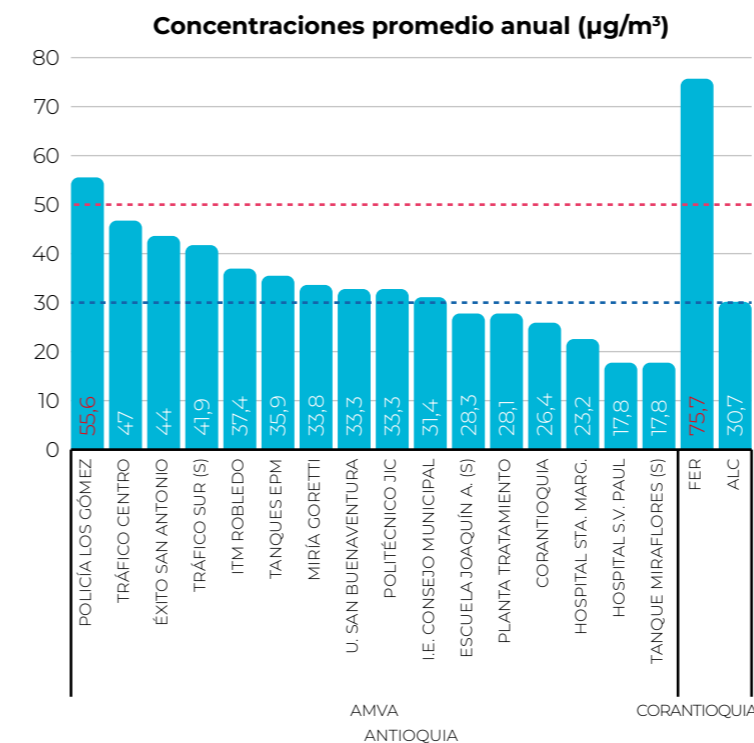
33 % de las estaciones cumplieron con el nivel máximo permisible anual proyectado a 2030.



94 % de las estaciones, en proporciones mayoritarias (>50 %) señalaron un estado de la calidad del aire **bueno**.

6 % de las estaciones, en proporciones mayoritarias (>50 %) señalaron un estado de la calidad del aire **aceptable**.

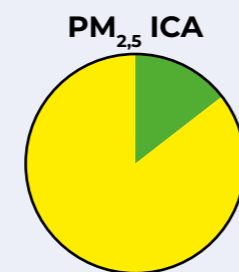
PM₁₀ | material particulado menor a 10 micras



27 estaciones con representatividad temporal.

88 % de las estaciones cumplieron con el nivel máximo permisible anual vigente.

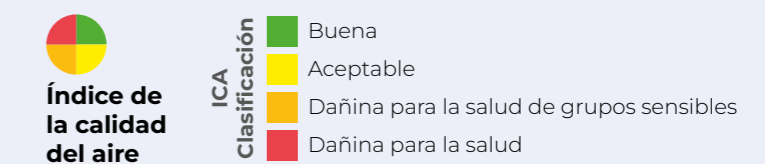
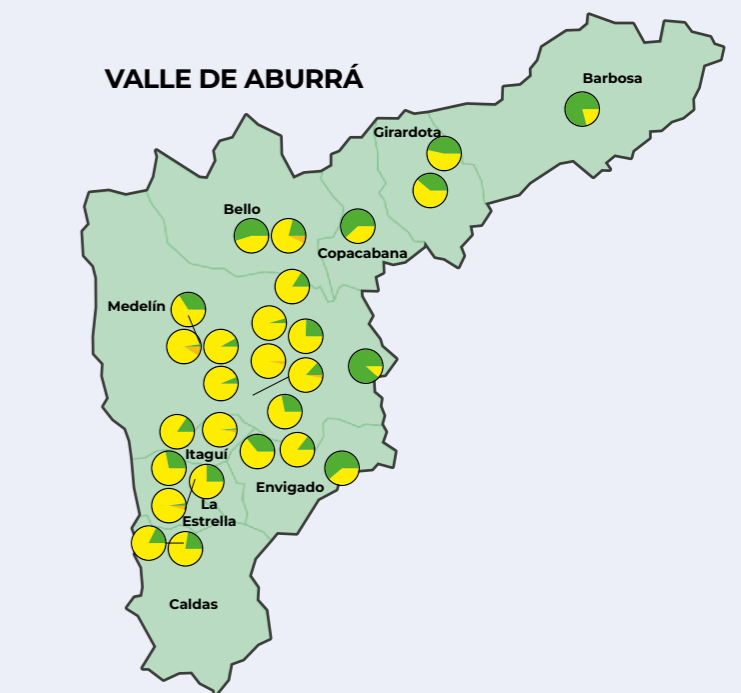
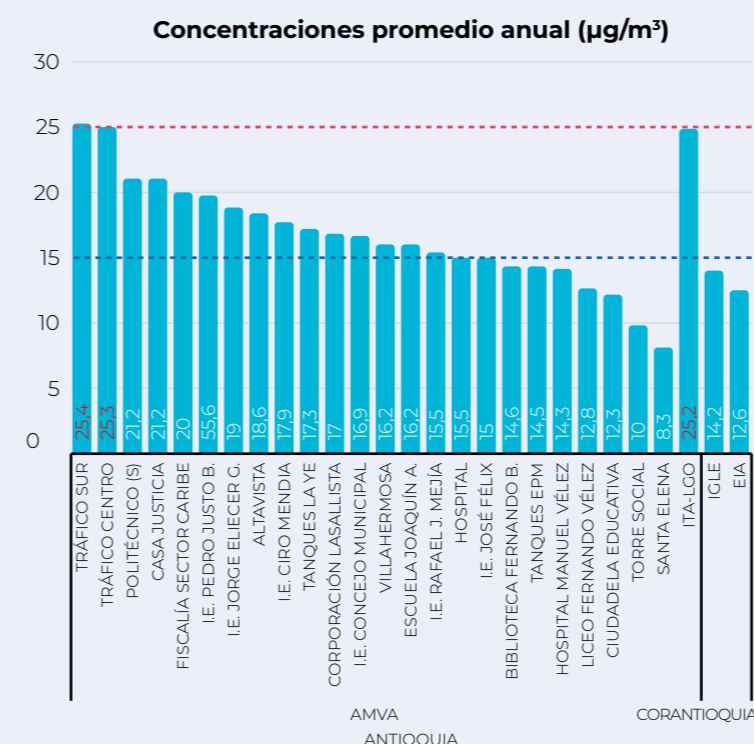
33 % de las estaciones cumplieron con el nivel máximo permisible anual proyectado a 2030.



81 % de las estaciones, en proporciones mayoritarias (>50 %) señalaron un estado de la calidad del aire **aceptable**.

28 % de las estaciones, en proporciones mayoritarias (>50 %) señalaron un estado de la calidad del aire **bueno**.

PM_{2,5} | material particulado menor a 2,5 micras

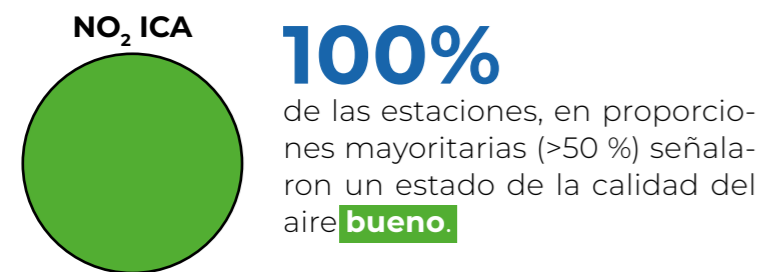


Fuente: Ideam, 2021

5 estaciones con representatividad temporal.

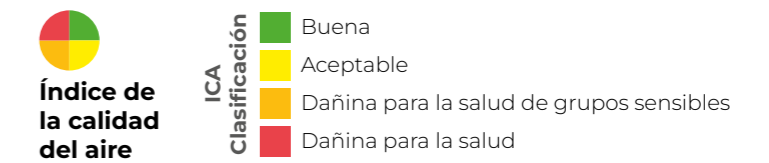
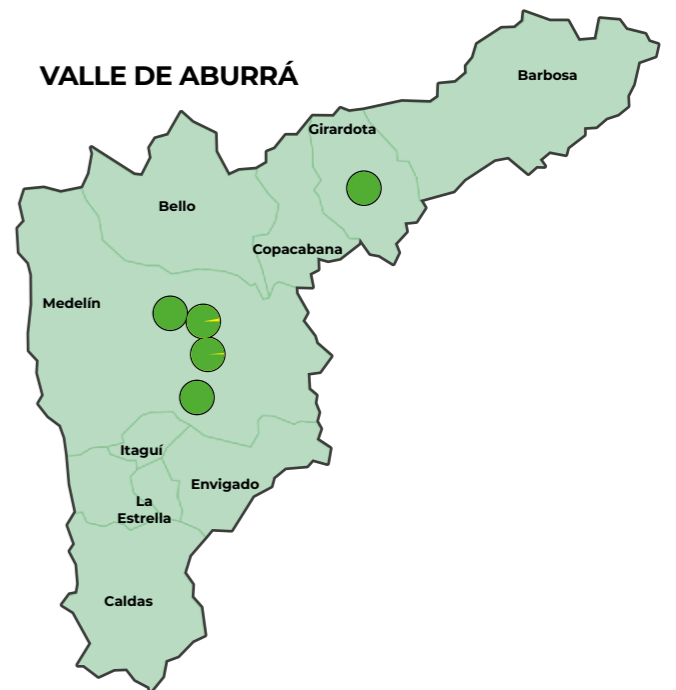
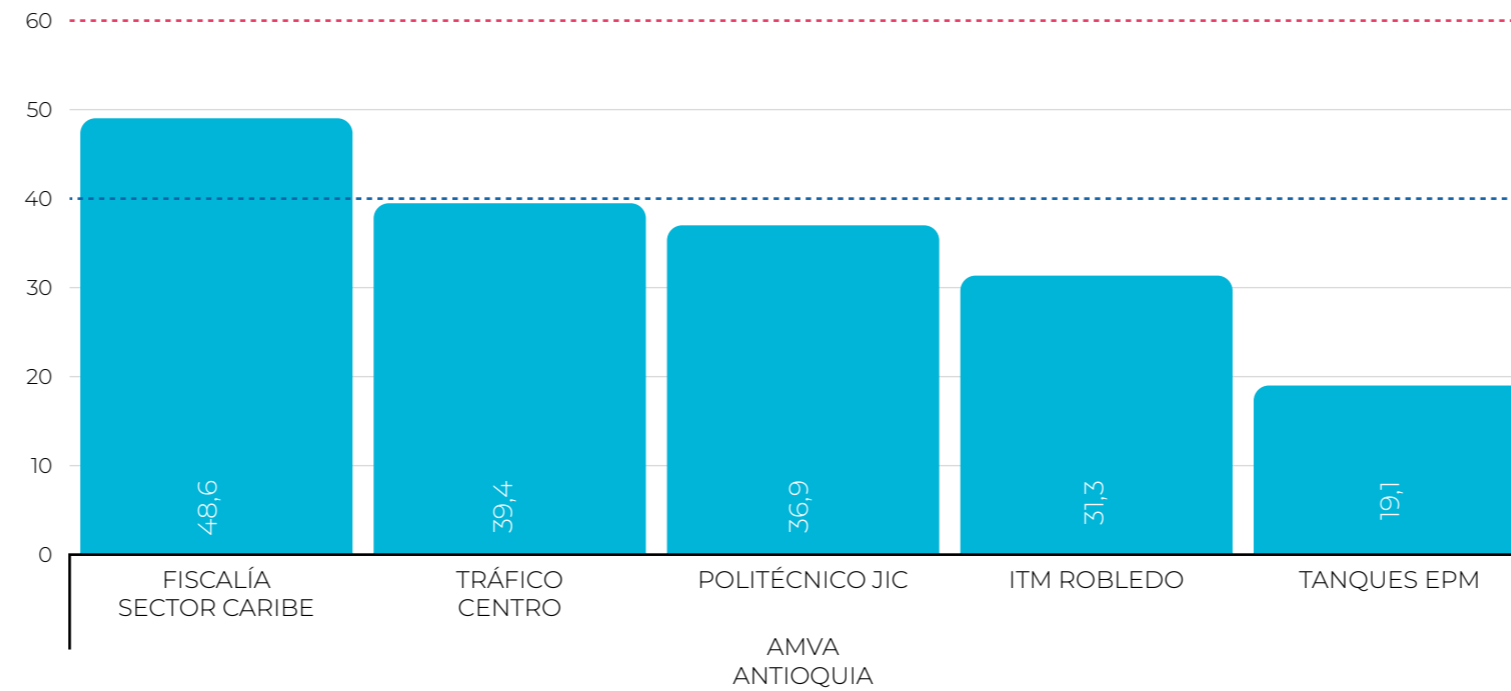
100 % de las estaciones cumplieron con el nivel máximo permisible anual vigente.

67 % de las estaciones cumplieron con el nivel máximo permisible anual proyectado a 2030.



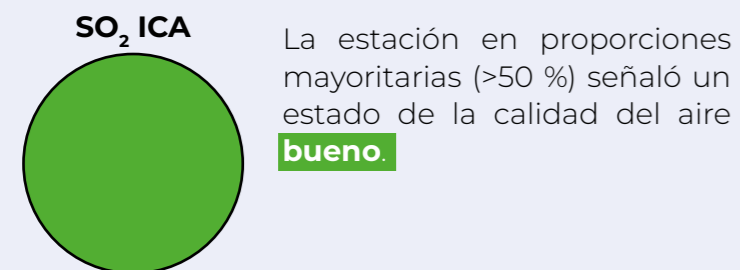
NO₂ | Dióxido de Nitrógeno

Concentraciones promedio anual (µg/m³)



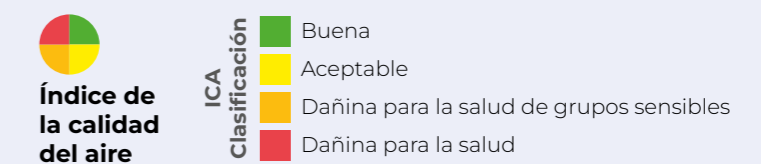
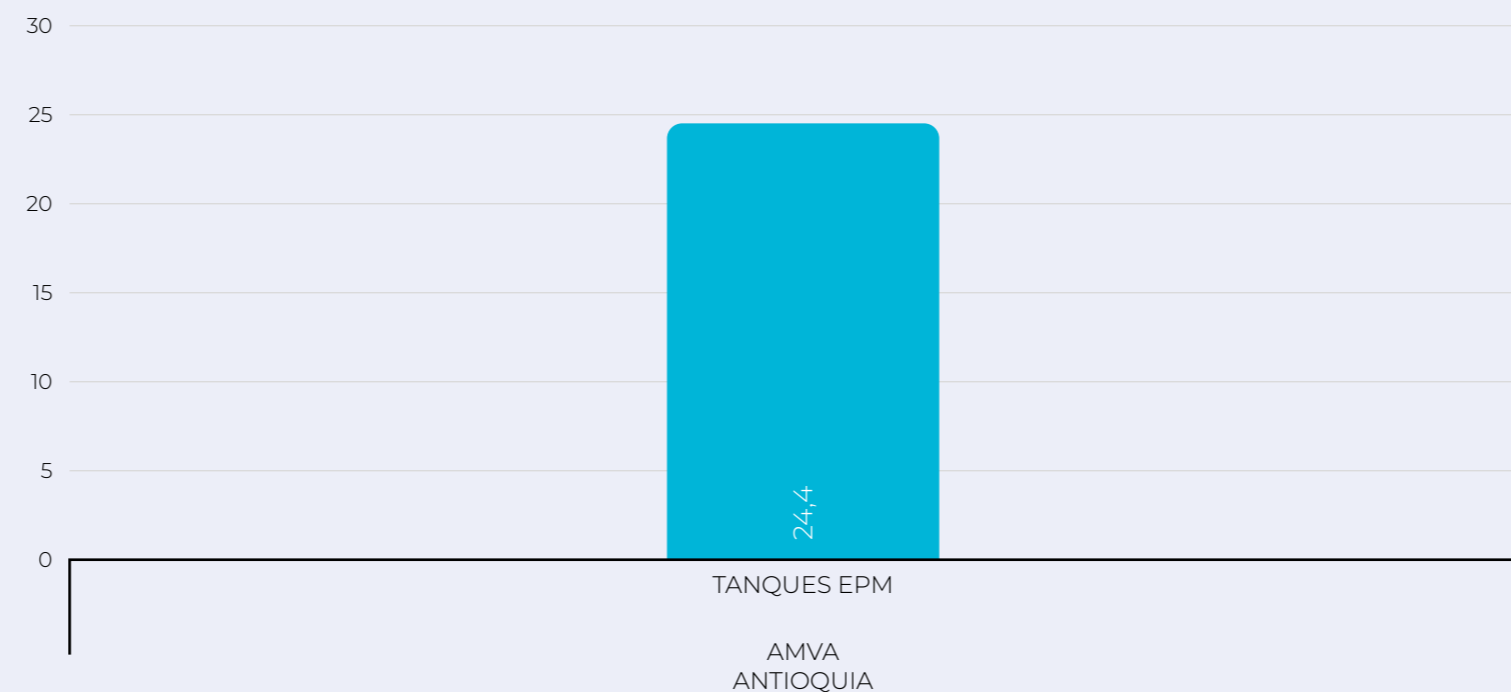
1 estación con representatividad temporal.

Esta estación no registró excedencias al nivel máximo permisible diario - el SO₂ no considera nivel máximo permisible anual-.



SO₂ | Dióxido de Azufre

Concentraciones promedio anual (µg/m³)

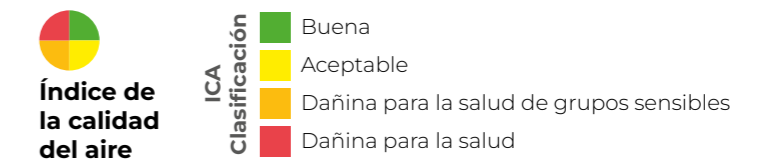
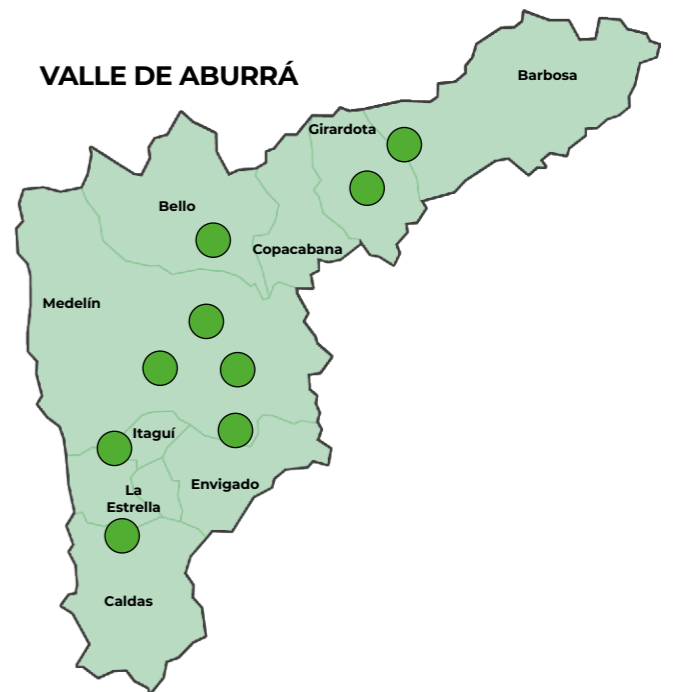
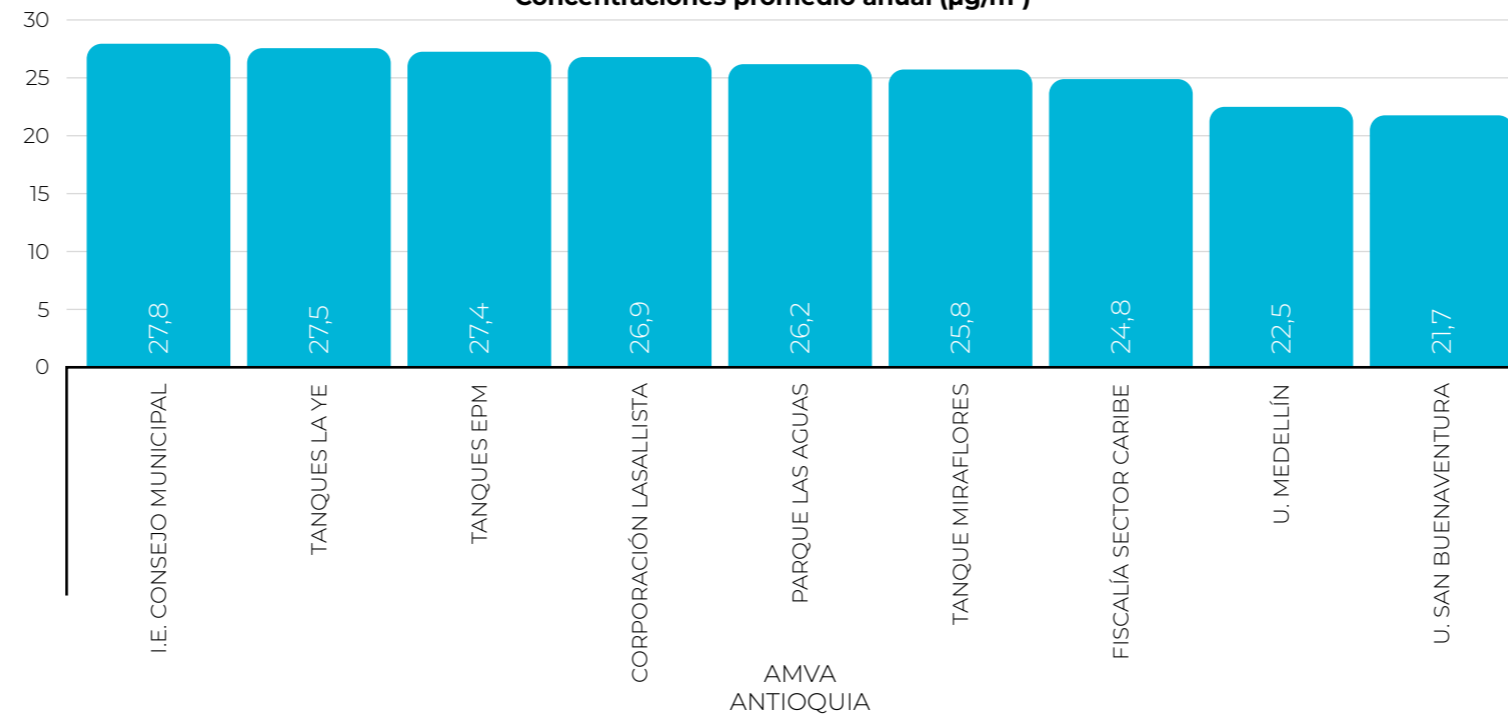


9 estaciones con representatividad temporal.

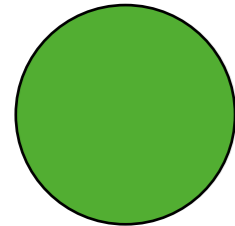
7 estaciones reportaron excedencias al nivel máximo permisible octohorario - el O₃ no considera nivel máximo permisible anual-

O₃ | Ozono Troposférico

Concentraciones promedio anual (µg/m³)



O₃ ICA



100%

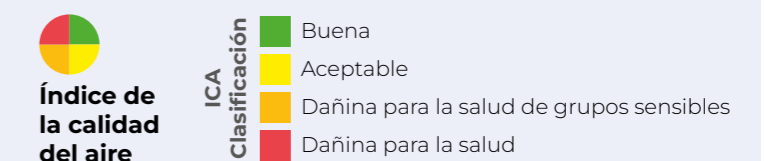
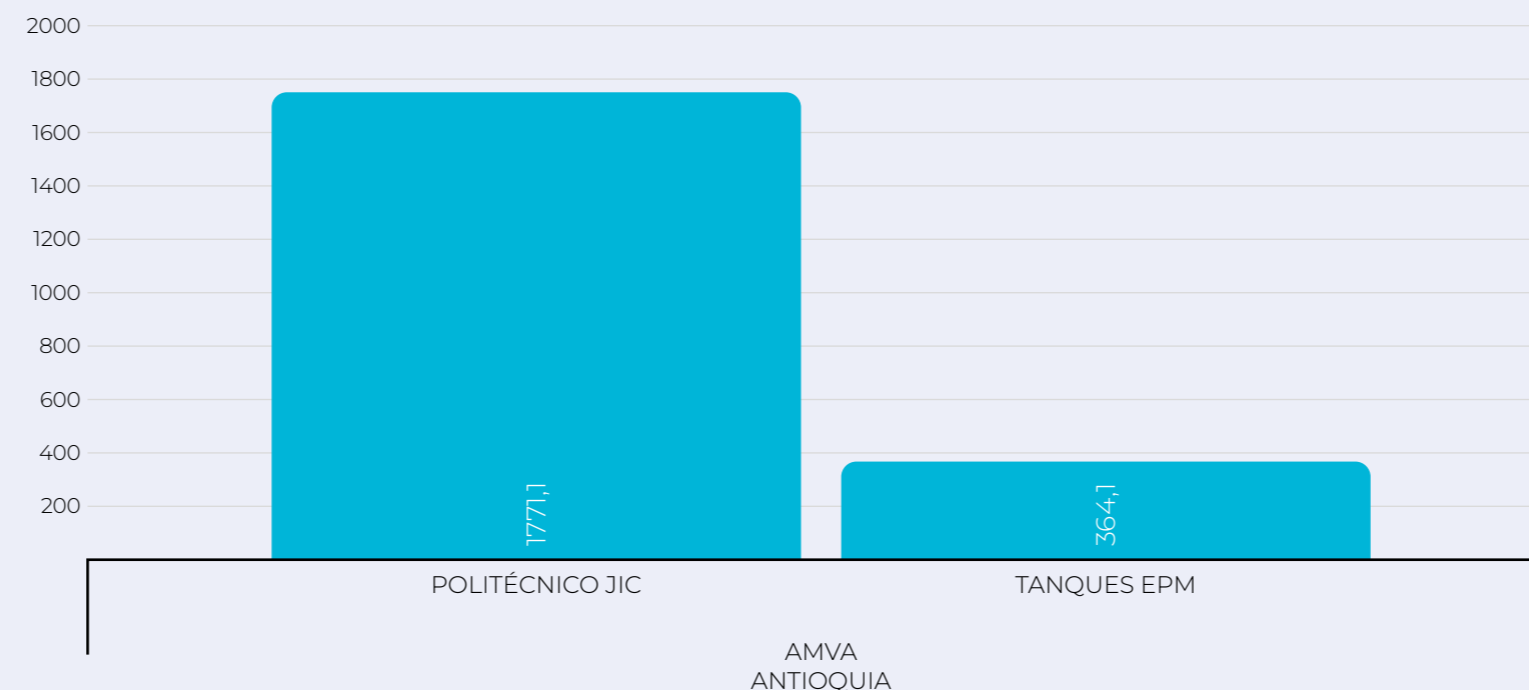
de las estaciones en proporciones mayoritarias (>50 %) señalaron un estado de la calidad del aire **bueno.**

2 estaciones con representatividad temporal.

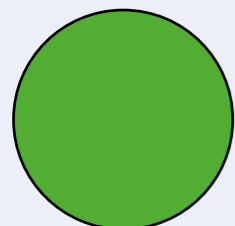
Estas estaciones reportaron excedencias al nivel máximo permisible octohorario - el CO no considera nivel máximo permisible anual-

CO | Monóxido de Carbono

Concentraciones promedio anual (µg/m³)



CO ICA

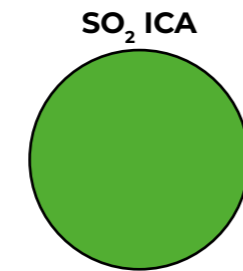


La estación en proporciones mayoritarias (>50 %) señaló un estado de la calidad del aire **bueno.**

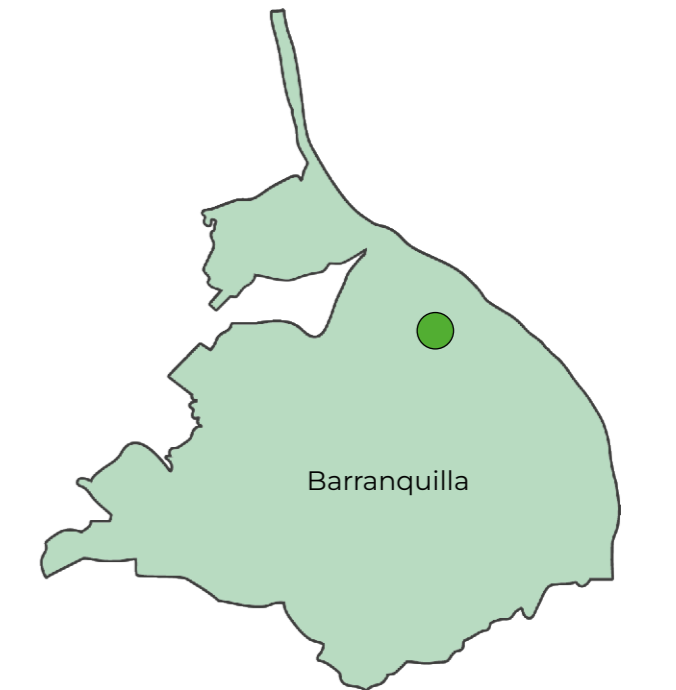
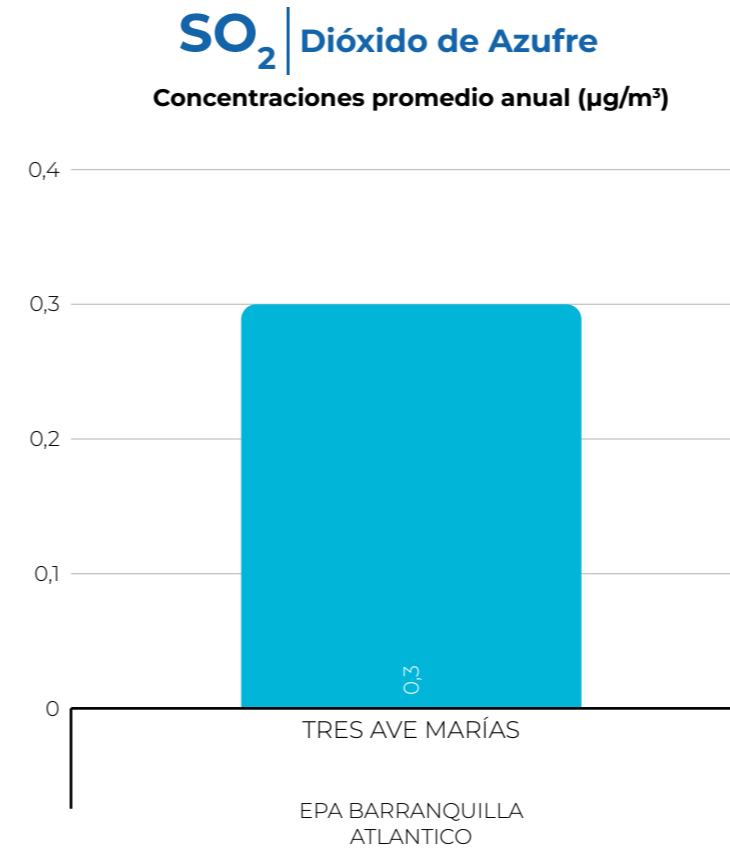


1 estación con representatividad temporal.

Esta estación no registró excedencias al nivel máximo permisible diario - el SO₂ no considera nivel máximo permisible anual-



La estación en proporciones mayoritarias (>50 %) señaló un estado de la calidad del aire **bueno.**



Índice de la calidad del aire

ICA Clasificación

- Buena
- Aceptable
- Dañina para la salud de grupos sensibles
- Dañina para la salud

1 SVCA:
Establecimiento Público Ambiental – EPA Barranquilla Verde

3 Estaciones:
Estaciones fijas: 3

1 Municipio:

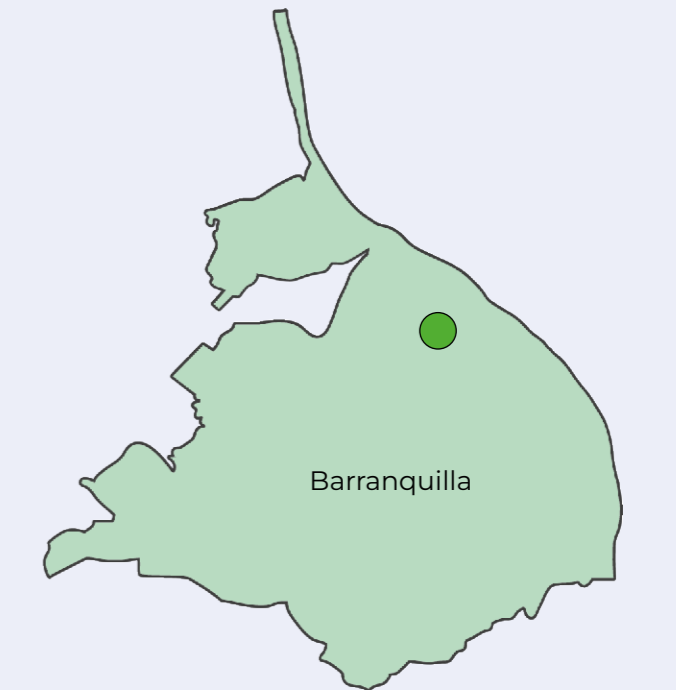
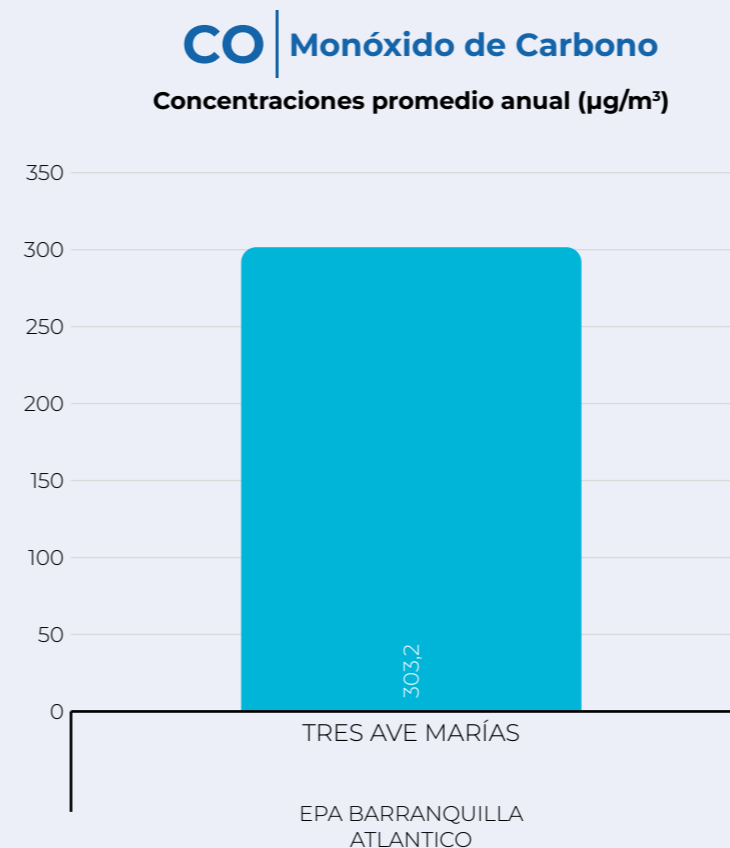
BARRANQUILLA

1 estación con representatividad temporal.

Esta estación no registró excedencias al nivel máximo permisible octohorario - el CO no considera nivel máximo permisible anual-



Esta estación, en proporciones mayoritarias (>50 %) señaló un estado de la calidad del aire **bueno.**



Índice de la calidad del aire

ICA Clasificación

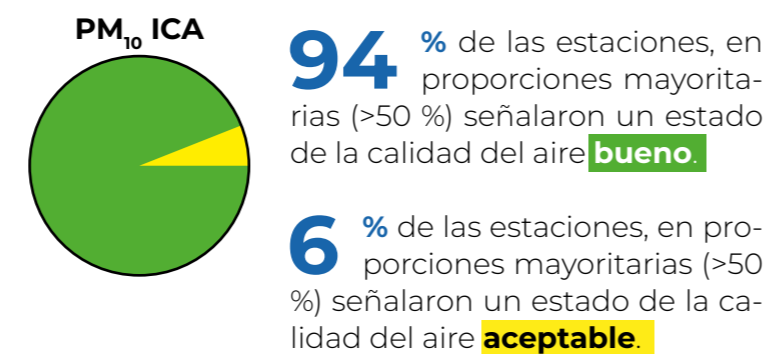
- Buena
- Aceptable
- Dañina para la salud de grupos sensibles
- Dañina para la salud



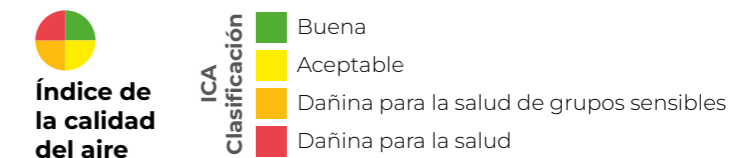
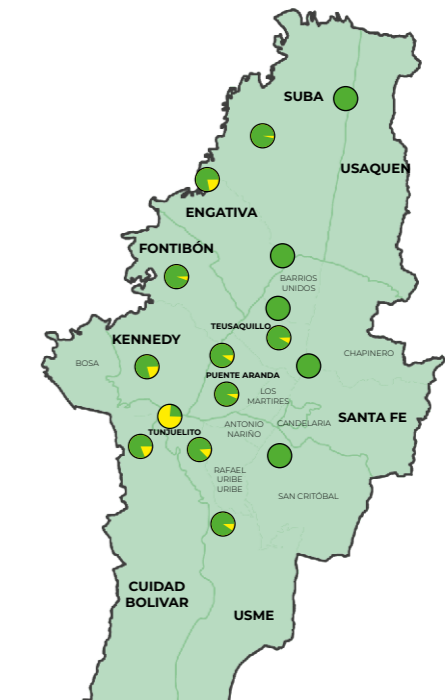
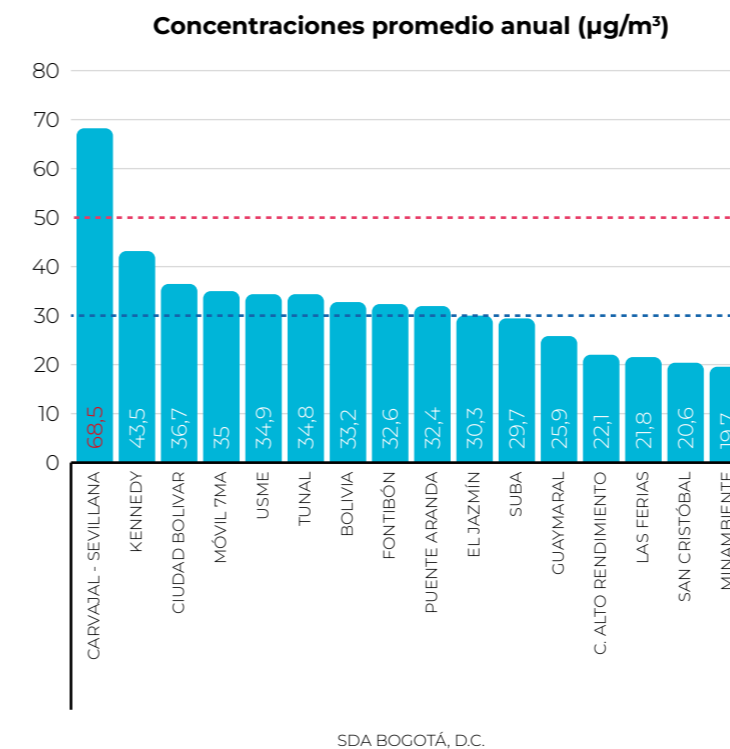
16 estaciones con representatividad temporal.

94% de las estaciones cumplieron con el nivel máximo permisible anual vigente.

38% de las estaciones cumplieron con el nivel máximo permisible anual proyectado a 2030.



PM₁₀ | material particulado menor a 10 micras



2 SVCA:
Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR: **1 estación**

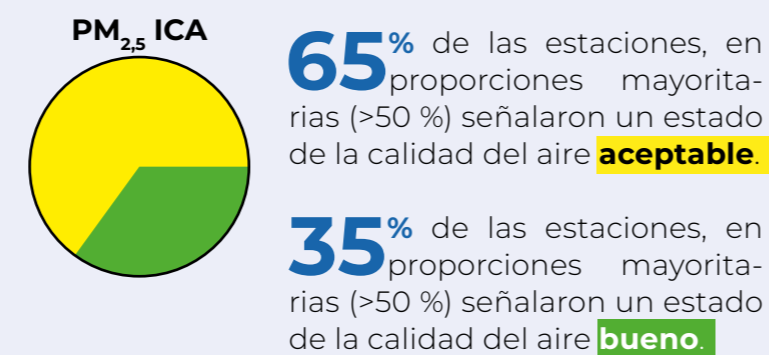
Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá - SDA: **20 estaciones**

21 Estaciones:
Estaciones fijas: **21**

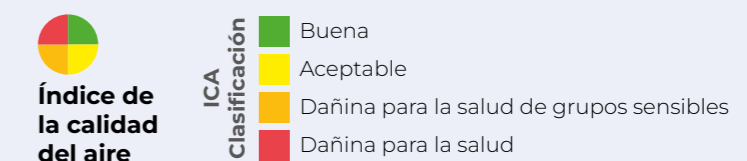
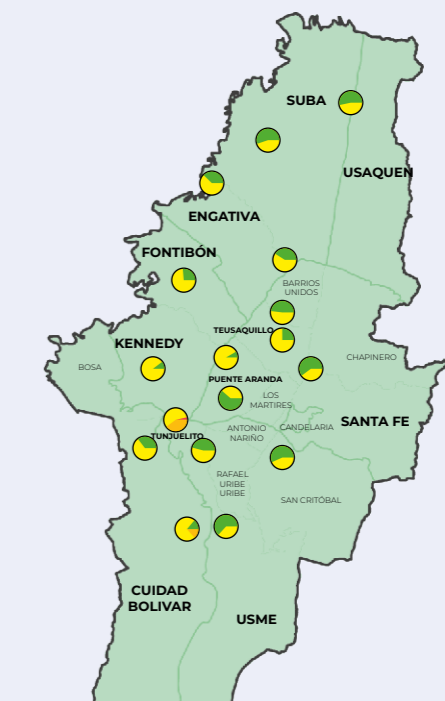
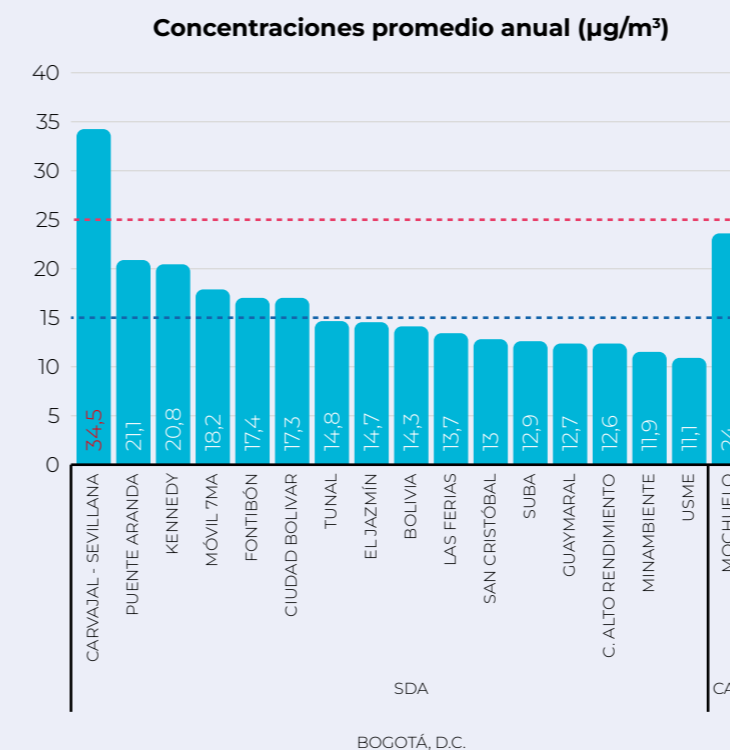
17 estaciones con representatividad temporal.

94% de las estaciones cumplieron con el nivel máximo permisible anual vigente.

58% de las estaciones cumplieron con el nivel máximo permisible anual proyectado a 2030.



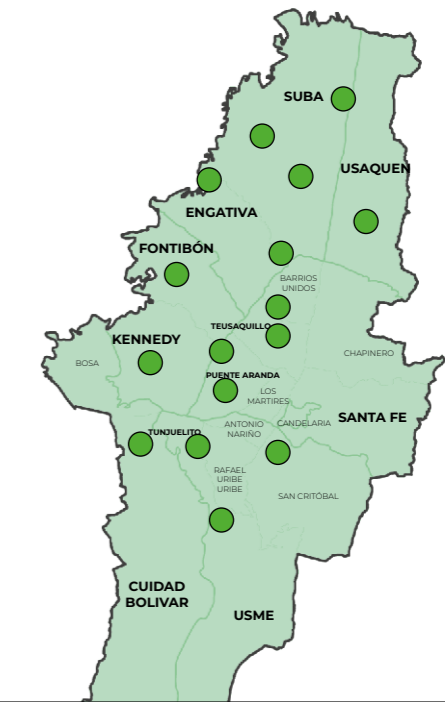
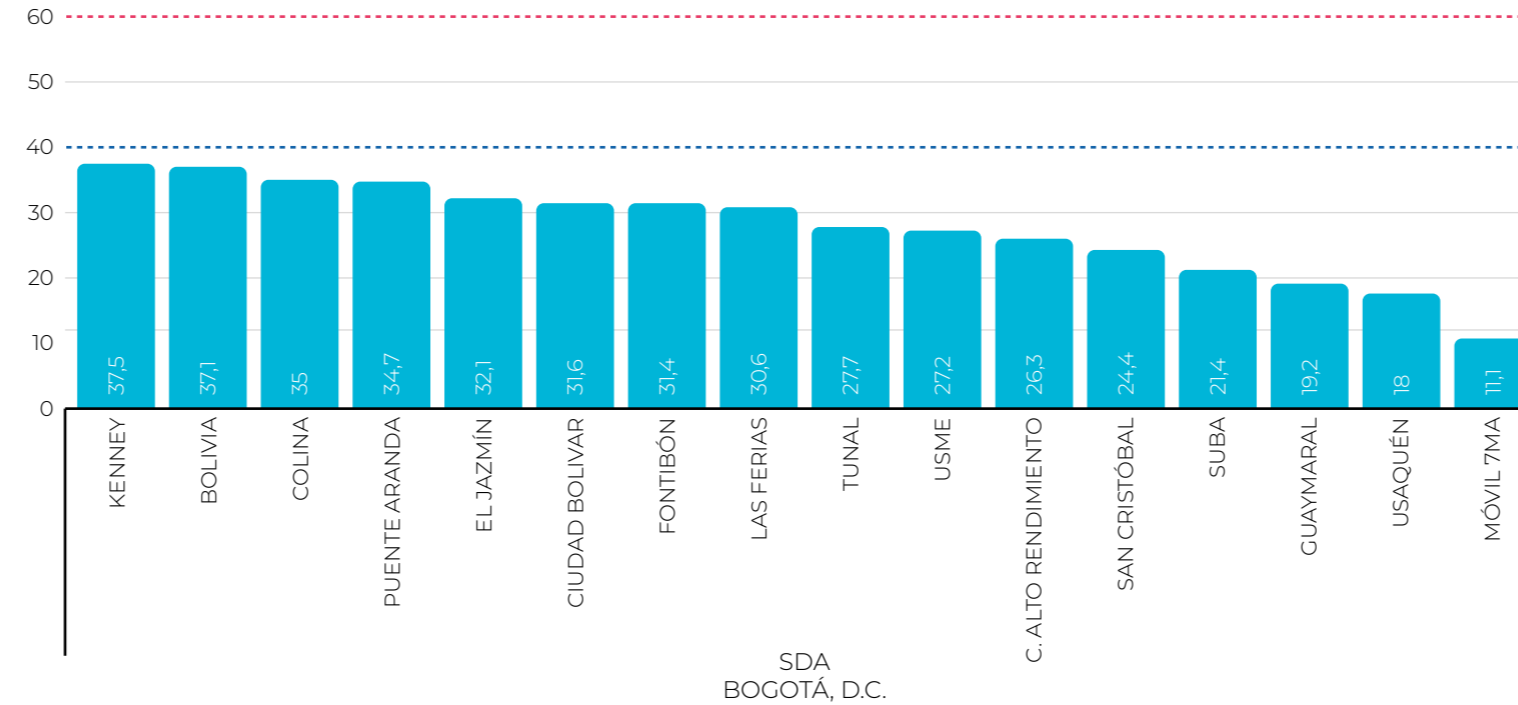
PM_{2,5} | material particulado menor a 2,5 micras





NO₂ | Dióxido de Nitrógeno

Concentraciones promedio anual (µg/m³)



Índice de la calidad del aire

ICA Clasificación

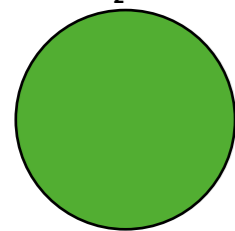
- Buena
- Aceptable
- Dañina para la salud de grupos sensibles
- Dañina para la salud

16 estaciones con representatividad temporal.

100 % de las estaciones cumplieron con el nivel máximo permisible anual vigente.

100 % de las estaciones cumplieron con el nivel máximo permisible anual proyectado a 2030.

NO₂ ICA



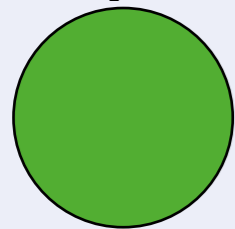
100%

de las estaciones, en proporciones mayoritarias (>50 %) señalaron un estado de la calidad del aire **bueno**.

12 estaciones con representatividad temporal.

2 estaciones registraron excedencias al nivel máximo permisible diario - el SO₂ no considera nivel máximo permisible anual-

SO₂ ICA

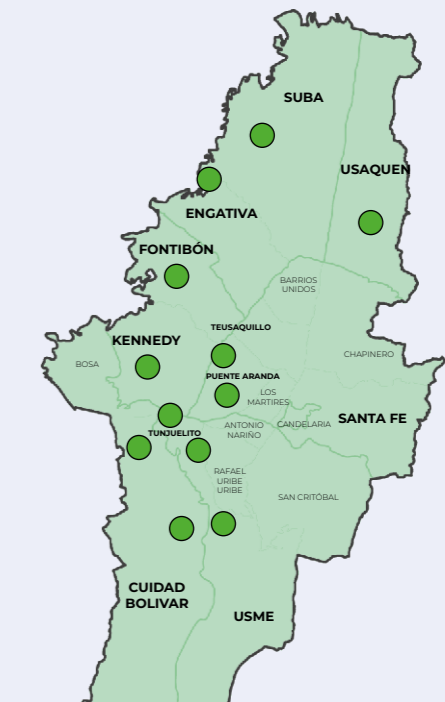
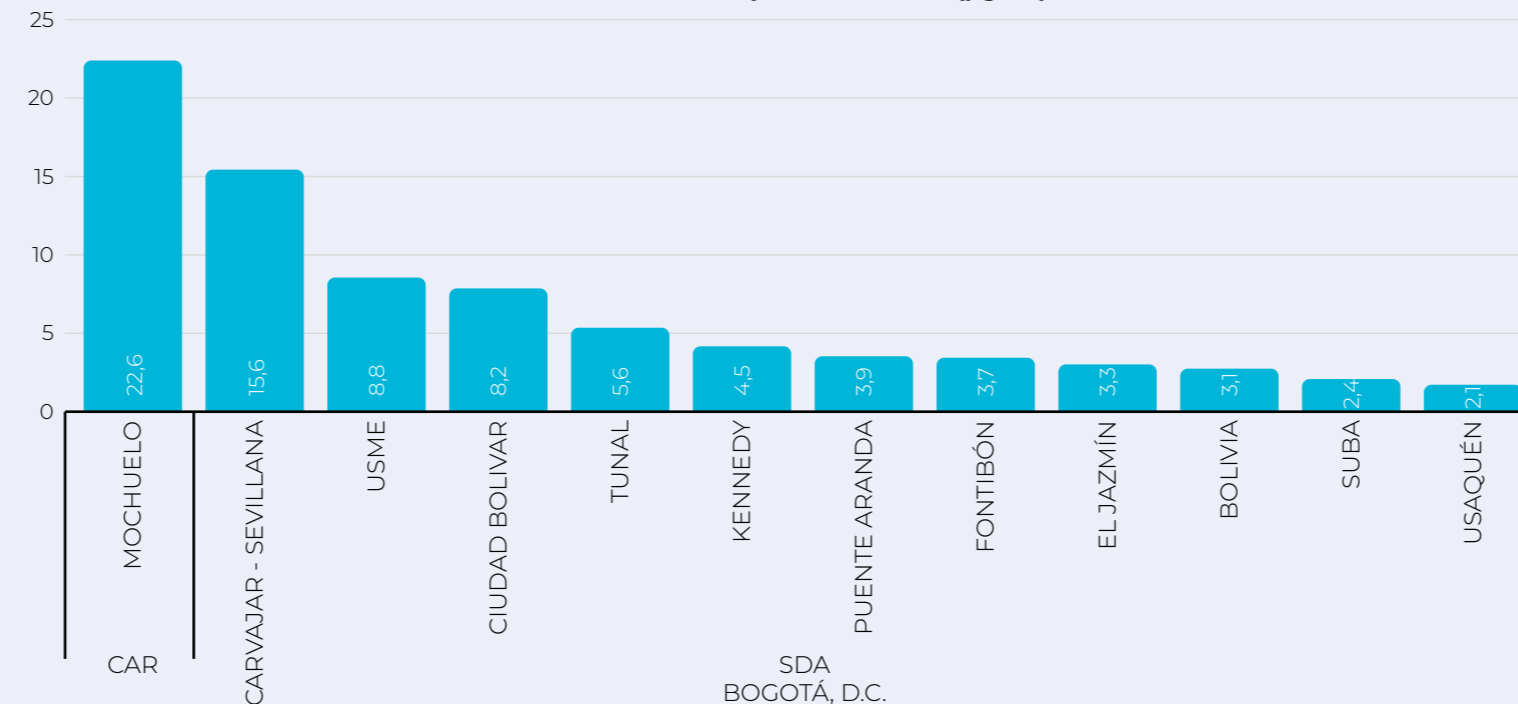


100%

de las estaciones, en proporciones mayoritarias (>50 %) señalaron un estado de la calidad del aire **bueno**.

SO₂ | Dióxido de Azufre

Concentraciones promedio anual (µg/m³)



Índice de la calidad del aire

ICA Clasificación

- Buena
- Aceptable
- Dañina para la salud de grupos sensibles
- Dañina para la salud

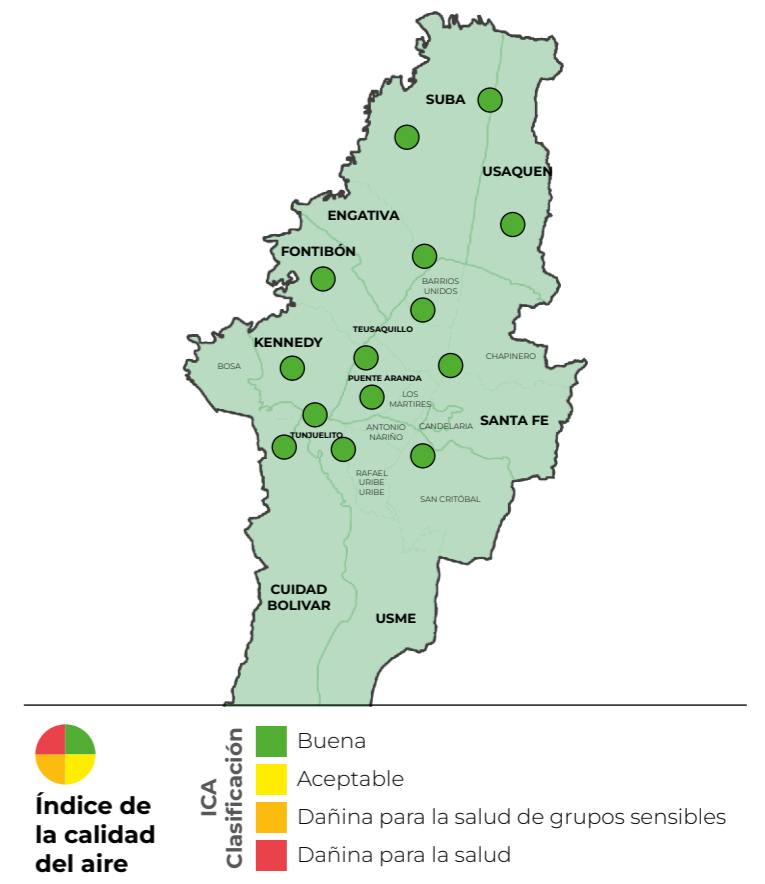
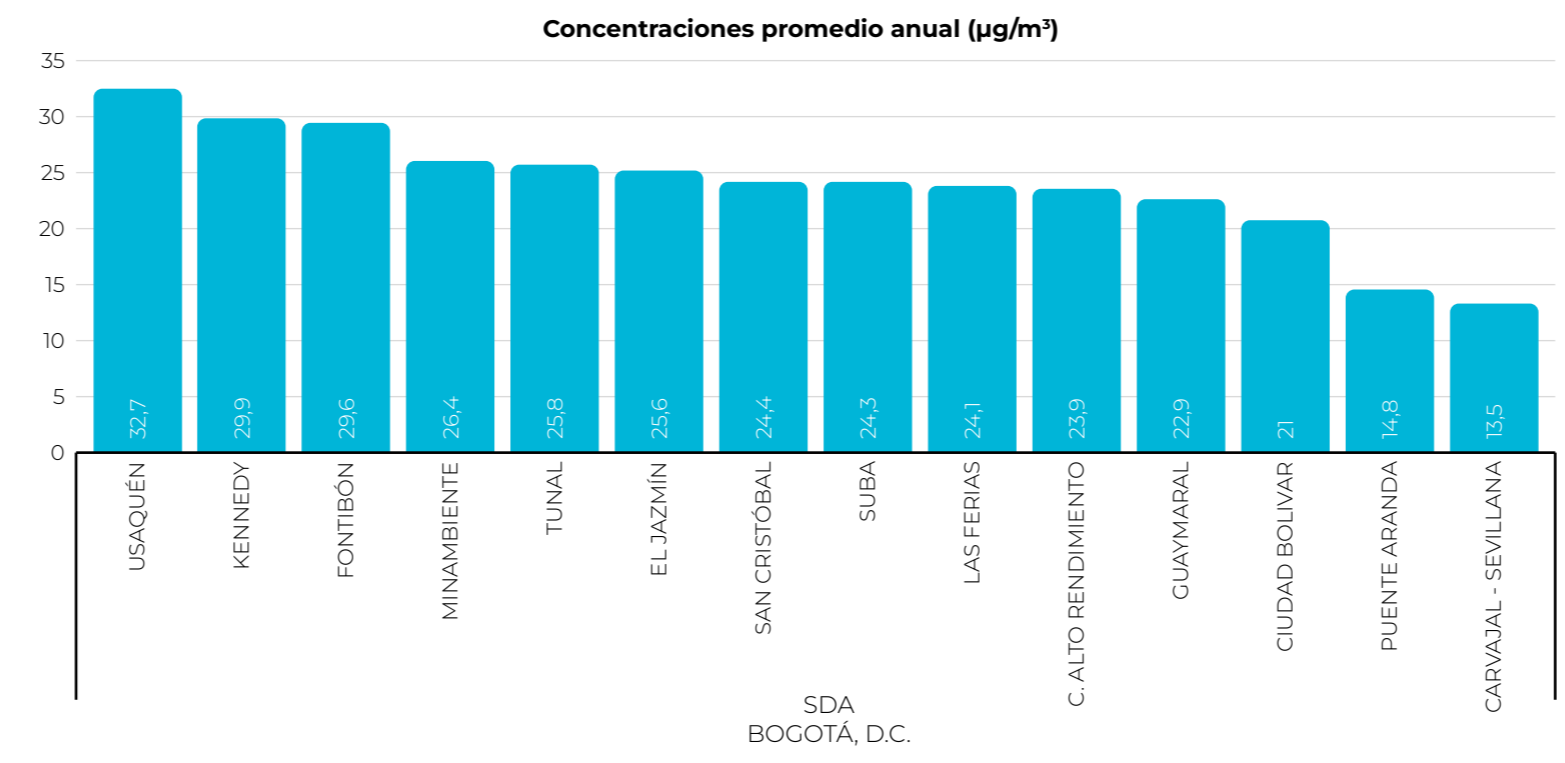
14 estaciones con representatividad temporal.

6 estaciones reportaron excedencias al nivel máximo permisible octohorario - el O₃ no considera nivel máximo permisible anual-

O₃ ICA

100% de las estaciones en proporciones mayoritarias (>50 %) señalaron un estado de la calidad del aire **bueno.**

O₃ Ozono troposférico



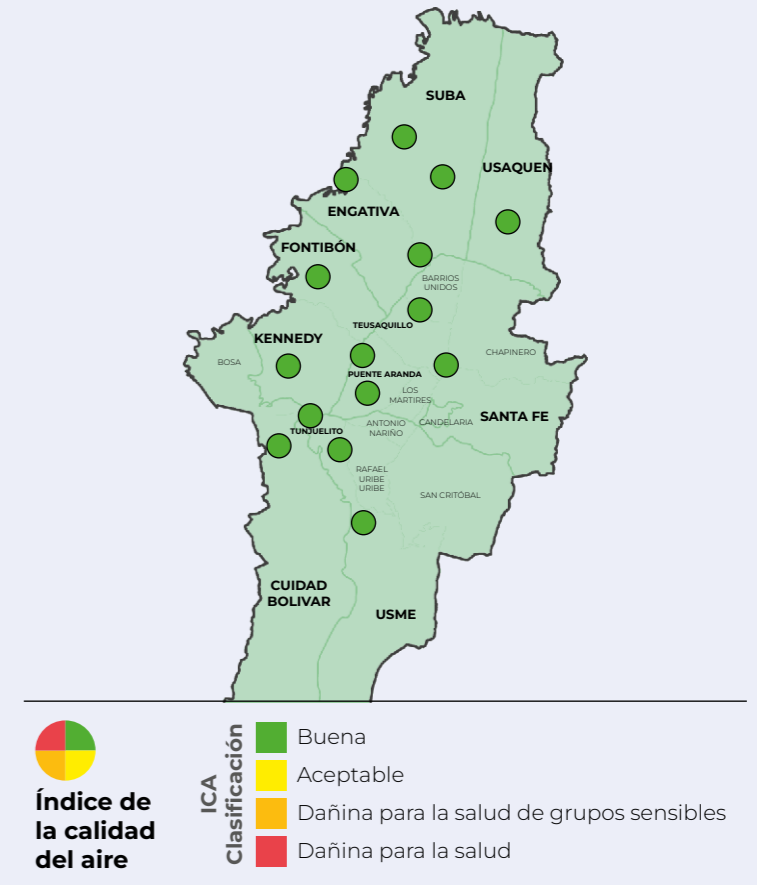
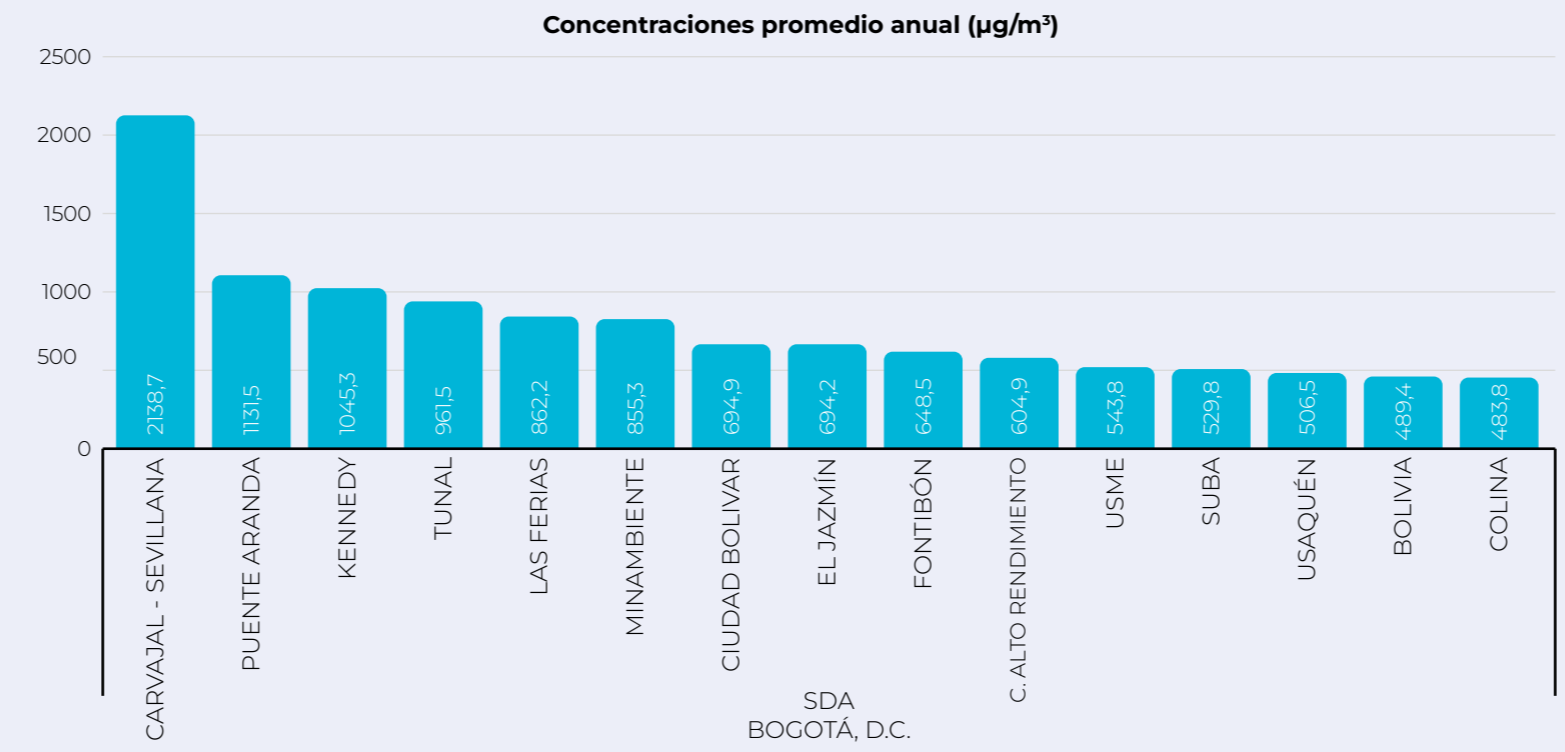
15 estaciones con representatividad temporal.

2 estaciones reportaron excedencias al nivel máximo permisible octohorario - el CO no considera nivel máximo permisible anual-

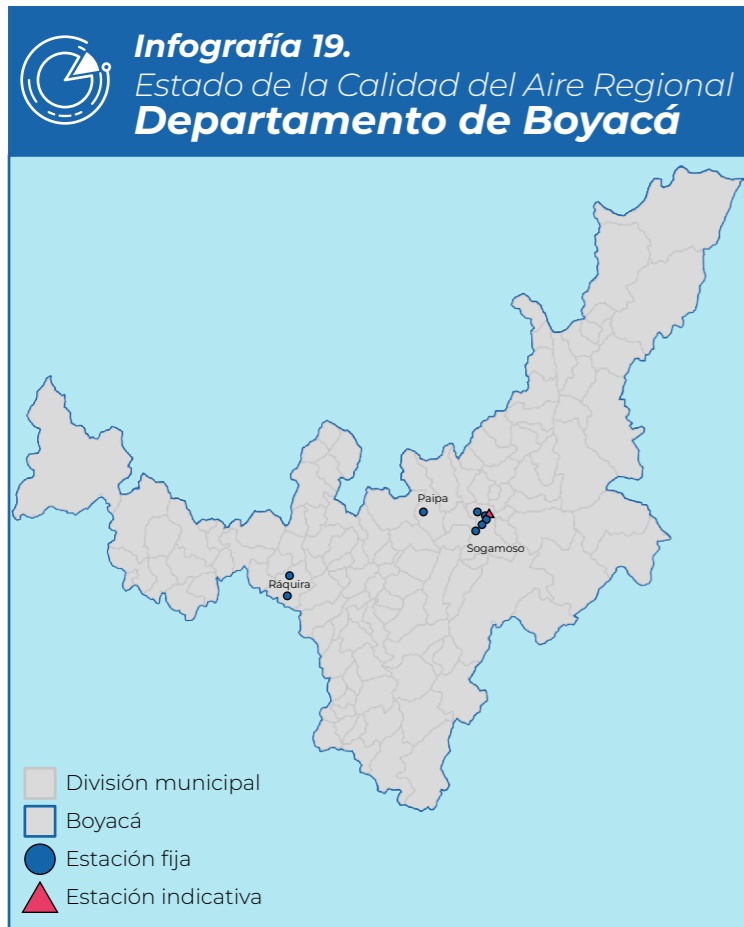
CO ICA

100% de las estaciones en proporciones mayoritarias (>50 %) señalaron un estado de la calidad del aire **bueno.**

CO Monóxido de Carbono



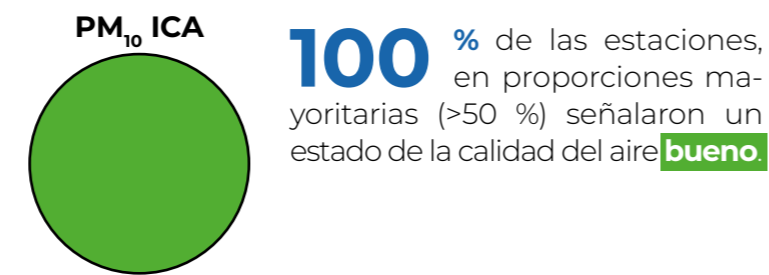
Fuente: Ideam, 2021



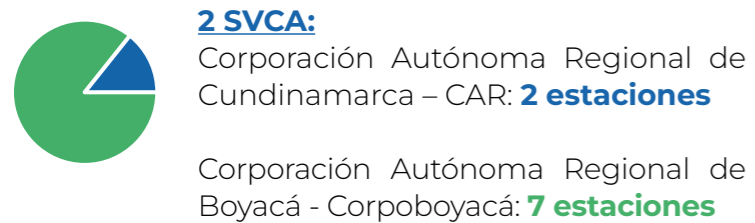
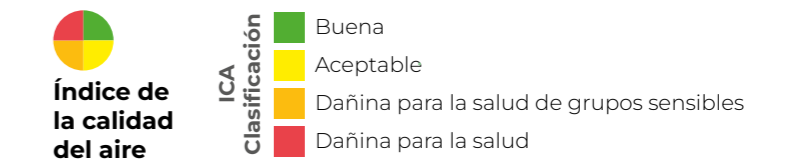
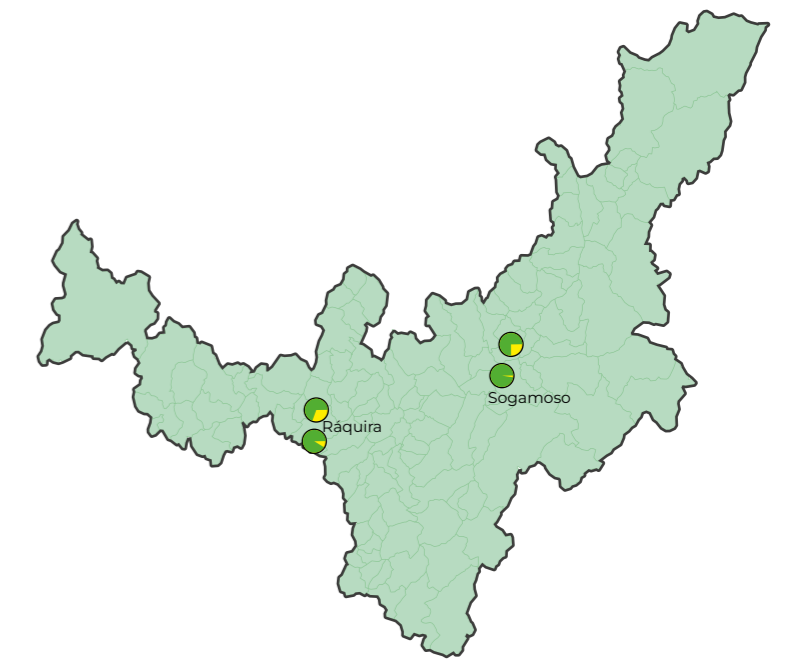
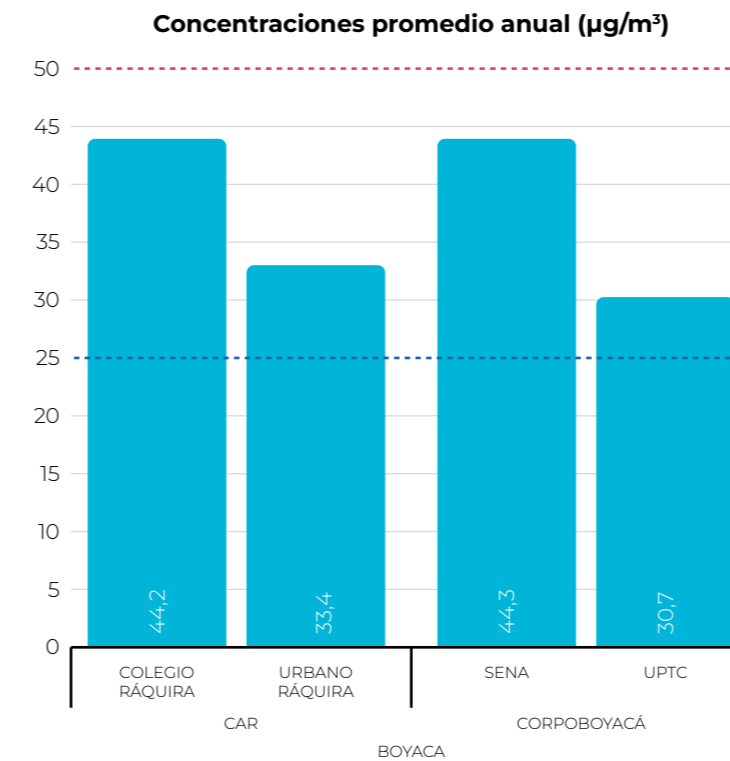
4 estaciones con representatividad temporal.

100 % de las estaciones cumplieron con el nivel máximo permisible anual vigente.

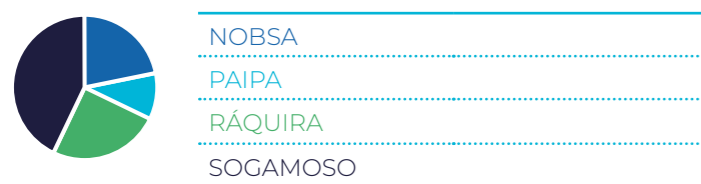
Ninguna de las estaciones cumplió con el nivel máximo permisible anual proyectado a 2030.



PM₁₀ | material particulado menor a 10 micras



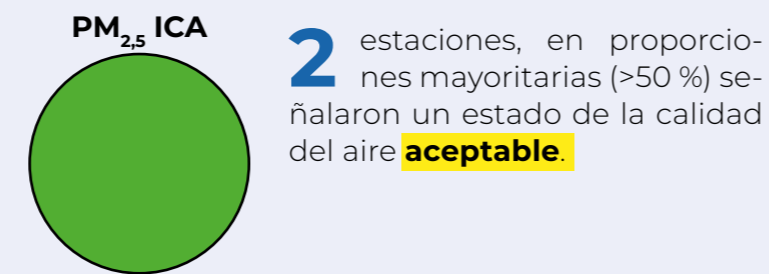
4 Municipios:



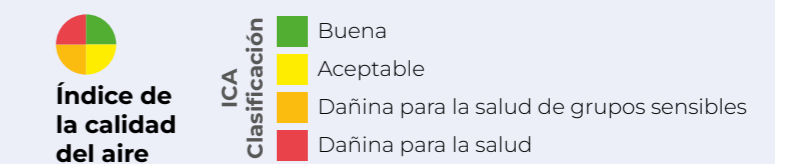
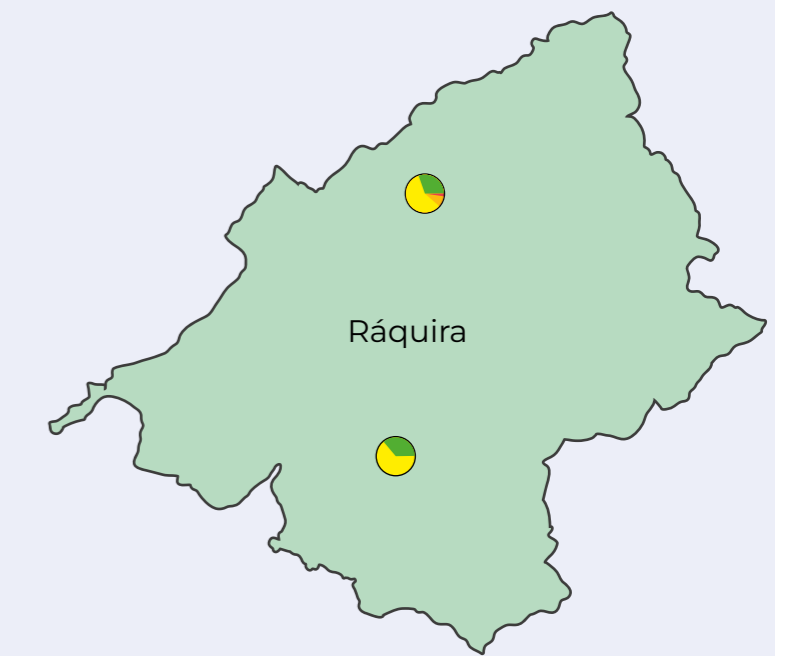
2 estaciones con representatividad temporal.

100 % de las estaciones cumplieron con el nivel máximo permisible anual vigente.

Ninguna de las estaciones cumplió con el nivel máximo permisible anual proyectado a 2030.



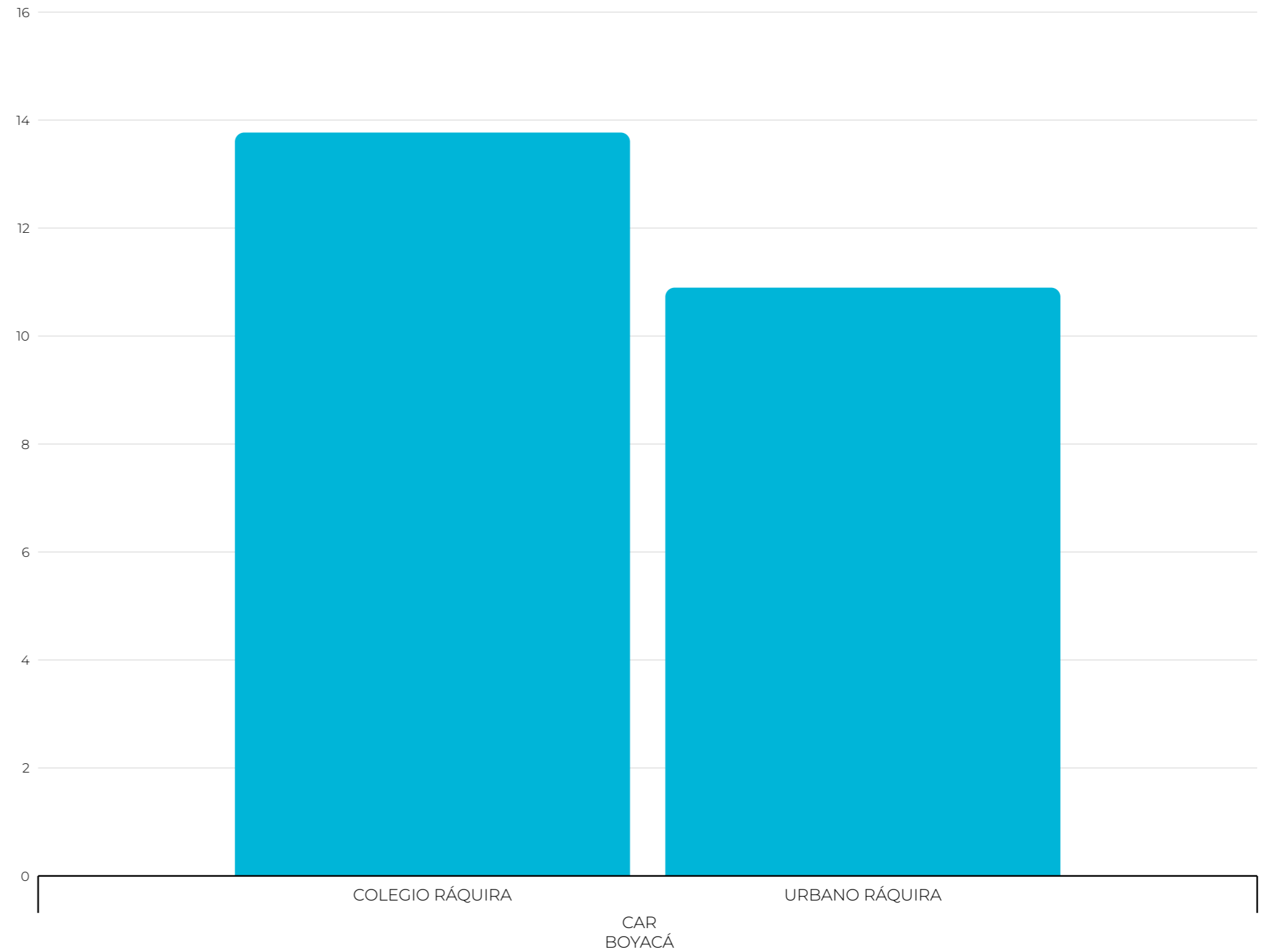
PM_{2,5} | material particulado menor a 2,5 micras





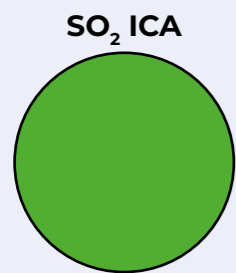
SO₂ | Dióxido de Azufre

Concentraciones promedio anual (µg/m³)



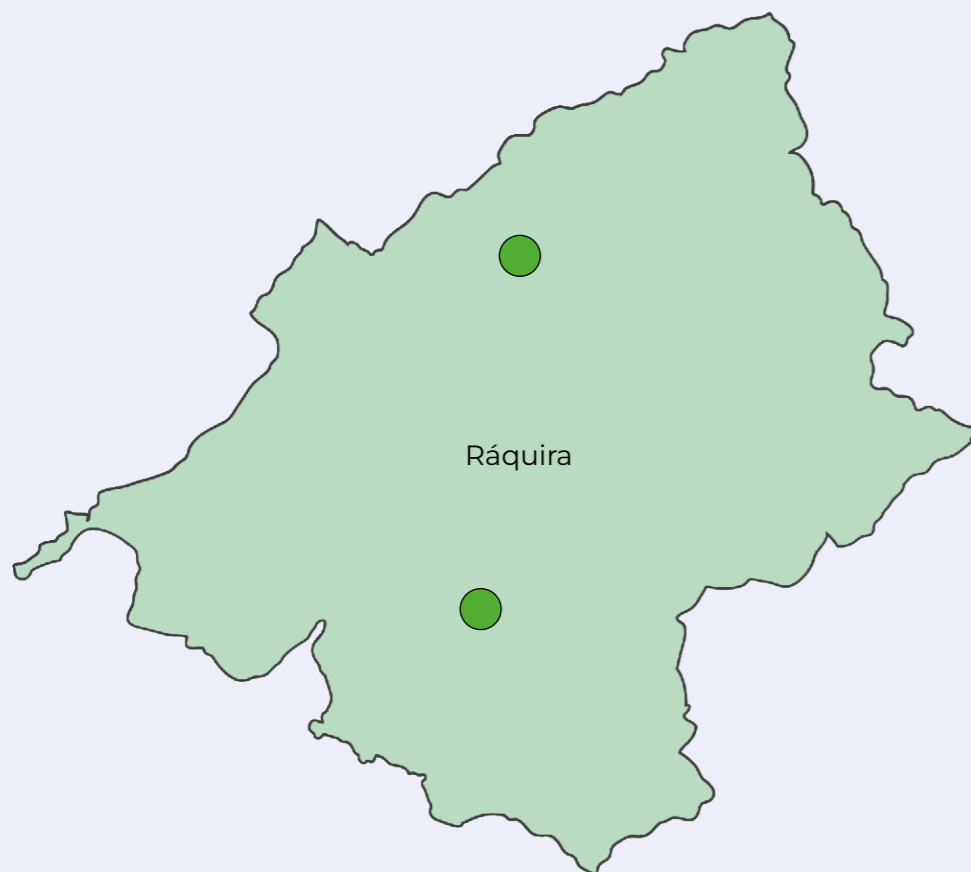
2 estaciones con representatividad temporal.

1 estación registró excedencias al nivel máximo permisible diario - el SO₂ no considera nivel máximo permisible anual-



100%

de las estaciones en proporciones mayoritarias (>50 %) señalaron un estado de la calidad del aire **bueno.**



Índice de la calidad del aire

ICA Clasificación

- Buena
- Aceptable
- Dañina para la salud de grupos sensibles
- Dañina para la salud

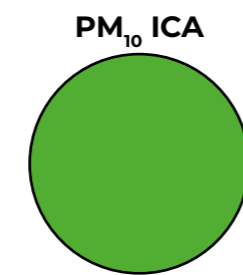
Fuente: Ideam, 2021



6 estaciones con representatividad temporal.

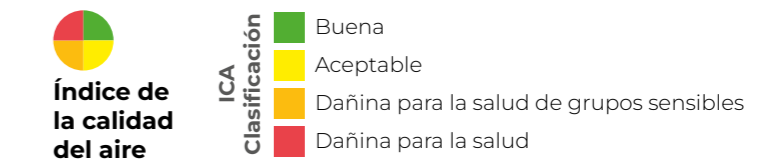
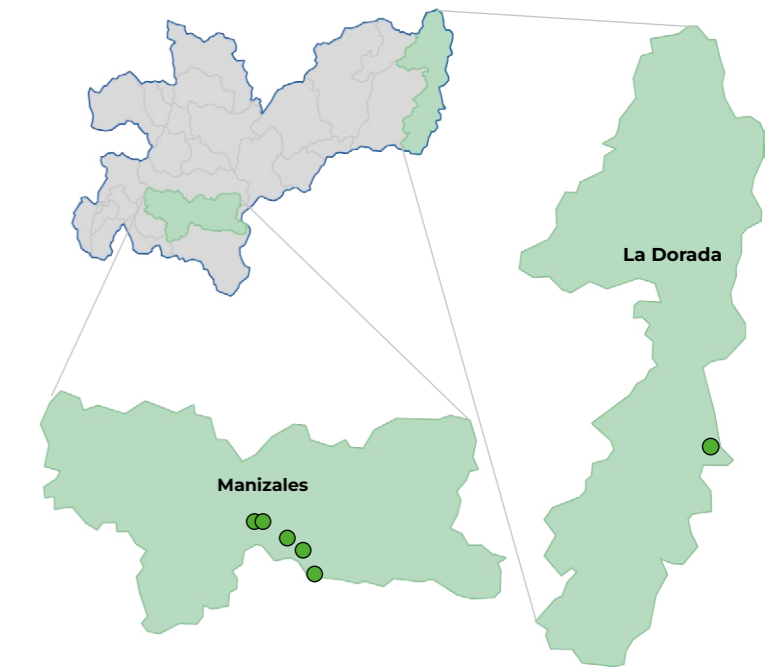
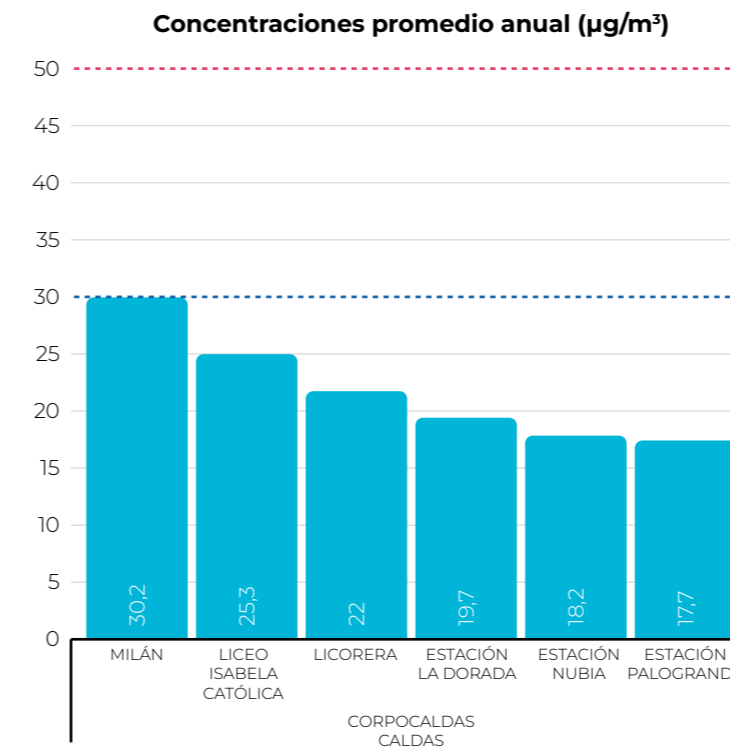
100 % de las estaciones cumplieron con el nivel máximo permisible anual vigente.

83 % de las estaciones cumplieron con el nivel máximo permisible anual proyectado a 2030.



100 % de las estaciones, en proporciones mayoritarias (>50 %) señalaron un estado de la calidad del aire **bueno**.

PM₁₀ | material particulado menor a 10 micras



1 SVCA:
Corporación Autónoma Regional de Caldas – Corpocaldas

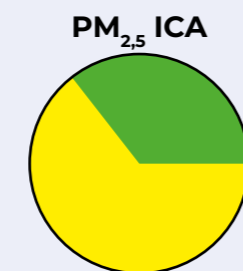
7 Estaciones:
Estaciones fijas: **7**

2 Municipios:



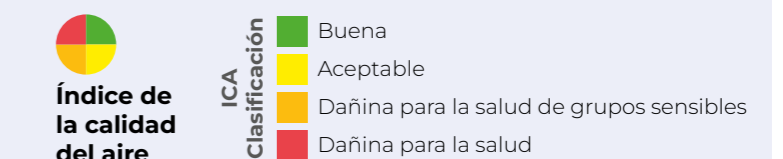
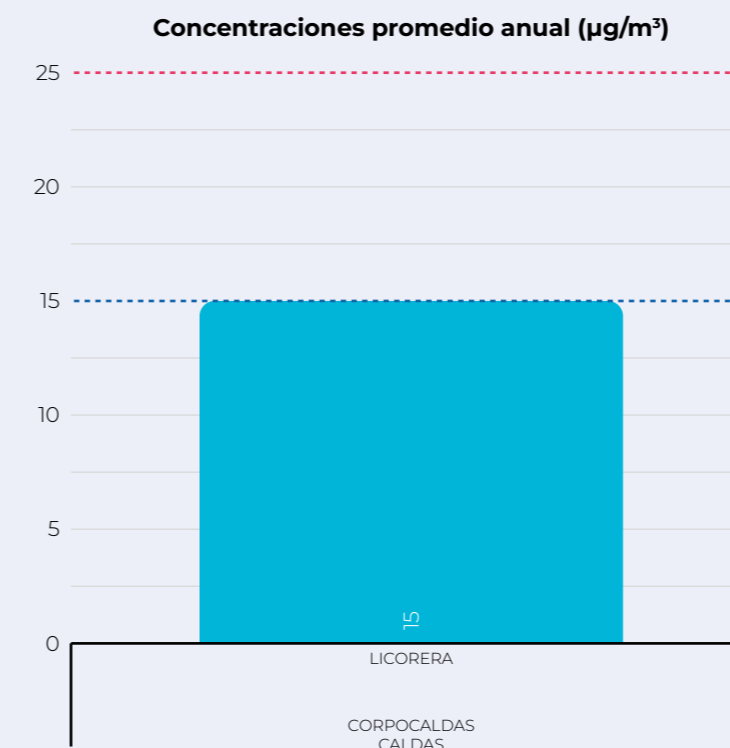
1 estación con representatividad temporal.

Esta estación cumplió con el nivel máximo permisible anual vigente y con el nivel máximo permisible anual proyectado a 2030.



La estación, en proporciones mayoritarias (>50 %) señaló un estado de la calidad del aire **aceptable**.

PM_{2,5} | material particulado menor a 2,5 micras

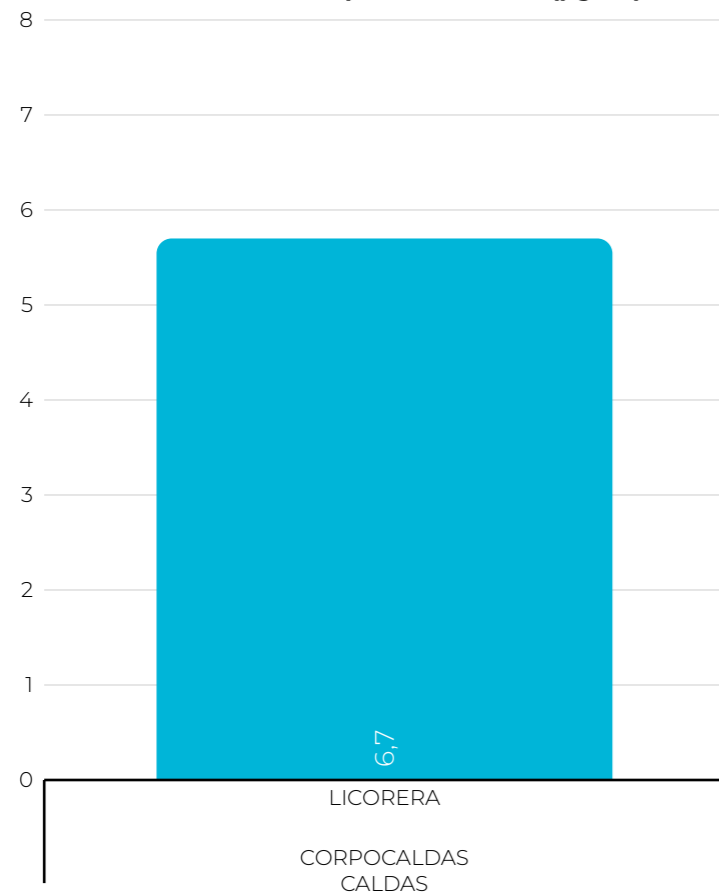


Fuente: Ideam, 2021



SO₂ | Dióxido de Azufre

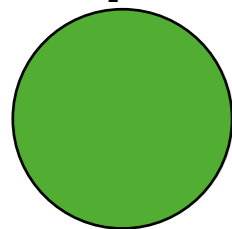
Concentraciones promedio anual (µg/m³)



1 estación con representatividad temporal.

La estación no registró excedencias al nivel máximo permisible diario - el SO₂ no considera nivel máximo permisible anual-

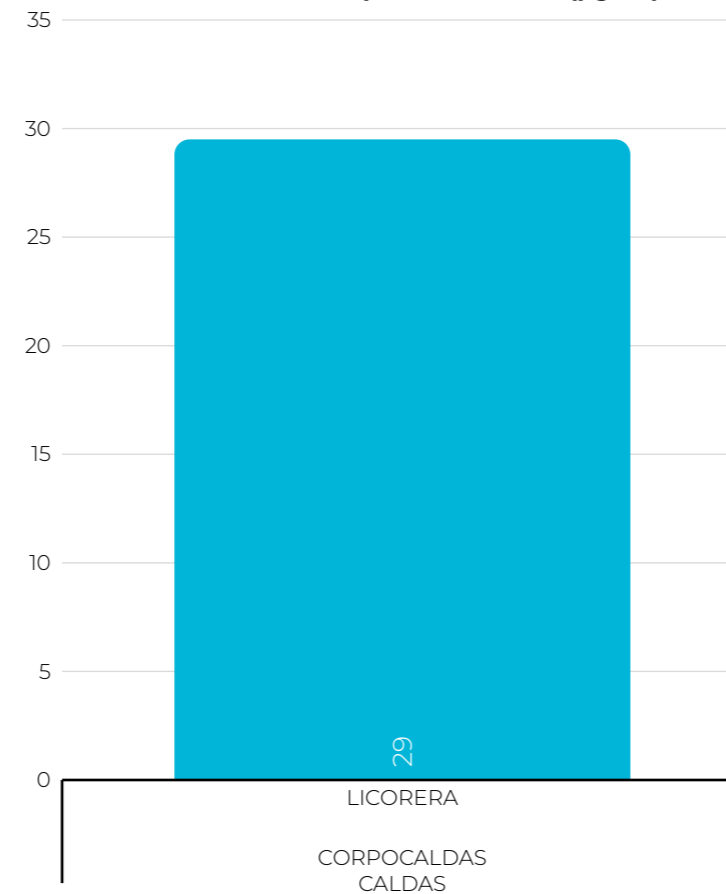
SO₂ ICA



La estación, en proporciones mayoritarias (>50 %) señaló un estado de la calidad del aire **bueno.**

O₃ | Ozono troposférico

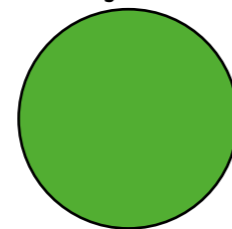
Concentraciones promedio anual (µg/m³)



1 estación con representatividad temporal.

La estación no reportó excedencias al nivel máximo permisible octohorario - el O₃ no considera nivel máximo permisible anual-

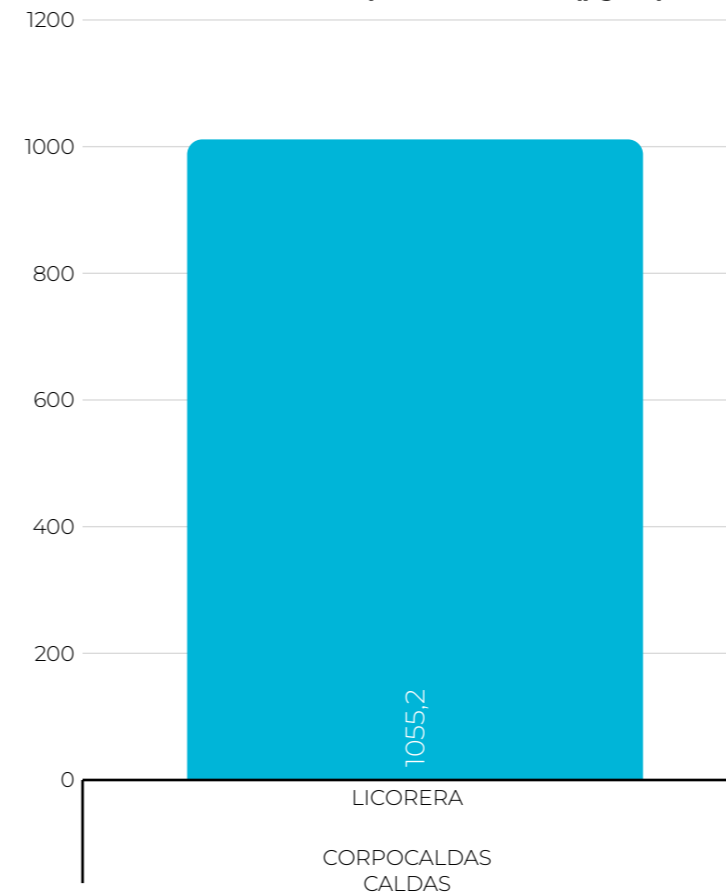
O₃ ICA



La estación, en proporciones mayoritarias (>50 %) señaló un estado de la calidad del aire **bueno.**

CO | Monóxido de Carbono

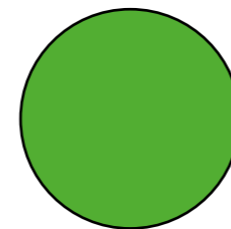
Concentraciones promedio anual (µg/m³)



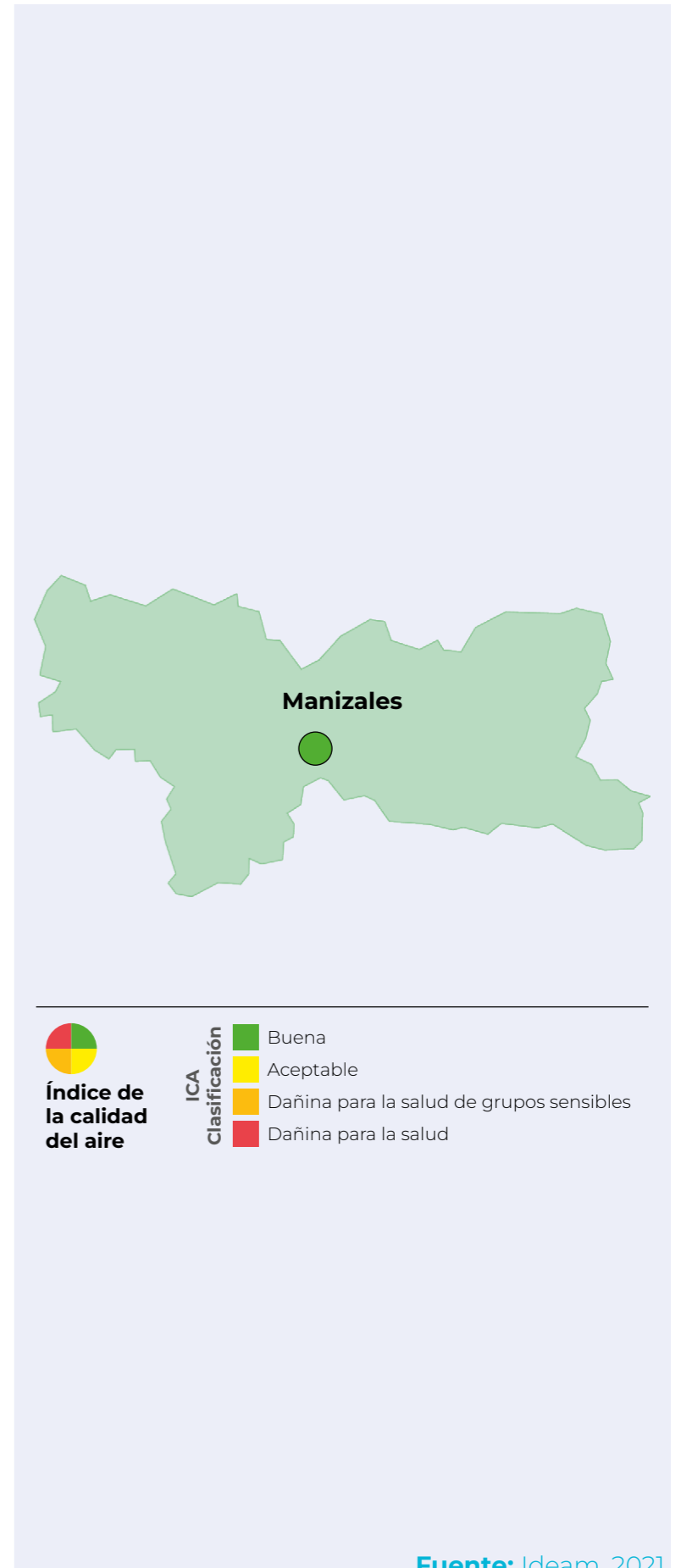
1 estación con representatividad temporal.

La estación no registró excedencias al nivel máximo permisible octohorario - el CO no considera nivel máximo permisible anual-

CO ICA



La estación, en proporciones mayoritarias (>50 %) señaló un estado de la calidad del aire **bueno.**



Índice de la calidad del aire

- ICA Clasificación
- Buena
 - Aceptable
 - Dañina para la salud de grupos sensibles
 - Dañina para la salud

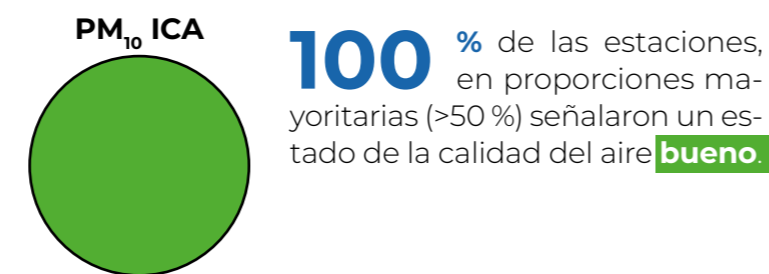
Fuente: Ideam, 2021



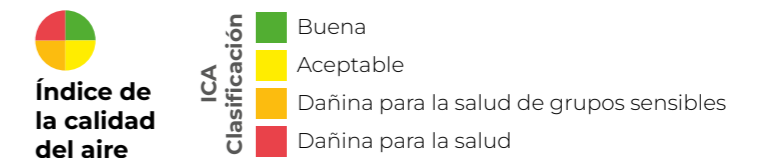
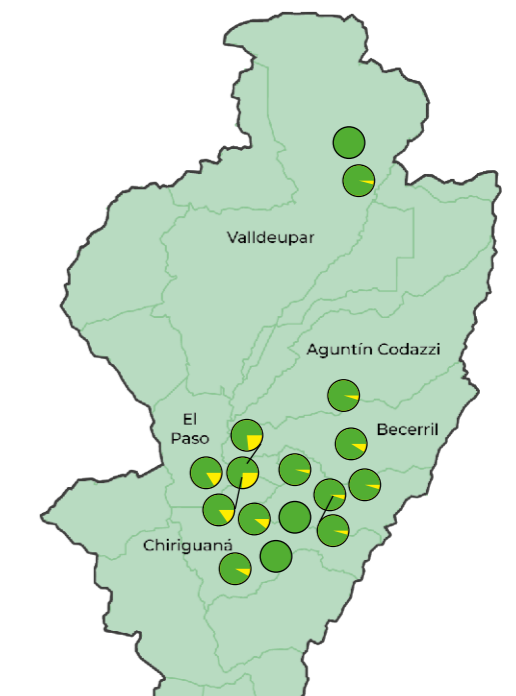
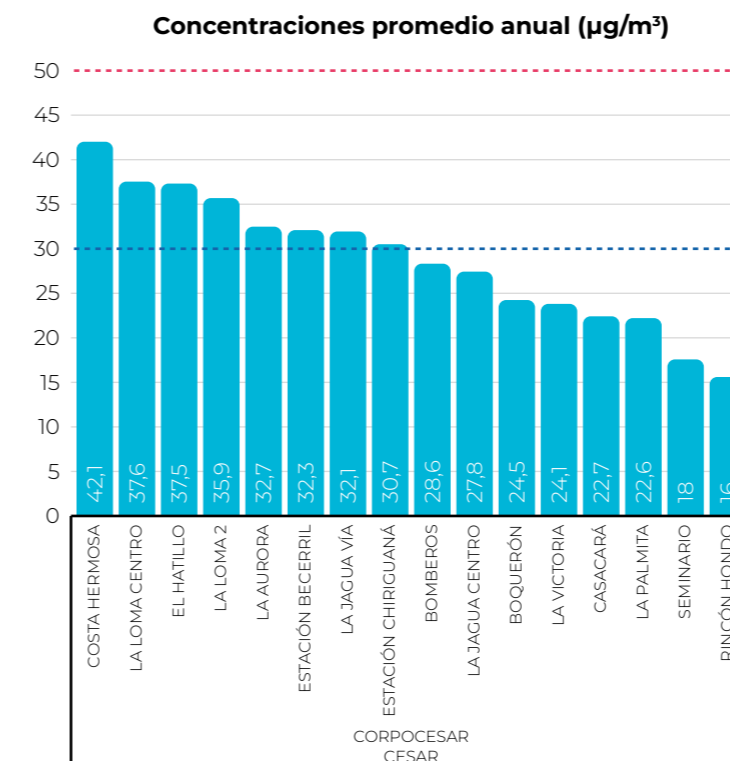
16 estaciones con representatividad temporal.

100 % de las estaciones cumplieron con el nivel máximo permisible anual vigente.

50 % de las estaciones cumplieron con el nivel máximo permisible anual proyectado a 2030.



PM₁₀ | material particulado menor a 10 micras



1 SVCA:
Corporación Autónoma Regional del Cesar – Corpocesar

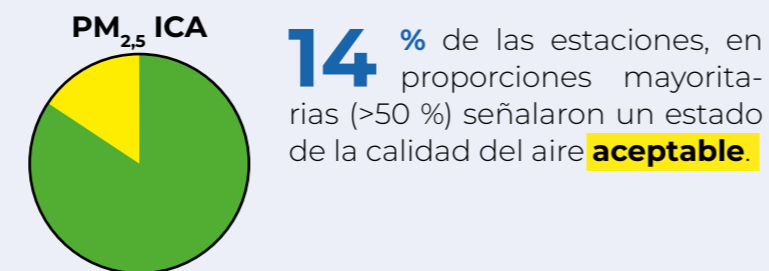
16 Estaciones:
Estaciones fijas: **16**

6 Municipios:

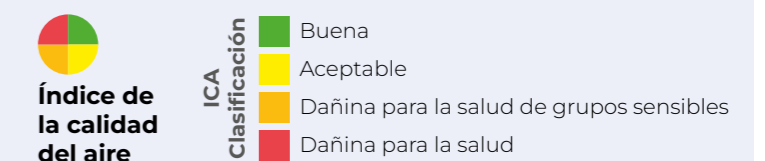
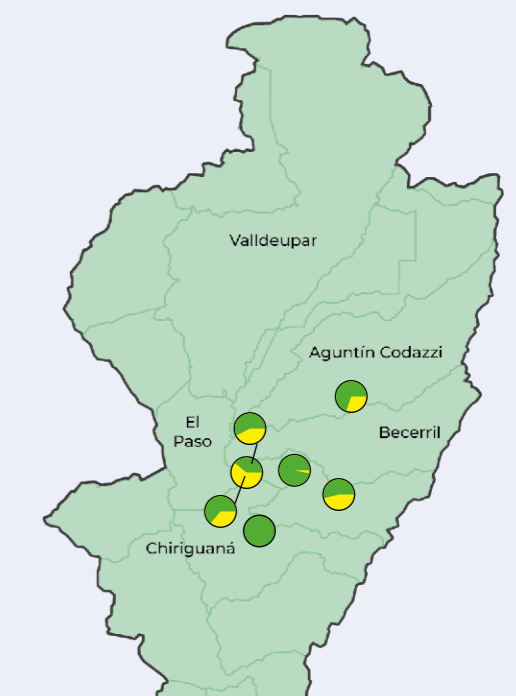
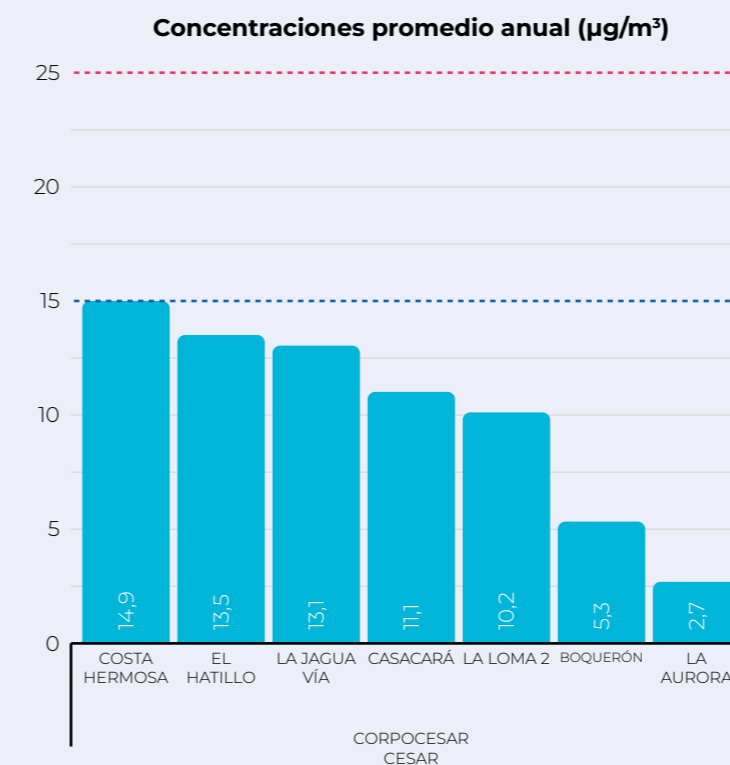


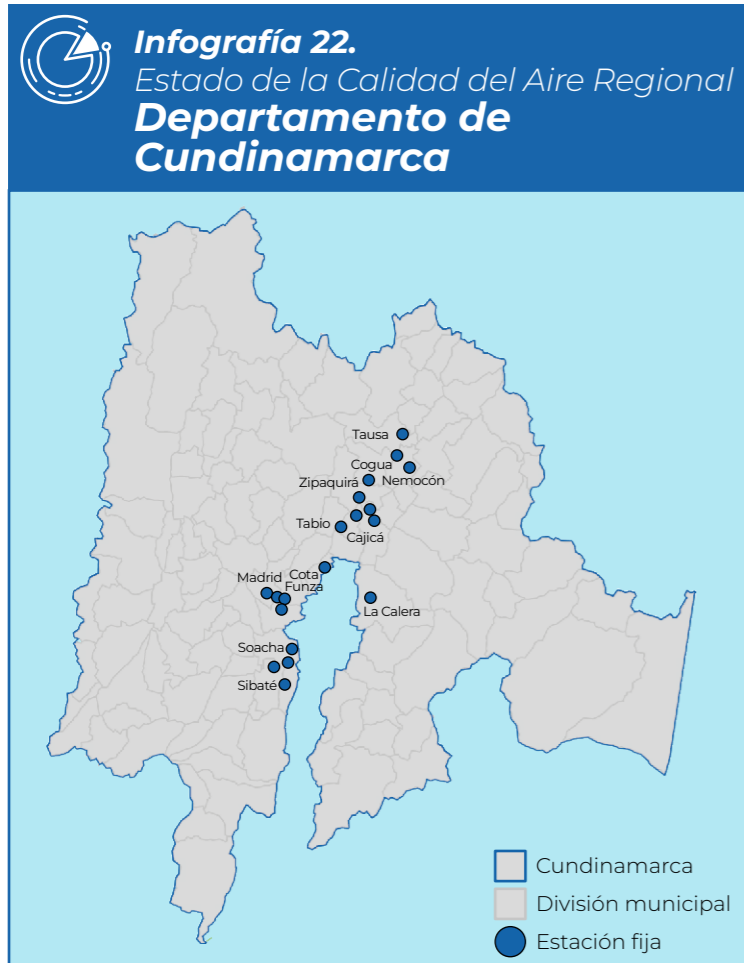
7 estaciones con representatividad temporal.

100 % de las estaciones cumplieron con el nivel máximo permisible anual vigente y con el nivel máximo permisible anual proyectado a 2030.



PM_{2,5} | material particulado menor a 2,5 micras





1 SVCA: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR

20 estaciones: Estaciones fijas: 20

14 Municipios:

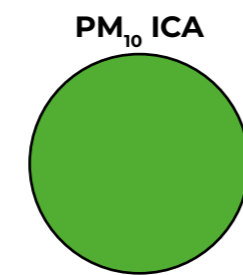
CAJICÁ	NEMOCÓN
COGUA	SIBATE
COTA	SOACHA
FUNZA	SOPO
LA CALERA	TAUSA
MADRID	TONCACIPÁ
MOSQUERA	ZIPAQUIRÁ

Fuente: Ideam, 2021

12 estaciones con representatividad temporal.

92 % de las estaciones cumplieron con el nivel máximo permisible anual vigente.

67 % de las estaciones cumplieron con el nivel máximo permisible anual proyectado a 2030.

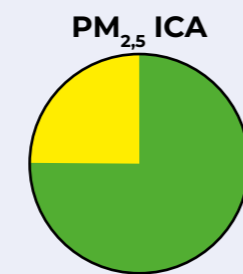


100 % de las estaciones, en proporciones mayoritarias (>50 %) señalaron un estado de la calidad del aire **bueno**.

12 estaciones con representatividad temporal.

100 % de las estaciones cumplieron con el nivel máximo permisible anual vigente.

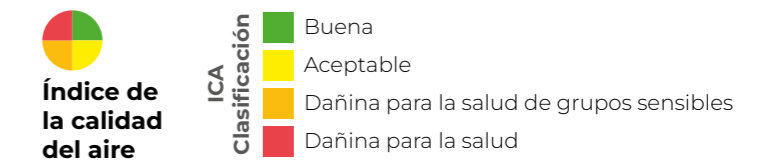
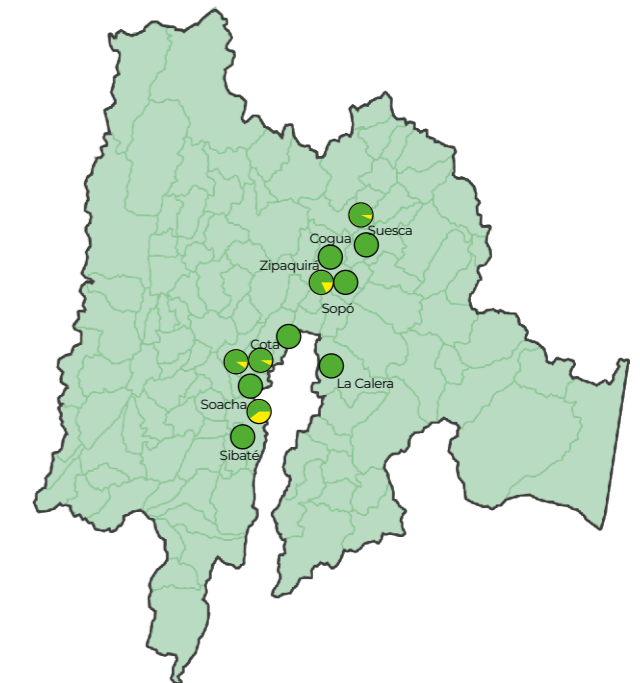
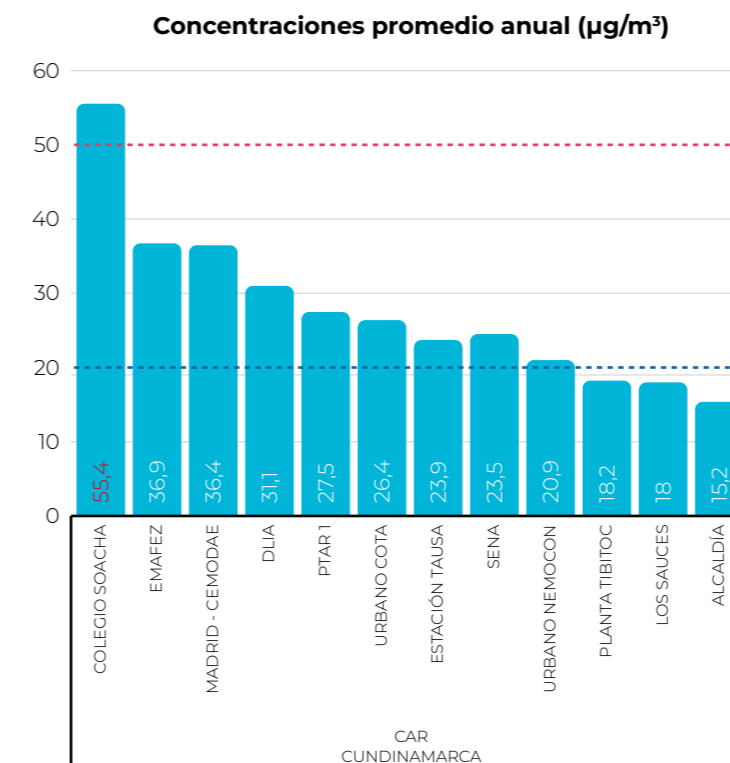
75 % de las estaciones cumplieron con el nivel máximo permisible anual proyectado a 2030.



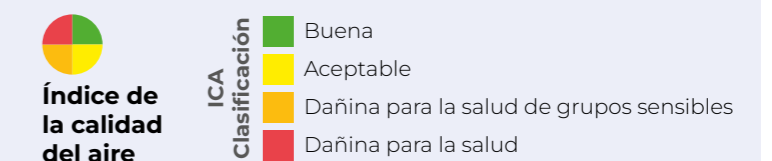
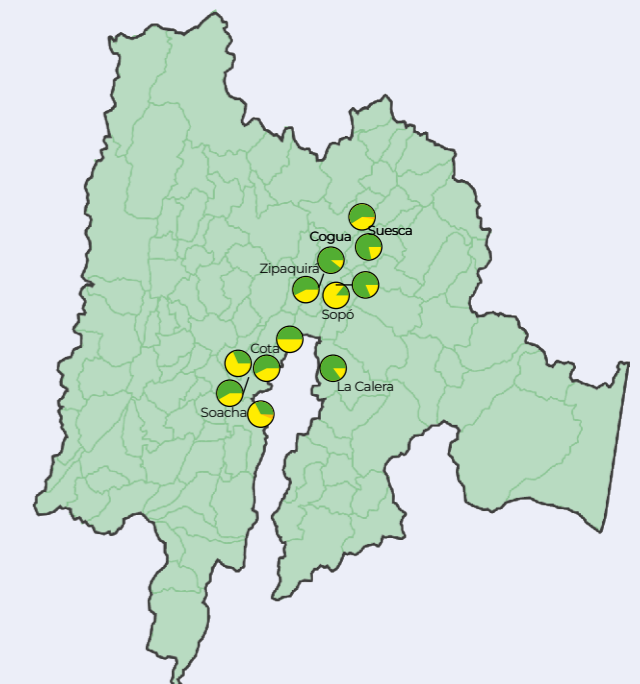
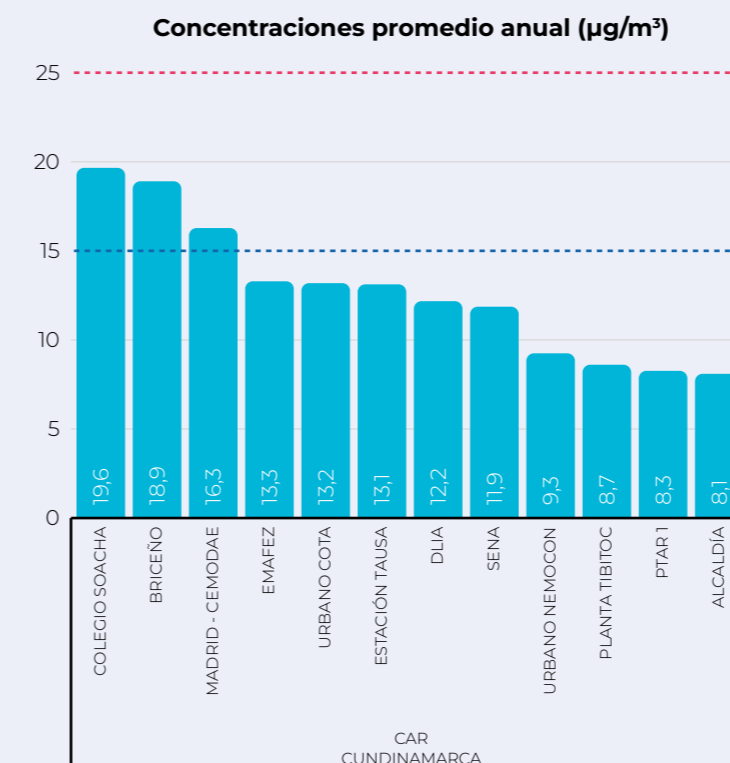
75 % de las estaciones, en proporciones mayoritarias (>50 %) señalaron un estado de la calidad del aire **bueno**.

25 % de las estaciones, en proporciones mayoritarias (>50 %) señalaron un estado de la calidad del aire **aceptable**.

PM₁₀ | material particulado menor a 10 micras



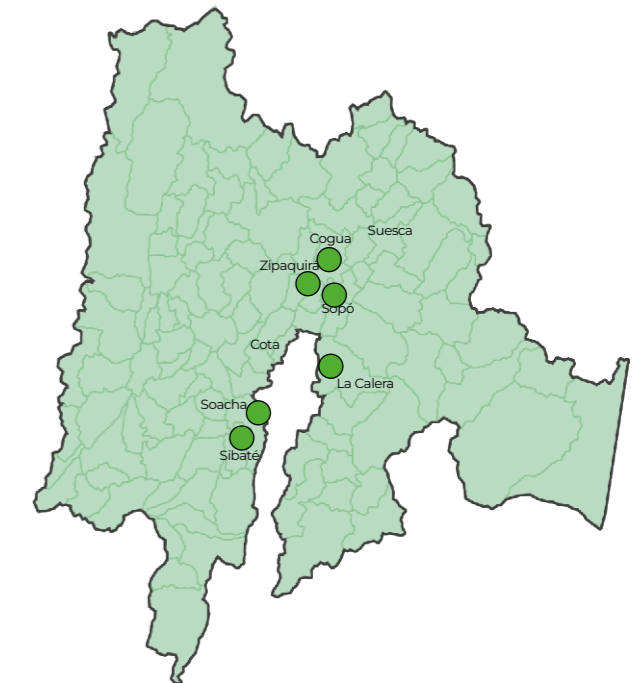
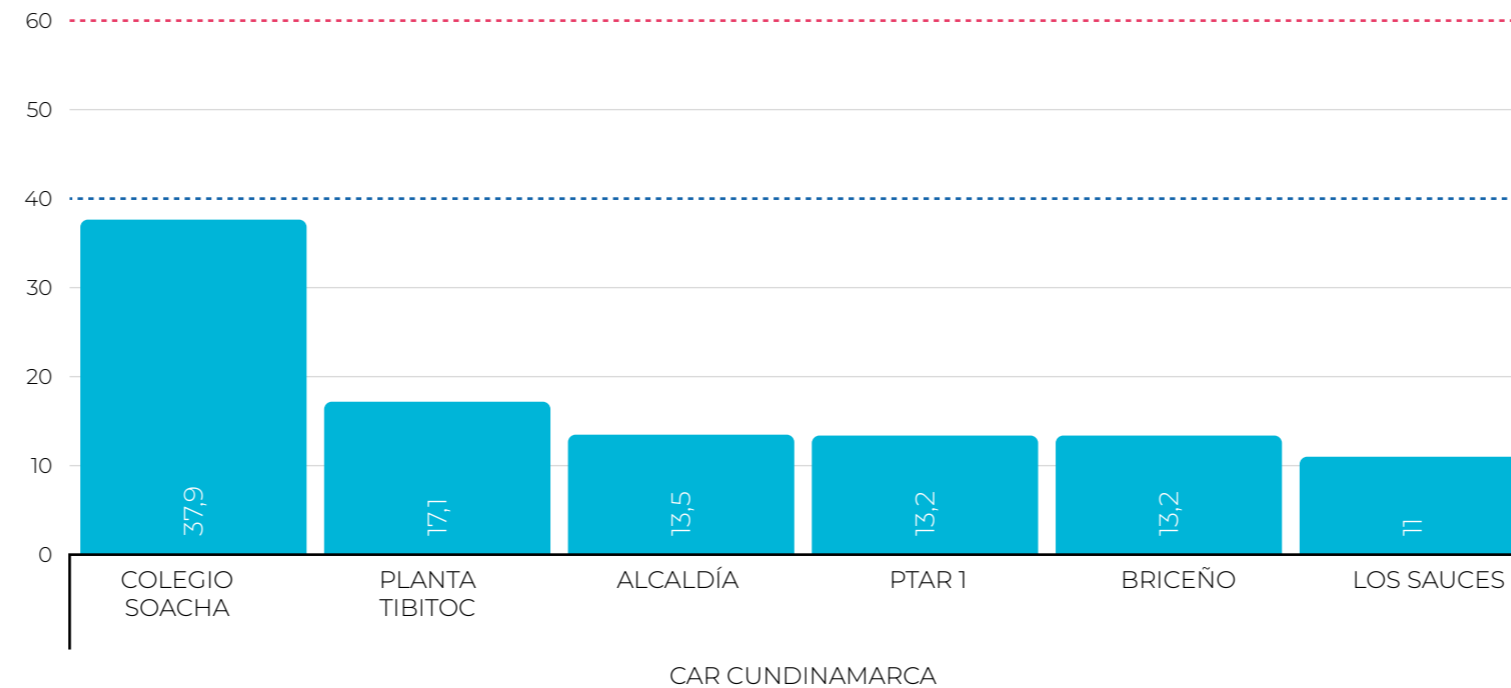
PM_{2,5} | material particulado menor a 2,5 micras





NO₂ | Dióxido de Nitrógeno

Concentraciones promedio anual (µg/m³)



Índice de la calidad del aire

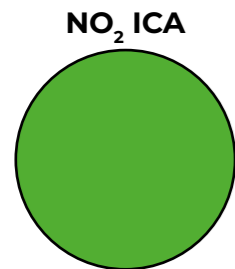
ICA Clasificación

- Buena
- Aceptable
- Dañina para la salud de grupos sensibles
- Dañina para la salud

6 estaciones con representatividad temporal.

100 % de las estaciones cumplieron con el nivel máximo permisible anual vigente.

100 % de las estaciones cumplieron con el nivel máximo permisible anual proyectado a 2030.

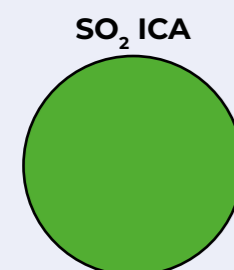


100%

de las estaciones en proporciones mayoritarias (>50 %) señalaron un estado de la calidad del aire **bueno**.

10 estaciones con representatividad temporal.

Ninguna estación registró excedencias al nivel máximo permisible diario - el SO₂ no considera nivel máximo permisible anual-

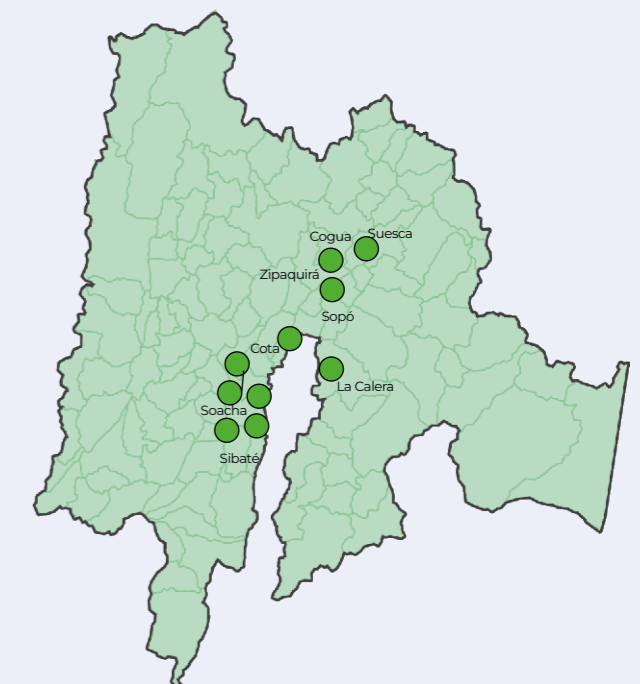
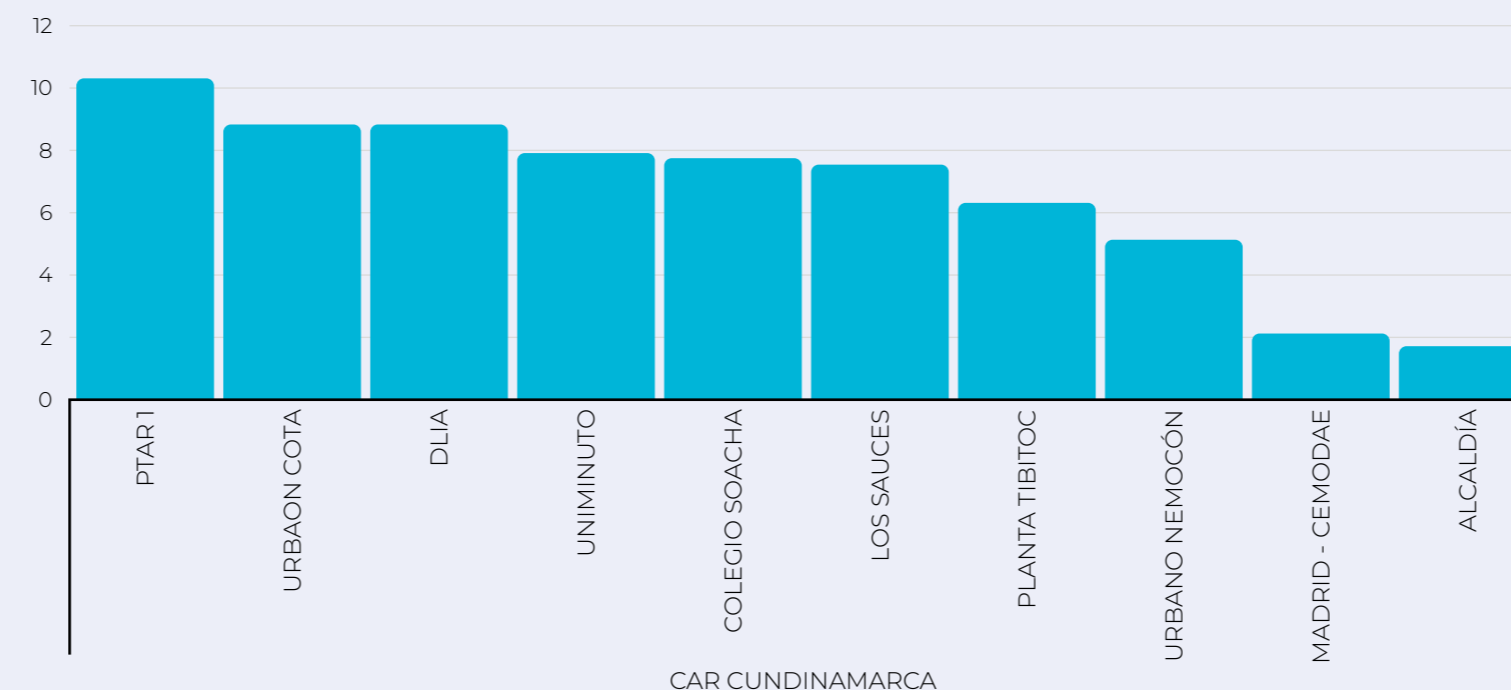


100%

de las estaciones en proporciones mayoritarias (>50 %) señalaron un estado de la calidad del aire **bueno**.

SO₂ | Dióxido de Azufre

Concentraciones promedio anual (µg/m³)



Índice de la calidad del aire

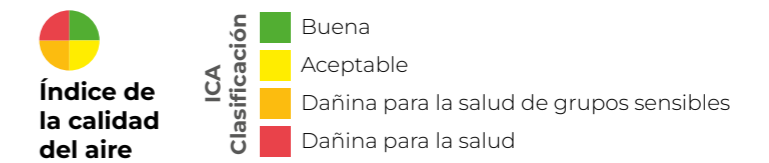
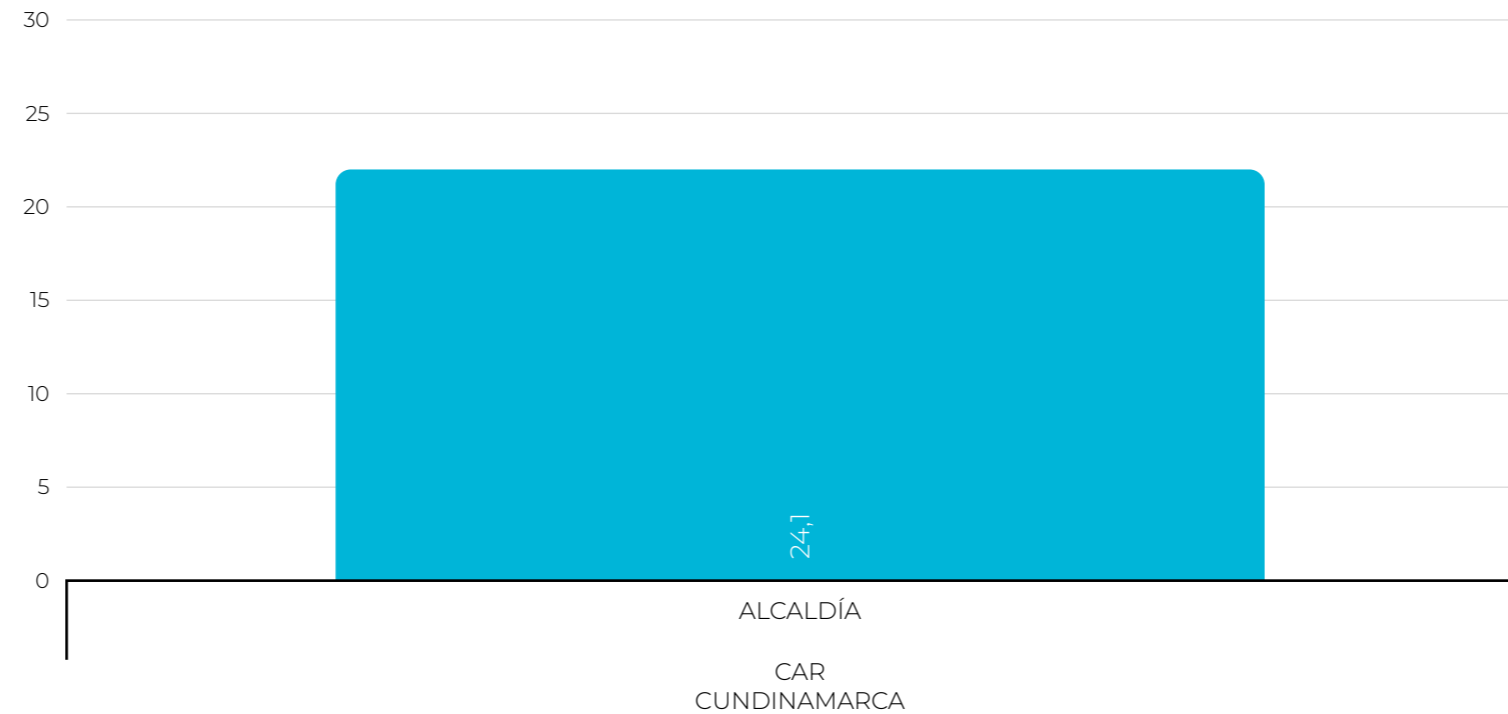
ICA Clasificación

- Buena
- Aceptable
- Dañina para la salud de grupos sensibles
- Dañina para la salud



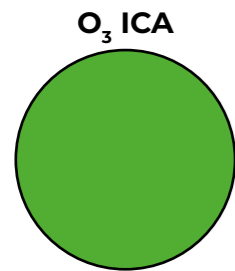
O₃ | Ozono troposférico

Concentraciones promedio anual (µg/m³)



1 estación con representatividad temporal.

La estación no reportó ningún día con excedencias al nivel máximo permisible octohorario - el O₃ no considera nivel máximo permisible anual-



La estación, en proporciones mayoritarias (>50 %) señaló un estado de la calidad del aire **bueno**

5 estaciones con representatividad temporal.

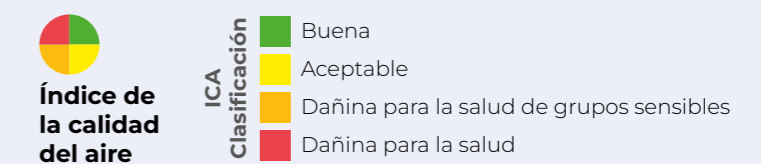
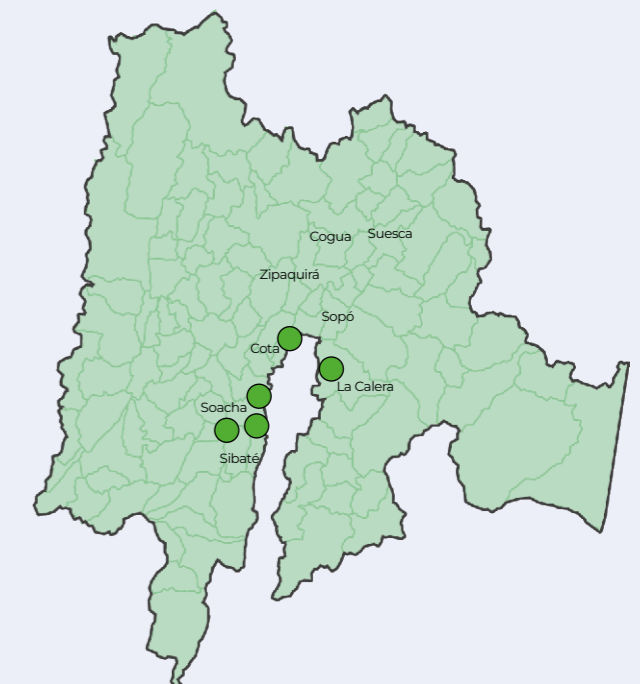
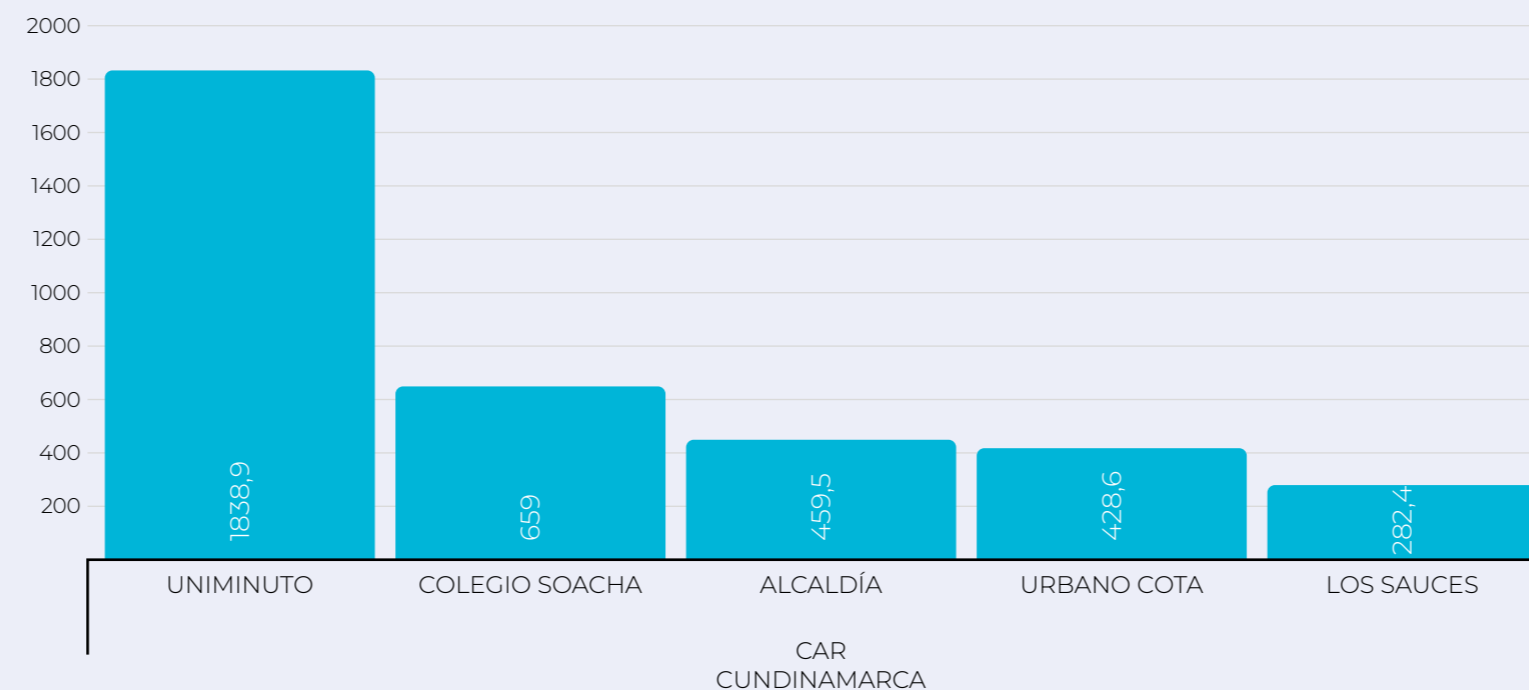
Ninguna estación reportó excedencias al nivel máximo permisible octohorario - el CO no considera nivel máximo permisible anual-



100% de las estaciones, en proporciones mayoritarias (>50 %) señalaron un estado de la calidad del aire **bueno**.

CO | Monóxido de Carbono

Concentraciones promedio anual (µg/m³)





1 SVCA:
Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena - CAM

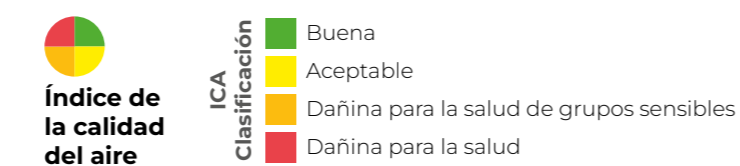
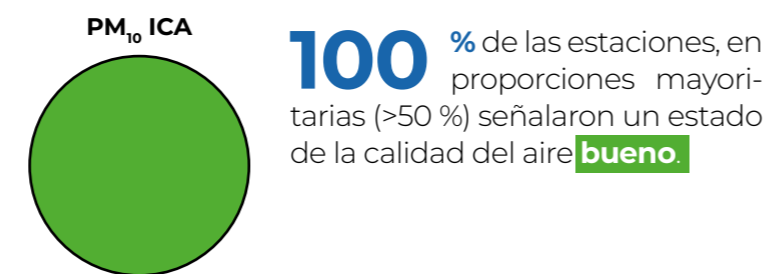
2 estaciones:
Estaciones fijas: 2

1 Municipio:

NEIVA

2 estaciones con representatividad temporal.

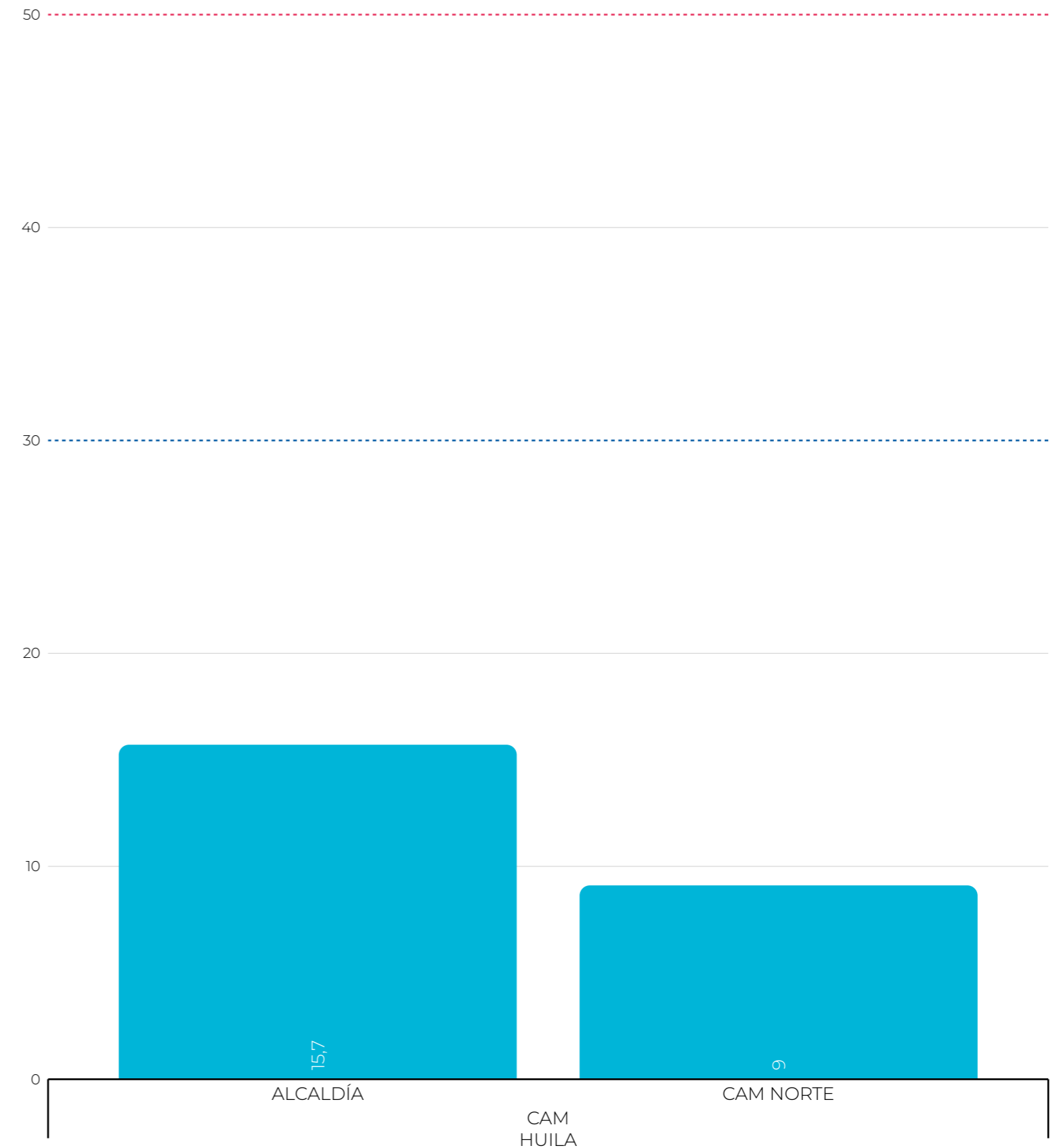
100% de las estaciones cumplieron con el nivel máximo permisible anual vigente y con el nivel máximo permisible anual proyectado a 2030.



Fuente: Ideam, 2021

PM₁₀ | material particulado menor a 10 micras

Concentraciones promedio anual (µg/m³)





Infografía 24.
Estado de la Calidad del Aire Regional
Departamento de Magdalena

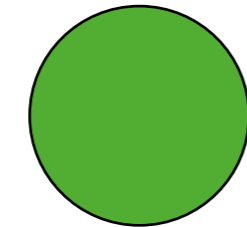


10 estaciones con representatividad temporal.

70 % de las estaciones cumplieron con el nivel máximo permisible anual vigente.

Ninguna estación cumplió con el nivel máximo permisible anual proyectado a 2030.

PM₁₀ ICA
100 % de las estaciones, en proporciones mayoritarias (>50 %) señalaron un estado de la calidad del aire **bueno**.



1 SVCA:
Corporación Autónoma Regional del Magdalena - Corpamag

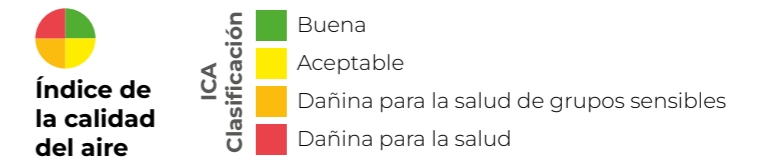
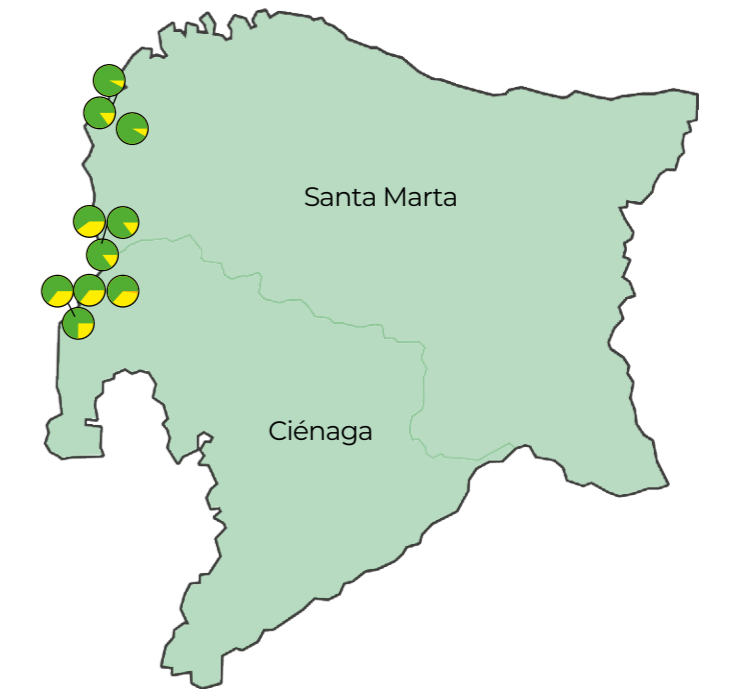
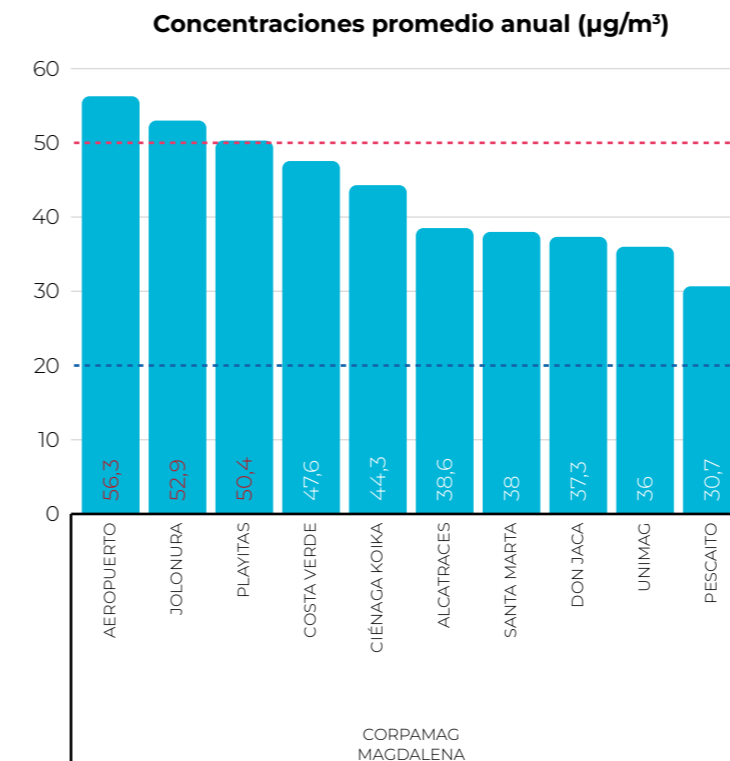
12 estaciones:
Estaciones fijas: **12**

2 Municipios:



Fuente:
Ideam, 2021

PM₁₀ | material particulado menor a 10 micras

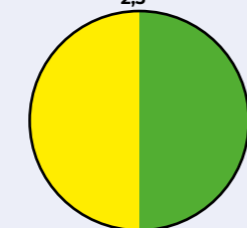


2 estaciones con representatividad temporal.

100 % de las estaciones cumplieron con el nivel máximo permisible anual vigente.

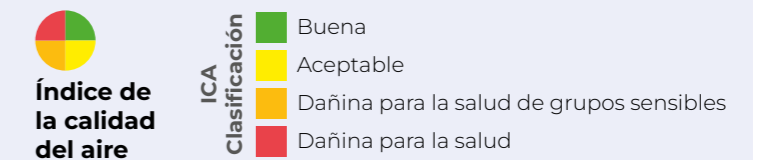
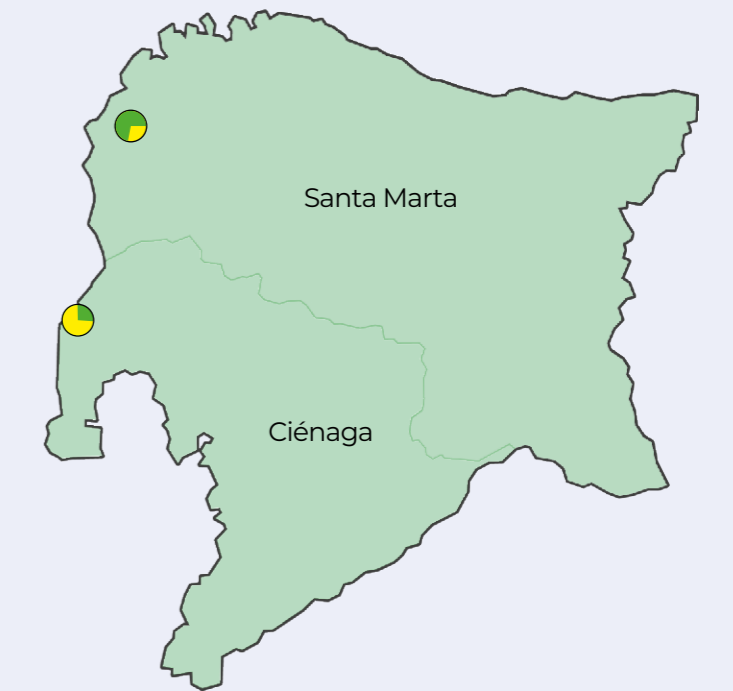
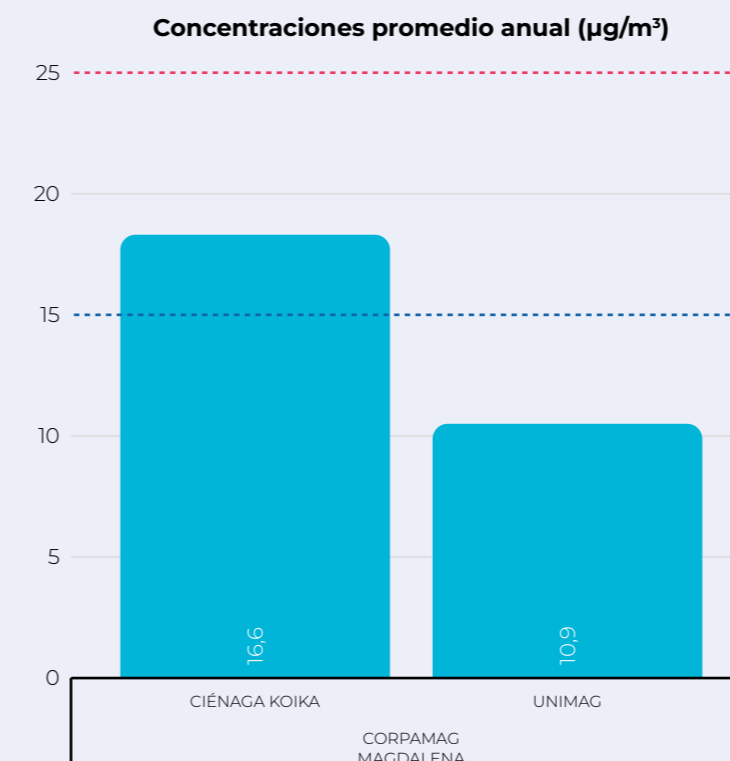
50 % de las estaciones cumplieron con el nivel máximo permisible anual proyectado a 2030.

PM_{2,5} ICA
1 % estación, en proporciones mayoritarias señala un estado de la calidad del aire **aceptable**.



1 % estación, en proporciones mayoritarias (>50 %) señaló un estado de la calidad del aire **bueno**.

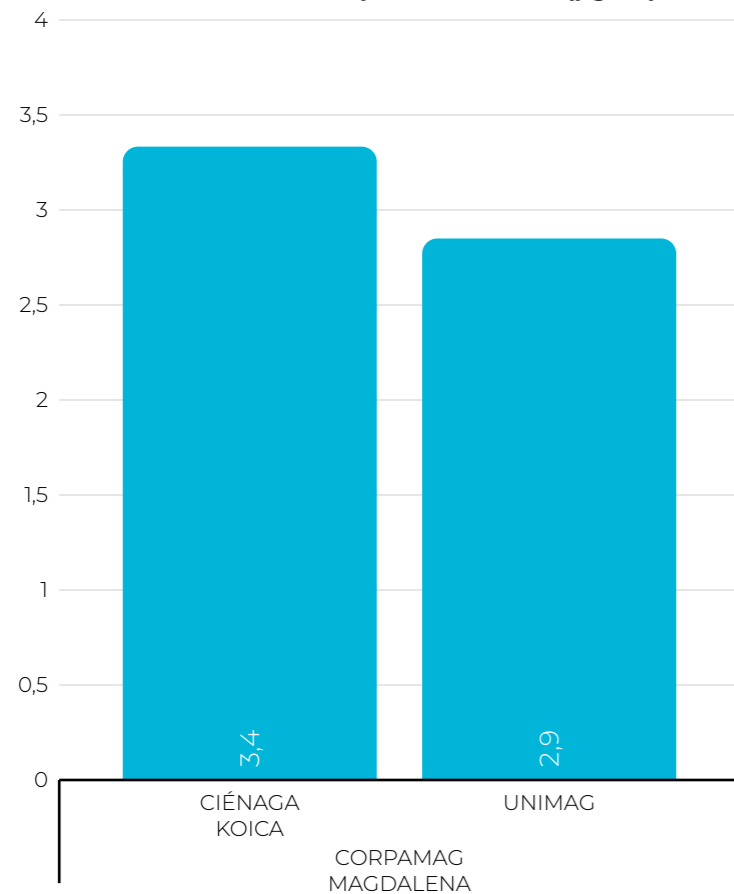
PM_{2,5} | material particulado menor a 2,5 micras





SO₂ | Dióxido de Azufre

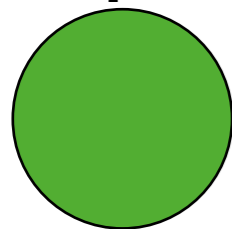
Concentraciones promedio anual (µg/m³)



2 estaciones con representatividad temporal.

La estación no registró excedencias al nivel máximo permisible diario - el SO₂ no considera nivel máximo permisible anual-

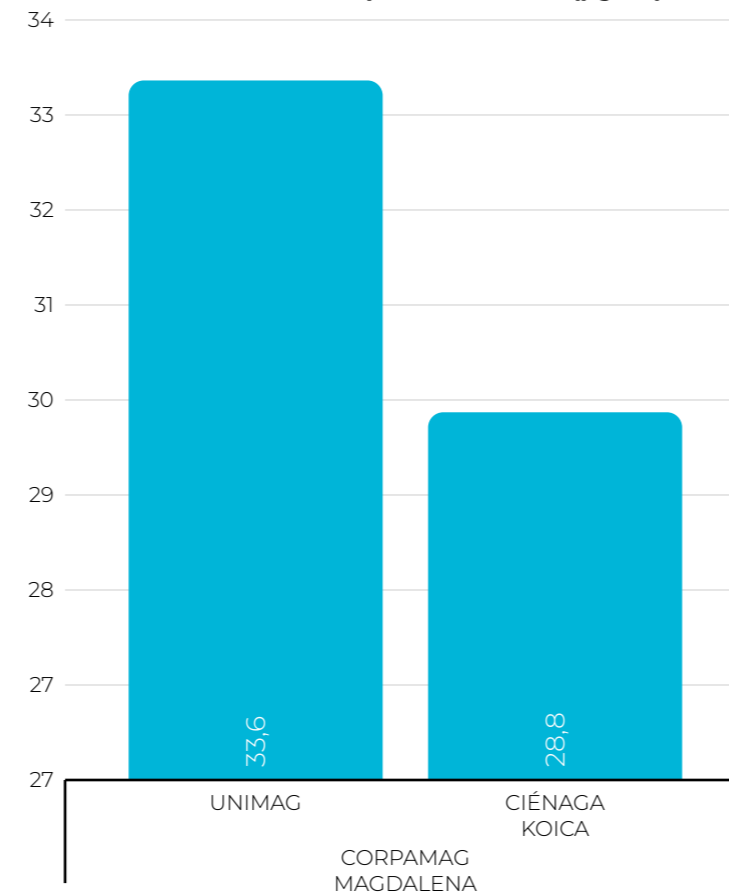
SO₂ ICA



Las estaciones, en proporciones mayoritarias (>50 %) señalaron un estado de la calidad del aire **bueno.**

O₃ | Ozono troposférico

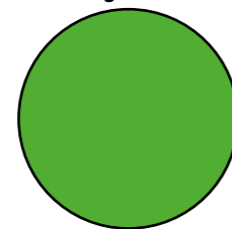
Concentraciones promedio anual (µg/m³)



2 estaciones con representatividad temporal.

La estación no reportó excedencias al nivel máximo permisible octohorario - el O₃ no considera nivel máximo permisible anual-

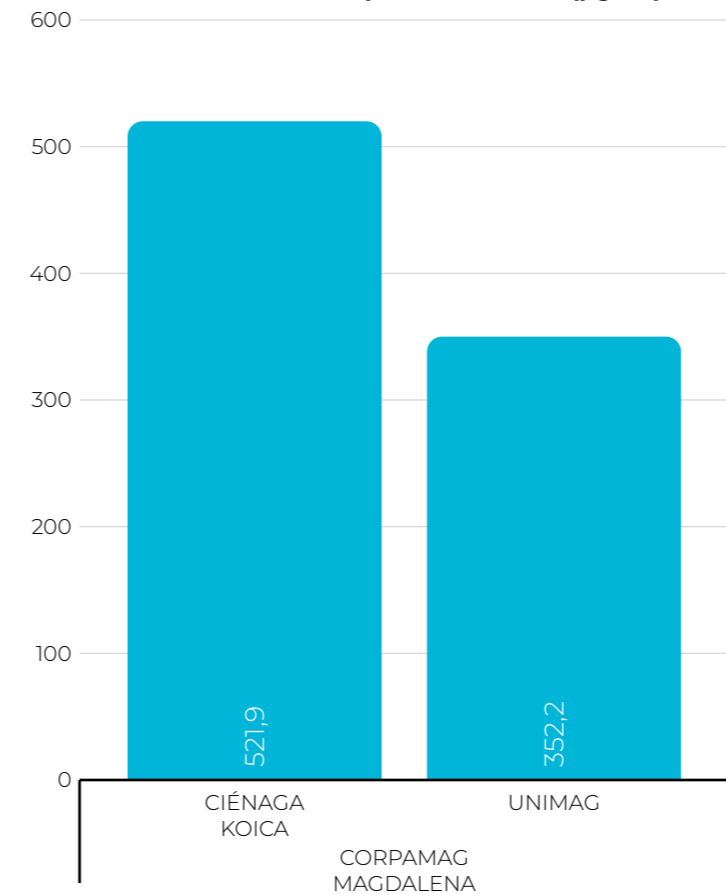
O₃ ICA



Las estaciones, en proporciones mayoritarias (>50 %) señalaron un estado de la calidad del aire **bueno.**

CO | Monóxido de Carbono

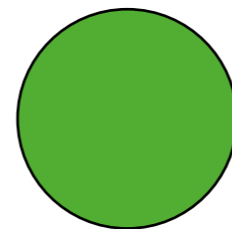
Concentraciones promedio anual (µg/m³)



2 estaciones con representatividad temporal.

La estación no registró excedencias al nivel máximo permisible octohorario - el CO no considera nivel máximo permisible anual-

CO ICA



Las estaciones, en proporciones mayoritarias (>50 %) señalaron un estado de la calidad del aire **bueno.**

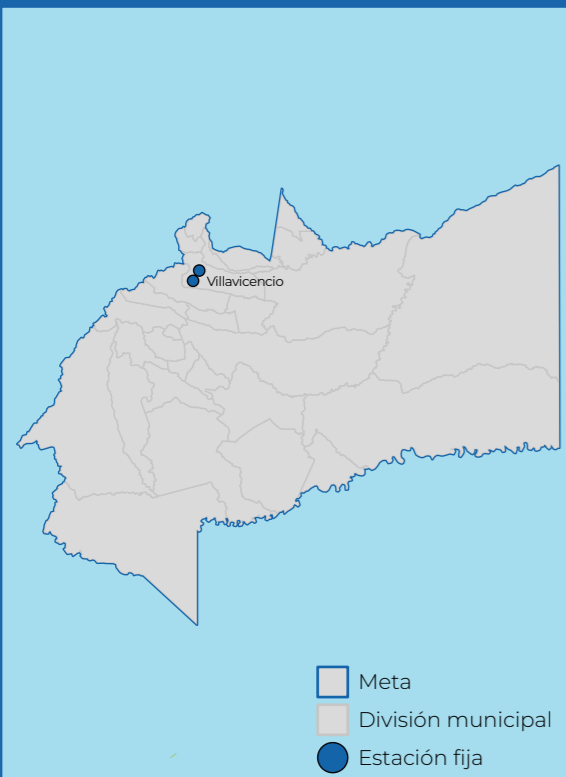


Índice de la calidad del aire

- ICA Clasificación
- Buena
 - Aceptable
 - Dañina para la salud de grupos sensibles
 - Dañina para la salud



Infografía 25. Estado de la Calidad del Aire Regional
Departamento del Meta



1 SVCA:
Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena - Cormacarena



2 estaciones:
Estaciones fijas: 2

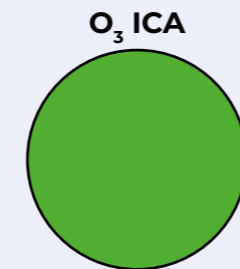
1 Municipio:



VILLAVICENCIO

1 estación con representatividad temporal.

La estación no registró excedencias al nivel máximo permisible octorario - el O₃ no considera nivel máximo permisible anual-

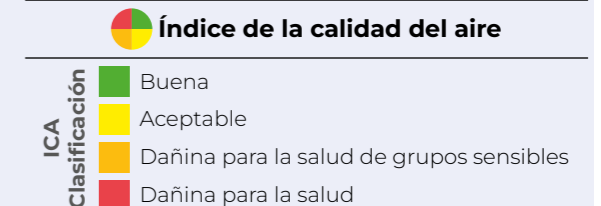
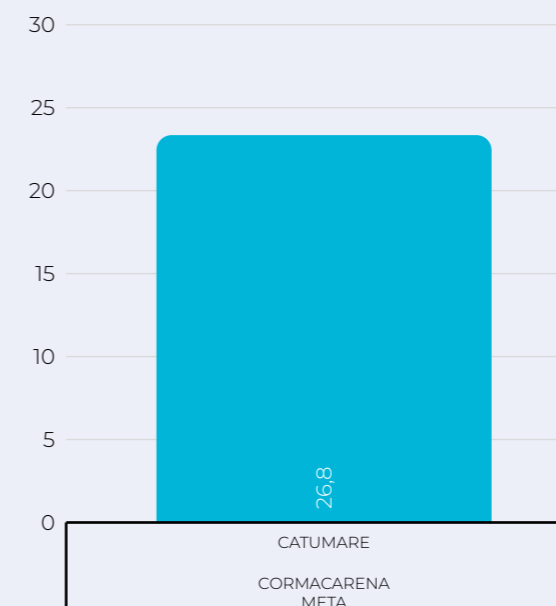


La estación, en proporciones mayoritarias (>50 %) señaló un estado de la calidad del aire **bueno**.

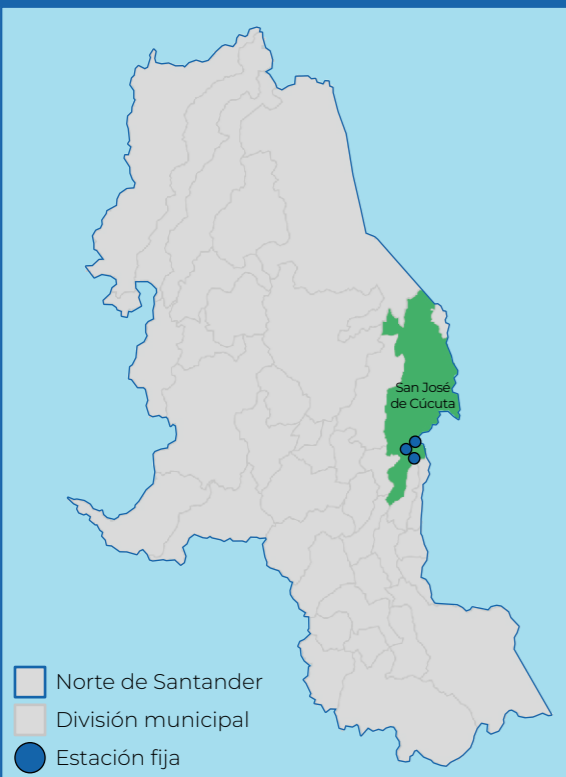
Fuente: Ideam, 2021

O₃ | Ozono troposférico

Concentraciones promedio anual (µg/m³)



Infografía 26. Estado de la Calidad del Aire Regional
Departamento Norte de Santander



1 SVCA:
Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental - Corponor



3 estaciones:
Estaciones fijas: 3

1 Municipio:

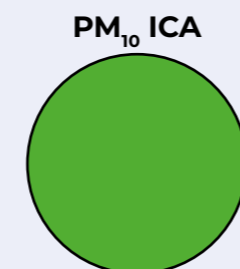


CUCUTA

3 estaciones con representatividad temporal.

100 % de las estaciones cumplieron con el nivel máximo permisible anual vigente.

Ninguna estación cumplió con el nivel máximo permisible anual proyectado a 2030.

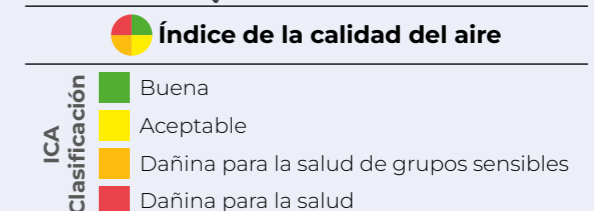
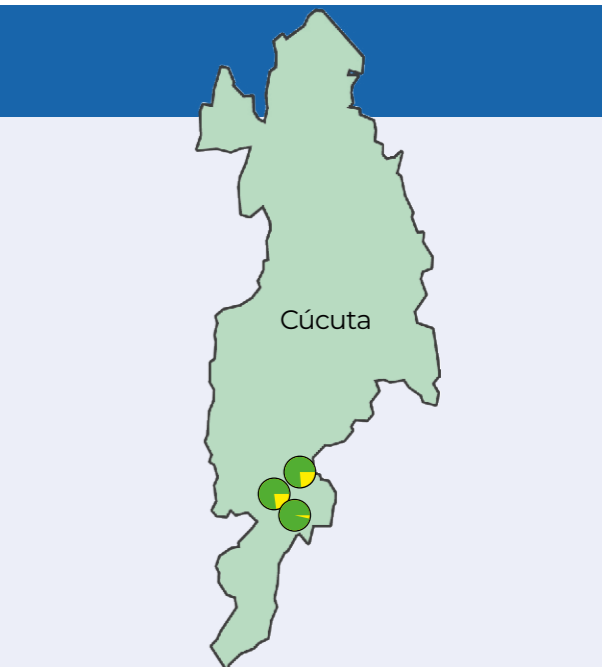
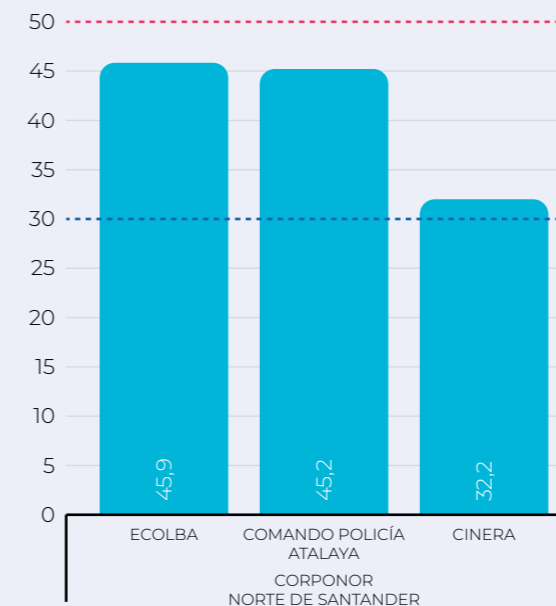


La estación, en proporciones mayoritarias (>50 %) señaló un estado de la calidad del aire **bueno**.

Fuente: Ideam, 2021

PM₁₀ | material particulado menor a 10 micras

Concentraciones promedio anual (µg/m³)





Infografía 27. Estado de la Calidad del Aire Regional Departamento de Santander

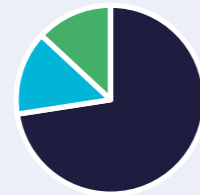


1 SVCA:
Corporación Autónoma Regional para la defensa de la meseta de Bucaramanga - CDMB



7 estaciones:
Estaciones fijas: 7

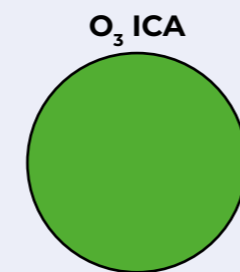
3 Municipios:



BUCARAMANGA
FLORIDABLANCA
PIEDECUESTA

1 estación con representatividad temporal.

La estación no registró excedencias al nivel máximo permisible octorario - el O_3 no considera nivel máximo permisible anual-

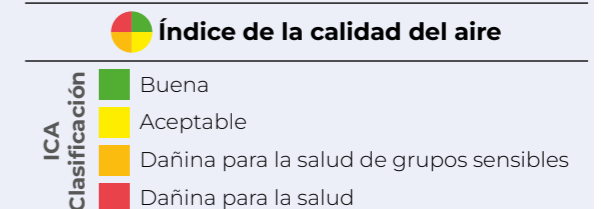
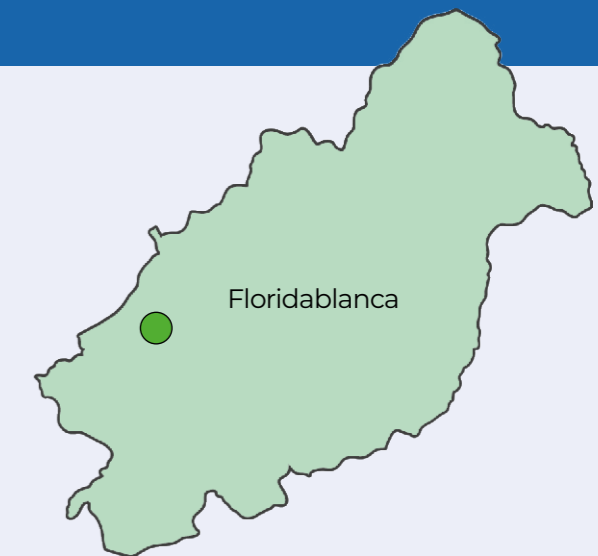
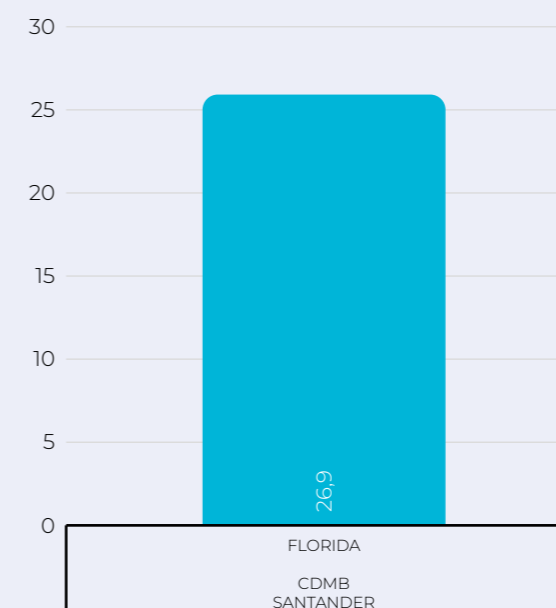


O_3 ICA
La estación, en proporciones mayoritarias (>50 %) señaló un estado de la calidad del aire **bueno**.

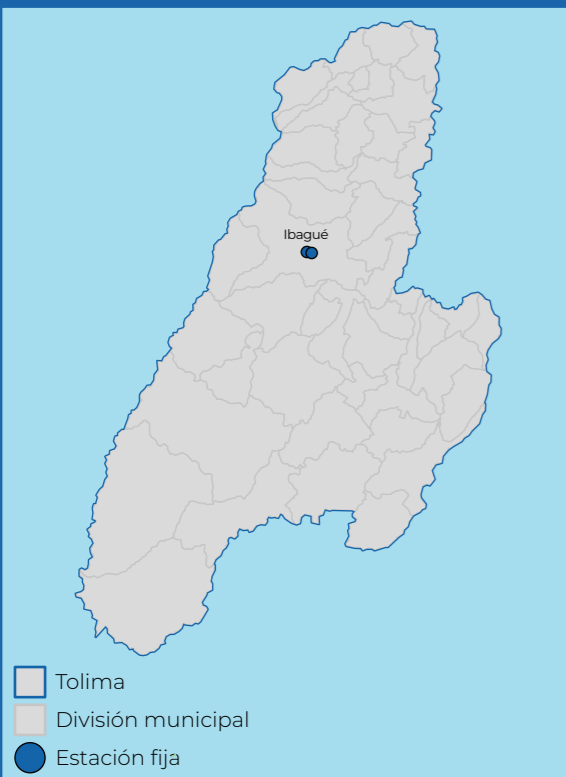
Fuente: Ideam, 2021

O_3 | Ozono troposférico

Concentraciones promedio anual ($\mu g/m^3$)



Infografía 28. Estado de la Calidad del Aire Regional Departamento del Tolima

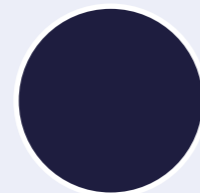


1 SVCA:
Corporación Autónoma Regional del Tolima - Cortolima



2 estaciones:
Estaciones fijas: 2

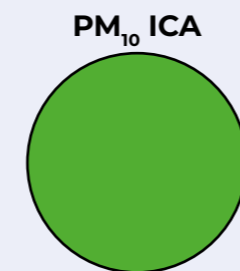
1 Municipio:



IBAGUE

2 estaciones con representatividad temporal.

100 % de las estaciones cumplieron con el nivel máximo permisible anual vigente con el nivel máximo permisible anual proyectado a 2030.

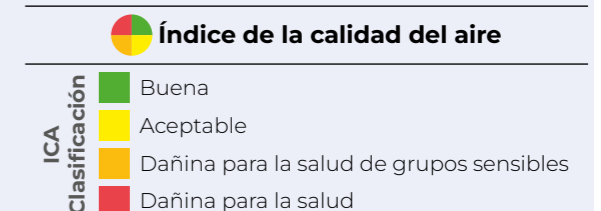
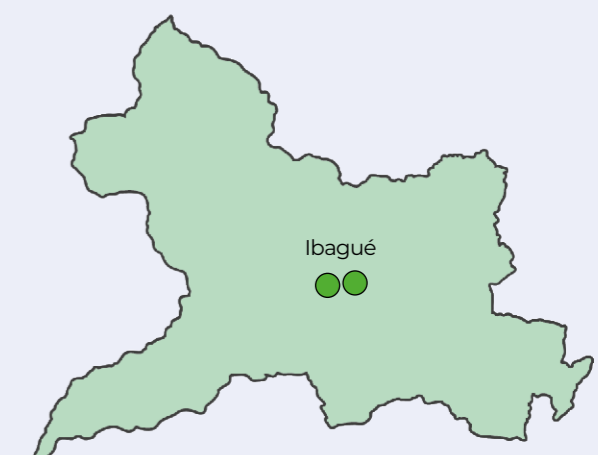


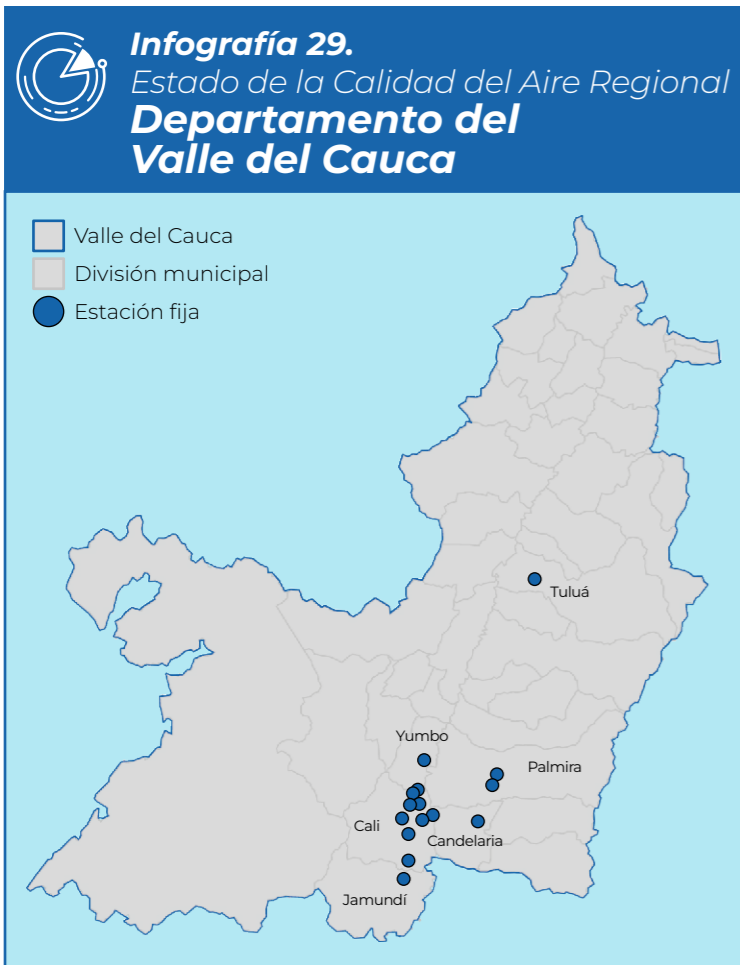
PM_{10} ICA
100% de las estaciones, en proporciones mayoritarias (>50 %) señalaron un estado de la calidad del aire **bueno**.

Fuente: Ideam, 2021

PM_{10} | material particulado menor a 10 micras

Concentraciones promedio anual ($\mu g/m^3$)





2 SVCA:
Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca – CVC: **7 estaciones**

Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente de Cali: **9 estaciones**

16 estaciones:
Estaciones fijas: **16**

6 Municipios:

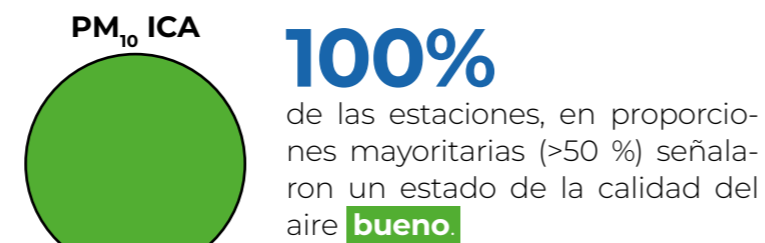


Fuente:
Ideam, 2021

3 estaciones con representatividad temporal.

100 % de las estaciones cumplieron con el nivel máximo permisible anual vigente.

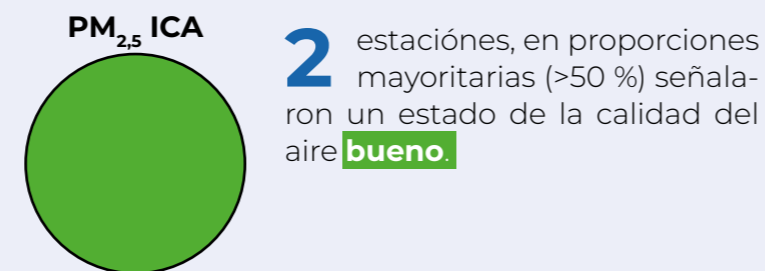
67 % de las estaciones cumplieron con el nivel máximo permisible anual proyectado a 2030.



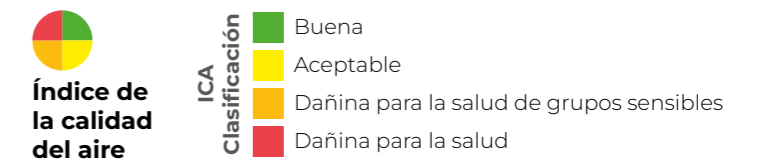
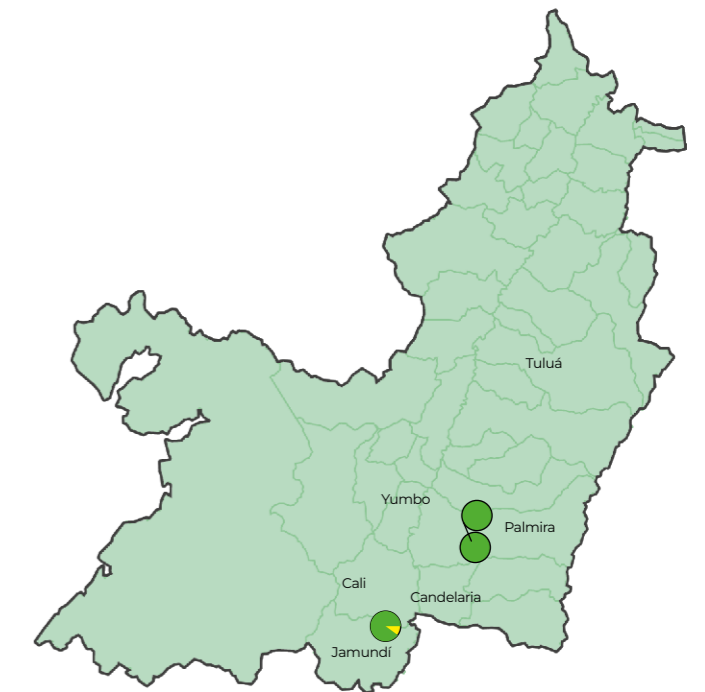
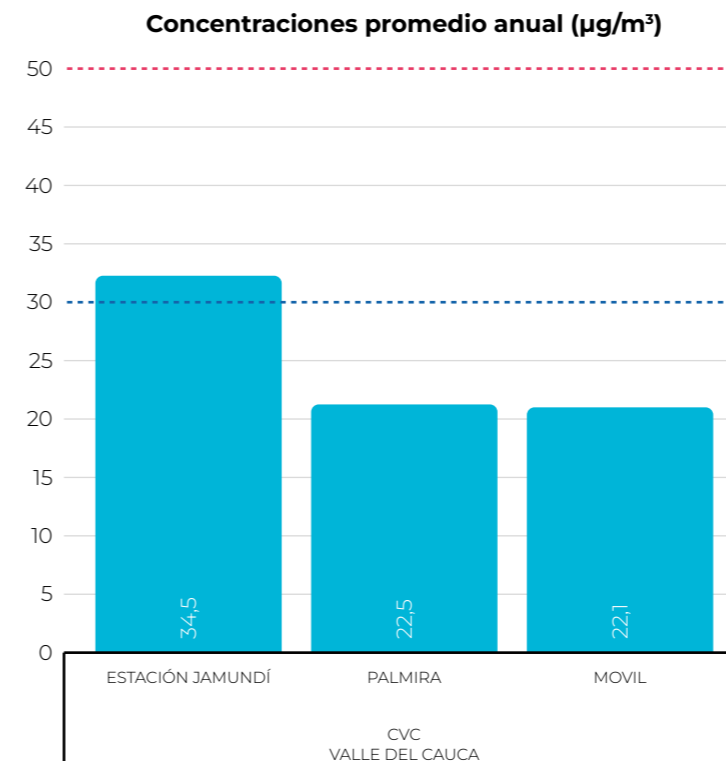
2 estaciones con representatividad temporal.

100 % de las estaciones cumplieron con el nivel máximo permisible anual vigente.

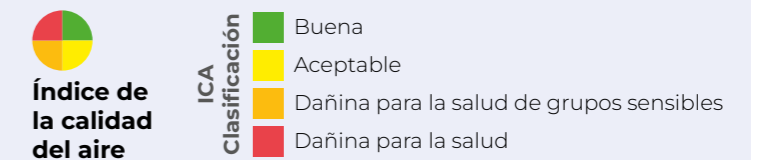
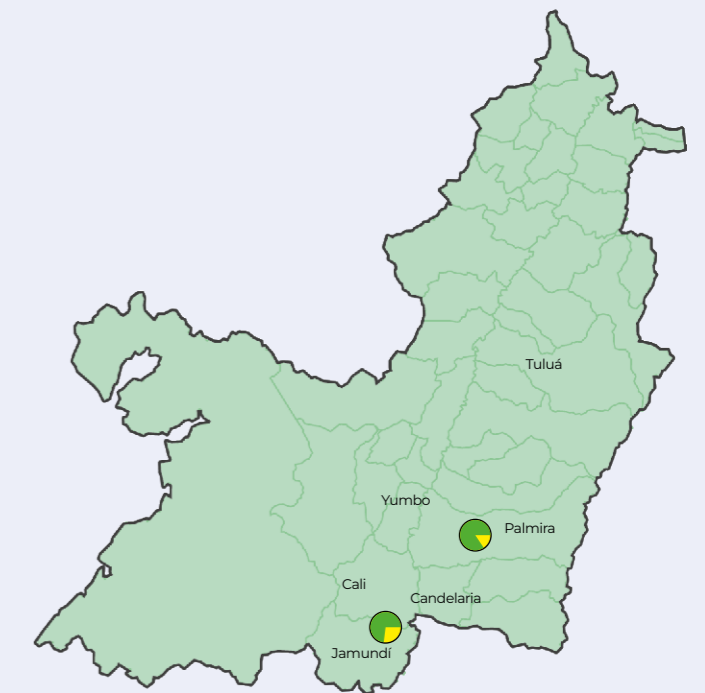
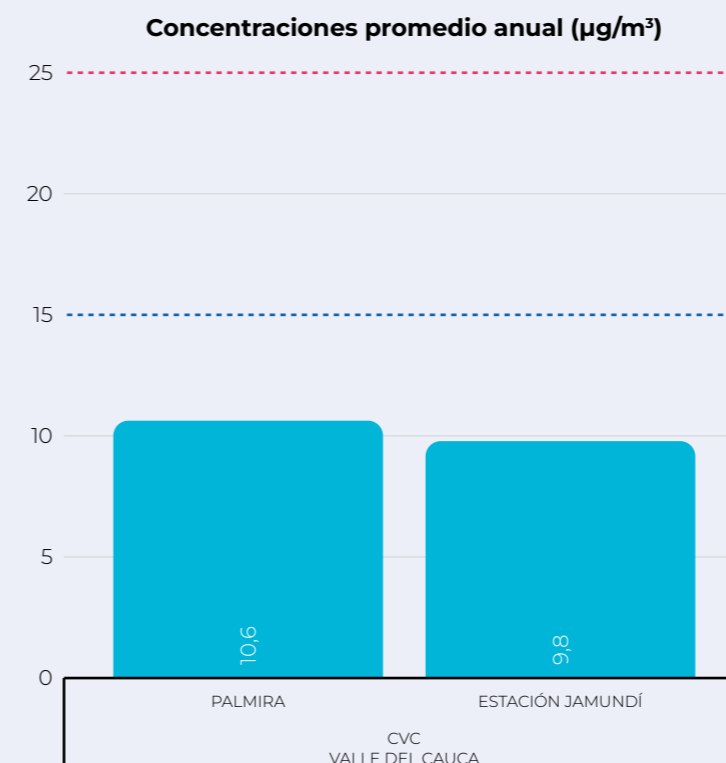
100 % de las estaciones cumplieron con el nivel máximo permisible anual proyectado a 2030.



PM₁₀ | material particulado menor a 10 micras



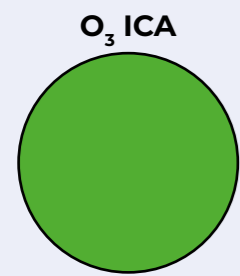
PM_{2,5} | material particulado menor a 2,5 micras





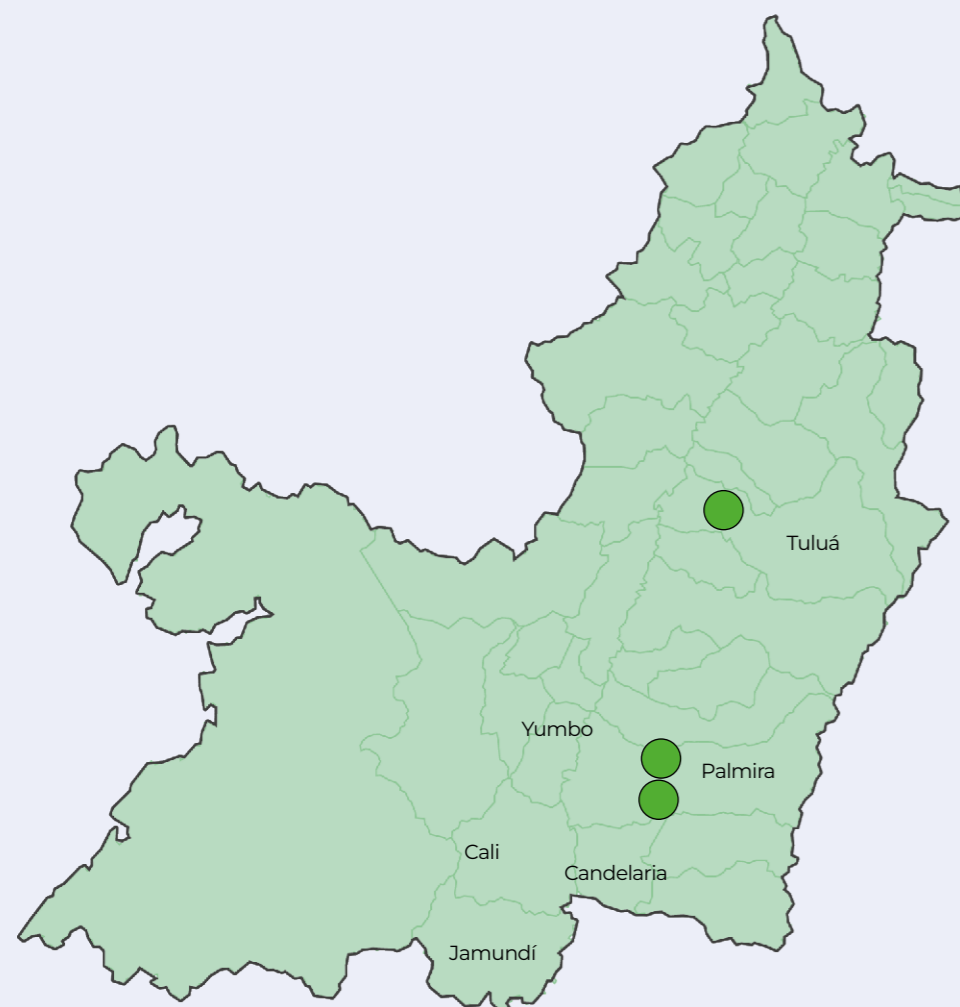
3 estaciones con representatividad temporal.

Ninguna estación registró excedencias al nivel máximo permisible octorario - el O₃ no considera nivel máximo permisible anual-



100%

de las estaciones en proporciones mayoritarias (>50 %) señalaron un estado de la calidad del aire **bueno**.



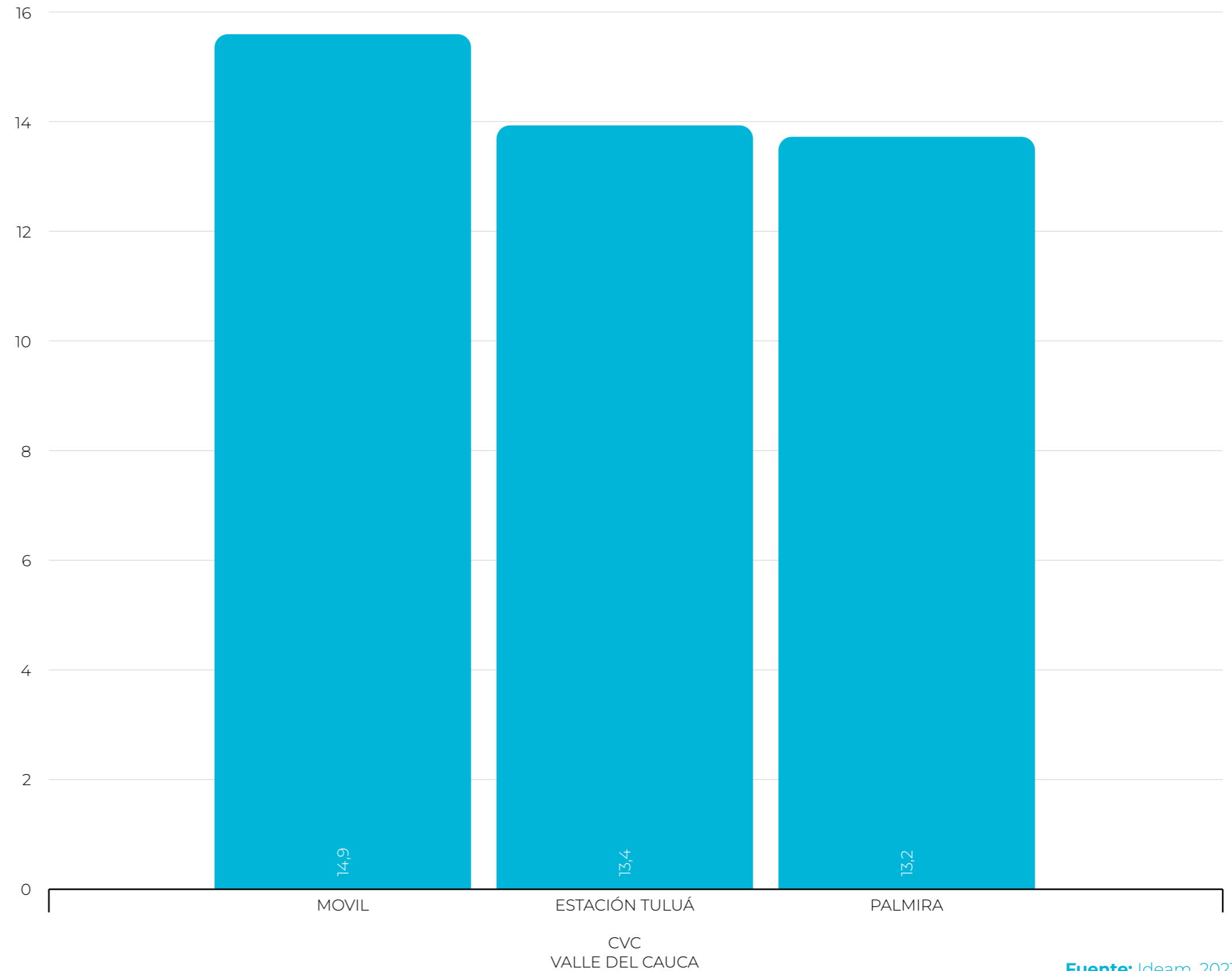
Índice de la calidad del aire

ICA Clasificación

- Buena
- Aceptable
- Dañina para la salud de grupos sensibles
- Dañina para la salud

O₃ | Ozono troposférico

Concentraciones promedio anual (µg/m³)



Fuente: Ideam, 2021



06

- **Análisis espacial de la calidad del aire en Colombia por medio de datos de satelitales**





Capítulo de colaboración elaborado por:

Jessica Acevedo¹², Ailin Cabrera¹³, Alejandro Casallas^{13, 14}, Luis Carlos Belalcazar¹², Edward Camelo¹³ y Camilo Ferro¹⁵.

Datos satelitales: Servicio de Monitoreo de la Atmósfera de Copernicus (CAMS) y puntos calientes de MODIS (FIRMS)

CAMS es el Servicio de Monitoreo de la Atmósfera de Copernicus, implementado por el Centro Europeo de Predicción Meteorológica a mediano alcance (ECMWF). CAMS tiene a su disposición información diaria sobre la composición global de la atmósfera. Este servicio genera datos de todos los contaminantes atmosféricos en una escala temporal horaria. CAMS tiene una cobertura espacial completa e incluye territorios donde hay un bajo número de estaciones de monitoreo en superficie (Inness et al. 2019). Por lo cual, esta información puede ser utilizada para complementar las redes nacionales, y tener una idea a nivel regional de cómo se comportan los contaminantes del aire, no solo en las principales ciudades sino en todo el territorio colombiano.

Los datos de reanálisis de CAMS son en su mayoría de acceso público, contienen información de composición atmosférica con una resolución espacial de 0.125°X0.125° y temporal de 3 horas (Inness et al., 2019). Para este informe se realizó la descarga de información de todo el territorio colombiano, entre las coordenadas Lat: 14 a -6 y Lon: -82 a -64. Dado que los episodios de contaminación en varias zonas de Colombia (i.e., Valle de Aburrá; Bogotá; Cali) se deben al transporte de contaminación que se genera a partir de los incendios forestales (e.g., Casallas et al. 2022b), se descargaron datos de puntos calientes (Hotspots) de la plataforma de Información sobre incendios para Sistema de Gestión de Recursos - FIRMS (NASA, 2021). Es importante mencionar que este análisis se realiza para el año 2021, pero se descarga información desde el 2010, para comparar el promedio de 2021 con respecto a los años anteriores.

Evaluación de los datos de reanálisis

La información de reanálisis de CAMS es producida por el Sistema de Pronóstico Integrado (IFS) del ECMWF. Con esta información se pueden generar revisiones de tendencias de diferentes materiales contaminantes de la atmósfera. Sin embargo, en estudios previos se ha encontrado que los datos pueden ser inconsistentes con las mediciones de superficie, por lo que es recomendable realizar una evaluación previa (Casallas et al., 2022b). Para ello realizamos una comparación de los datos de reanálisis con las mediciones en superficie, por medio de 9 parámetros estadísticos. El coeficiente de correlación (Rho) y el índice de concordancia (IOA) muestran la habilidad del reanálisis para describir el comportamiento del contaminante. Por otro lado, el sesgo medio normalizado (NMB), la raíz del error cuadrático medio que determina la desviación estándar (RMSE), sesgo medio (MB), y factor de dos (FAC2) permiten conocer la precisión del reanálisis con respecto a las mediciones in-situ. En cuanto a las estadísticas categóricas, estas indican si el reanálisis es capaz o no de identificar eventos, o si reproduce eventos que no se produjeron. Entre estas se encuentran, la tasa de éxito (HIT), la tasa de falsas alarmas (FAR), y la proporción de corrección (POC). Para interpretar los resultados, es importante tener en cuenta que para las estadísticas como: Rho, HIT, IOA, FAC2 y POC los resultados deben aproximarse al 100 %. Mientras que para los parámetros como: MB, RMSE, NMB y FAR deben ser cercanos al 0.

Adicionalmente, se pueden generar criterios para definir si los datos de reanálisis tienen la suficiente precisión para ser usados. En este caso y siguiendo a Celis et al. (2022) y a Casallas et al. (2022b), se toma como punto de referencia que FAC2 y POC tengan un valor de precisión de al menos el 50 % para que sean aceptables en su uso. En términos de HIT 60 % y FAR 40 %, el modelo debe ser capaz de identificar eventos producidos con la calidad del aire sin producir falsas alarmas. Para ampliar la información de cada parámetro estadístico el lector se puede remitir al material suplementario de Celis et al. (2022).

Análisis de magnitudes y anomalías de los contaminantes criterio

Utilizando los datos de reanálisis, se determina la magnitud de los contaminantes para el 2021, por medio del cálculo del promedio anual. Adicionalmente, para identificar los cambios en las concentraciones de los contaminantes, se calcularon las anomalías. Las cuales se definen como la resta del promedio anual del año 2021 con respecto al promedio multianual (2010-2020) para todo el territorio colombiano. Con los resultados obtenidos, se realizó un análisis que tiene dos objetivos, i) identificar las zonas de mayor contaminación por contaminante, y ii) determinar en cuales zonas los contaminantes aumentaron o disminuyeron con respecto a los valores promedio. Esto con el fin de analizar las posibles razones asociadas a los comportamientos de cada

contaminante en el país. Para realizar este análisis, se consideró la radiación incidente (Hersbach et al. 2018) del catálogo de ERA 5, dado que el O₃ está muy relacionado con ella, y también los datos de puntos calientes Hotspots.

Validación de reanálisis

La evaluación realizada en este estudio compara PM₁₀, PM_{2,5}, O₃, NO₂, NO, SO₃ de los datos de reanálisis con los datos medidos en superficie en diferentes municipios de Colombia. Los resultados de los 9 parámetros estadísticos muestran que el reanálisis tiene buena precisión para representar O₃, PM₁₀, PM_{2,5} y SO₂, mientras que fallan al representar el NO₂ y en especial el NO. Los valores de MB y NMB muestran la presencia de sesgos negativos y positivos, ciudades como la Calera para el O₃ y Sibate para PM₁₀ presentan los mayores sesgos positivos, mientras los sesgos negativos fueron más frecuentes en los datos de NO, NO₂ y SO₂. Esto indica que, para el O₃ y los aerosoles, el reanálisis tiende a sobreestimar los valores, mientras que, para gases como el Nitrógeno y el Azufre, CAMS tiende a subestimarlos.

12. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.

13. Universidad Sergio Arboleda. Bogotá, Colombia.

14. Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics. Trieste, Italia.

15. Aqualogs SAS. Bogotá, Colombia.

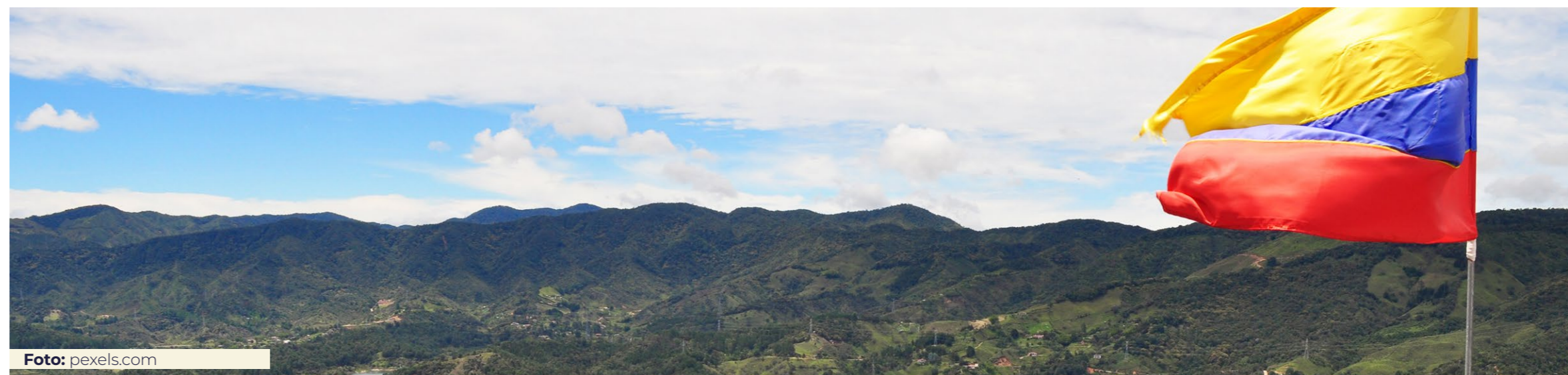


Foto: pexels.com

El coeficiente de correlación (Rho) indica la fuerza de correlación de las variables, para las ciudades donde Rho es mayor a 0.5 se puede decir que existe una correlación entre los conjuntos de datos, esto significa que CAMS puede reproducir las concentraciones de PM_{10} y $PM_{2.5}$ con buena precisión. Sin embargo, las estadísticas que cuantifican bajas magnitudes, indican fallos de sobrestimación en comparación con las mediciones. Resultados que coinciden con lo previamente estudiado por Casallas et al. (2022b), quienes encontraron un Rho superior a 0.5 para el $PM_{2.5}$ en 19 de 31 ciudades. Por otro lado, estos resultados coinciden con Velea et al. (2020), quienes encontraron buena correlación entre sus estaciones y los datos ofrecidos por CAMS (en Rumanía), aunque el nivel de correlación varía entre los diferentes años, encontrando un máximo de 0.7 para el 2014.

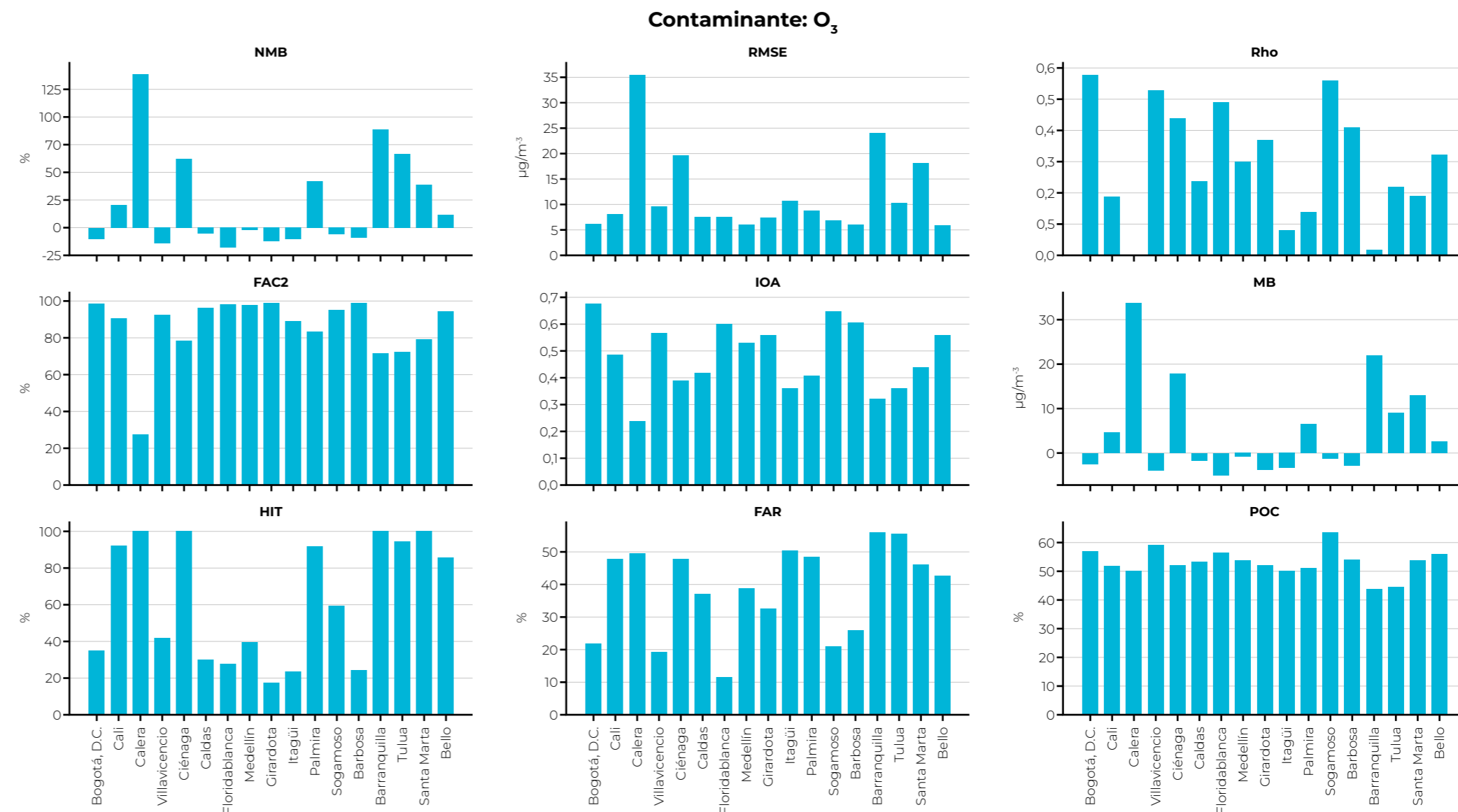
En cuanto al FAC2 y el IOA, el O_3 muestra resultados bajos en la Calera. Para el PM_{10} se encuentra que Amagá y Sibaté tienen los puntajes más bajos, en el caso de $PM_{2.5}$ la Calera y Mosquera cuenta con las estadísticas menor favorecedoras. Las demás ciudades obtuvieron resultados superiores al 50 % y algunos cercanos al 100 %. Por otro lado, en el caso del NO_2 , Sibaté obtuvo el mayor puntaje (FAC2>0.7). Lo anterior concuerda con lo encontrado por Liora et al. (2021) en Grecia, quienes mostraron que los resultados pueden ser afectados por variaciones meteorológicas. Por ejemplo, para la evaluación de O_3 ellos obtuvieron valores en promedio de 0.75 para IOA y 1.18 en FAC2, mientras que sus resultados para NO_2 y NO fueron inferiores comparados respecto al O_3 , como también se encontró en este estudio.

En cuanto a los parámetros categóricos (i.e., FAR, HIT y POC), los valores de HIT superiores al 60 % (e.g., Cali) muestran que CAMS representa correctamente más de la mitad de los datos que se han comparado con mediciones superficiales. En general los mejores resultados para estas estadísticas pertenecen a la evaluación realizada a $PM_{2.5}$. Pues en su mayoría cumplen con los criterios propuestos por Casallas et al. (2022b) y mencionados anteriormente.

Debido a que las celdas de la malla tienen una resolución relativamente grande de aproximadamente 30 km, y algunos sitios de monitoreo incluyen áreas que no son urbanas o son aún más pequeñas que la resolución, esto produce subestimaciones en las mediciones de CAMS respecto a los datos in situ. Adicionalmente, se encuentra que CAMS falla en aquellas ciudades donde no hay estaciones disponibles o las mediciones son limitadas, además, los recorridos satelitales no las favorecen, por lo que la entrada en el forzamiento del modelo no produce los cambios necesarios para que los resultados sean favorables. Estos resultados muestran que, si bien CAMS no debe ser usado como fuente de información primaria, este sí es una herramienta muy útil para estudiar la distribución espacial de la contaminación en todo el territorio. Sin embargo, combinar esta estrategia con otros productos como TROPOMI (e.g., Herrera Torres 2020), o GEOS-CHEM, puede reducir la incertidumbre de los resultados, y por ende hacerlos más precisos.



Figura 40. Parámetros estadísticos calculados a partir de datos diarios de las 17 ciudades seleccionadas para la validación del reanálisis. Esta validación utiliza la media diaria de los datos medidos en superficie durante el año 2021. En algunos casos, los puntos de datos para el cálculo son <365, debido a la disponibilidad de datos. Cada panel muestra un parámetro de evaluación, y el eje-y cuenta con la unidad correspondiente.



Fuente: Autores, 2021.

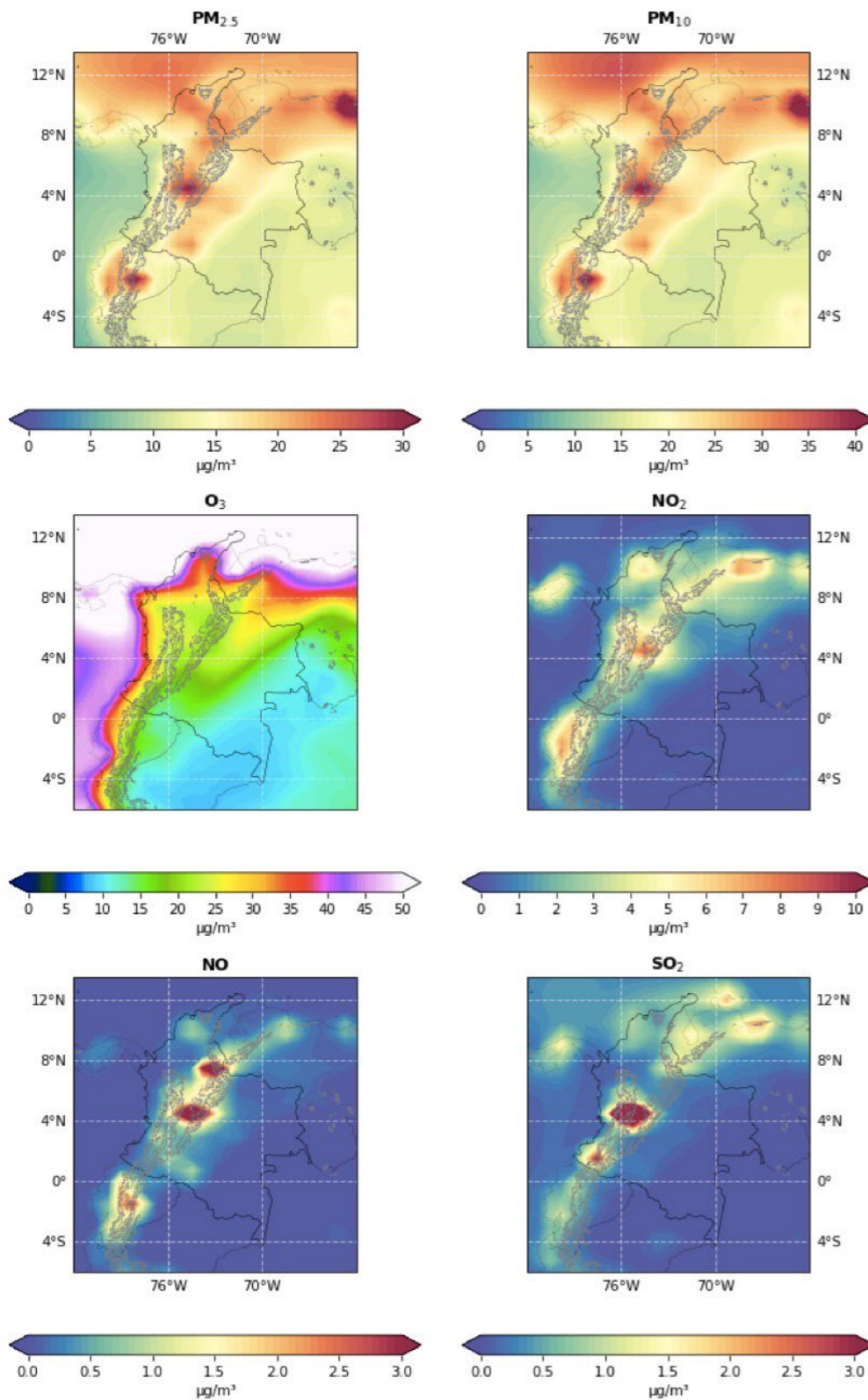
Concentración, Anomalías y sus razones

En Colombia el comportamiento espacial de la contaminación es similar para la mayor parte de los contaminantes (Figura 40). El NO , NO_2 y SO_2 tienen altos valores principalmente en ciudades principales como Bogotá, Santa Marta, Medellín y Cali, mientras que en las otras zonas su nivel es mucho más bajo, especialmente para el NO y el SO_2 . El NO_2 tiene algunas características que vale la pena resaltar, en Cundinamarca, y al norte de este departamento, el NO_2 presenta valores altos, al igual que lo hace al oriente de la cordillera oriental. Lo cual en cierta medida puede deberse a los incendios, pero también a la producción del contaminante en la zona, o el transporte de este

desde las principales ciudades. Por ejemplo, es posible que la ciudad de Bogotá emita contaminación hacia el norte y occidente, lo que incrementa el NO_2 en los departamentos aledaños, aun cuando no hay una generación del contaminante en ellos. Algo similar parece ocurrir con los aerosoles, los cuales, si bien en su mayoría se generan en las ciudades, y en las zonas donde más se producen incendios (i.e., Norte de Colombia, Nororiente de Colombia, oriente del país), también puede presentarse un transporte de contaminación de las ciudades más pobladas a otras zonas.



Figura 41. Mapas de la concentración de $PM_{2.5}$, PM_{10} , O_3 , NO_2 , NO y SO_2 (datos recuperados de CAMS). El color corresponde al promedio anual de su concentración durante el año 2021, es importante mencionar que las barras de color son diferentes de acuerdo al contaminante.

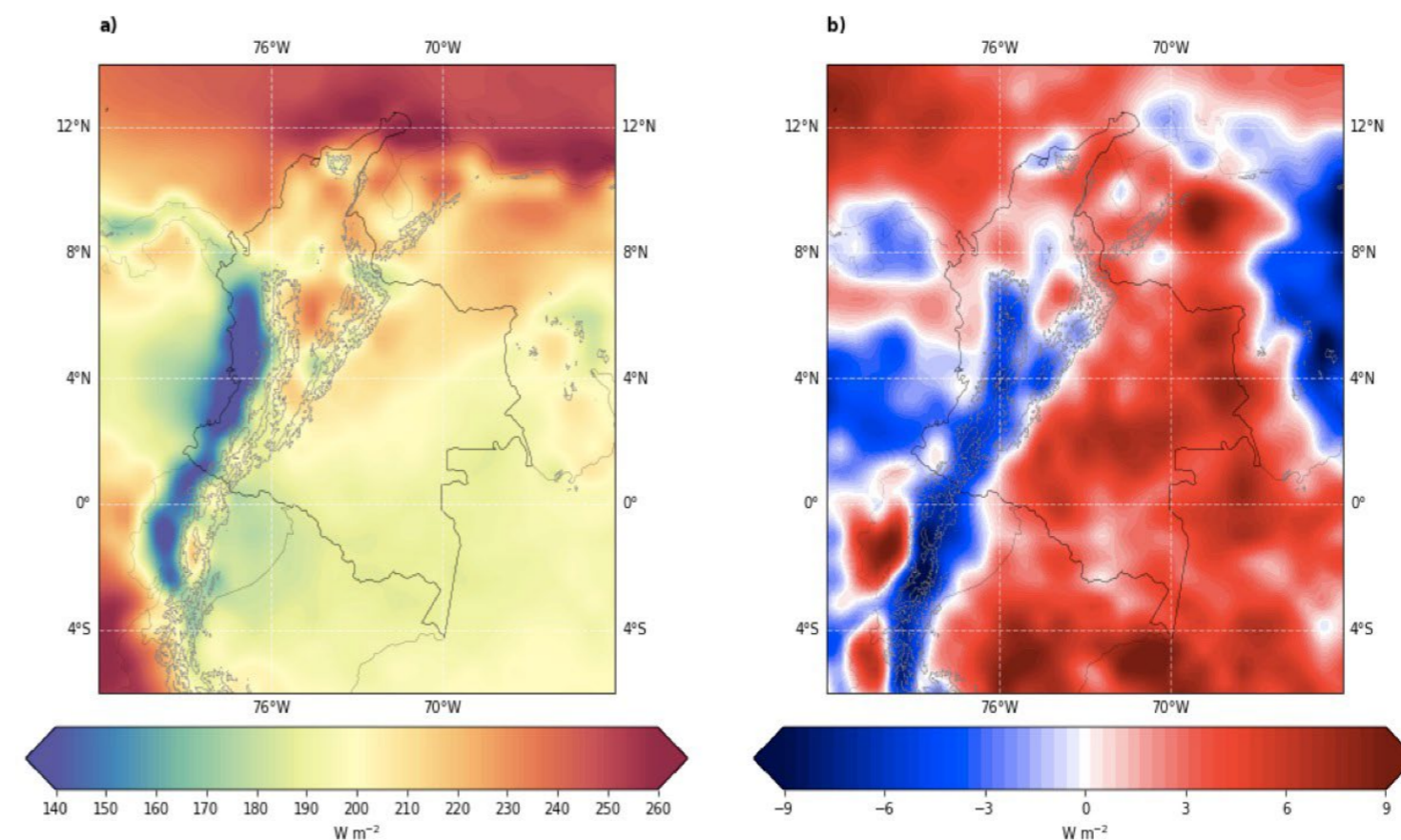


Fuente: Autores, 2021.

El Ozono, por otro lado (Figura 40), presenta valores altos al norte del país, asociados a altos valores de radiación (Figura 41). Adicionalmente, el Ozono presenta valores altos en el oriente de Colombia, la cual coincide con la zona en donde se producen un alto número de incendios forestales (Casallas et al. 2022a). Los incendios pueden incrementar considerablemente el Ozono como fue demostrado por Ballesteros-González et al. (2020). El Ozono, además cuenta con dos

características importantes, i) en el Amazonas, las concentraciones del contaminante son las más bajas, y ii) el contaminante presenta valores altos, en forma de onda desde el sur de la cordillera oriental, pasando por la mayor parte de los llanos orientales. Esta onda puede deberse a procesos de radiación asociados a la zona de convergencia intertropical, o a procesos físico-químicos atmosféricos; se requiere un estudio más detallado para confirmarlo.

Figura 42. a) Mapa del promedio de la magnitud de la radiación para el año 2021 (datos obtenidos de ERA5) y **b)** de anomalías en la radiación. La anomalía se define como la diferencia entre el promedio de radiación anual del 2021 y el promedio multianual 2010-2020



Fuente: Autores, 2021.

En cuanto a las anomalías, se registró un descenso en la concentración de $PM_{2.5}$ y PM_{10} en el norte, occidente y oriente del país (Figura 43). Esta disminución puede estar asociada a la reducción de los incendios forestales (e.g., Sokhi et al. 2021), en especial en el Caribe. Como se puede apreciar en la Figura 42, hay una disminución de más de un 50 % en el número de Hotspots registrados en Colombia para el año 2021 en comparación al año 2020. Sin embargo, se presentó un incremento de aerosoles en la zona central, donde se encuentran las principales áreas urbanas, y también en el sur del país, en particular en Caquetá y Putumayo. Este incremento posiblemente se debe a mayores emisiones generadas por vehículos a base de diésel y gasolina, en áreas con altas emisiones antropogénicas (Castillo-Camacho et al. 2020).

Esto, a razón de que el NO , el cual se relaciona estrechamente con la movilidad (e.g., Sokhi et al. 2022), presentó mayores concentraciones, especialmente en las mismas zonas. Por lo que, un aumento del NO , se asocia a un incremento en la circulación de los vehículos, que a su vez puede aumentar las emisiones de los aerosoles. Adicionalmente, las emisiones de NO también incrementaron de manera significativa en la parte nororiental.

Por otro lado, el Ozono se redujo en la mayor parte del país posiblemente por la reducción de los incendios forestales (Figura. 42), ya que esto disminuye la generación de Compuestos orgánicos Volátiles (COVs), los cuales son precursores del O_3 (Archibald et al., 2020). Además,



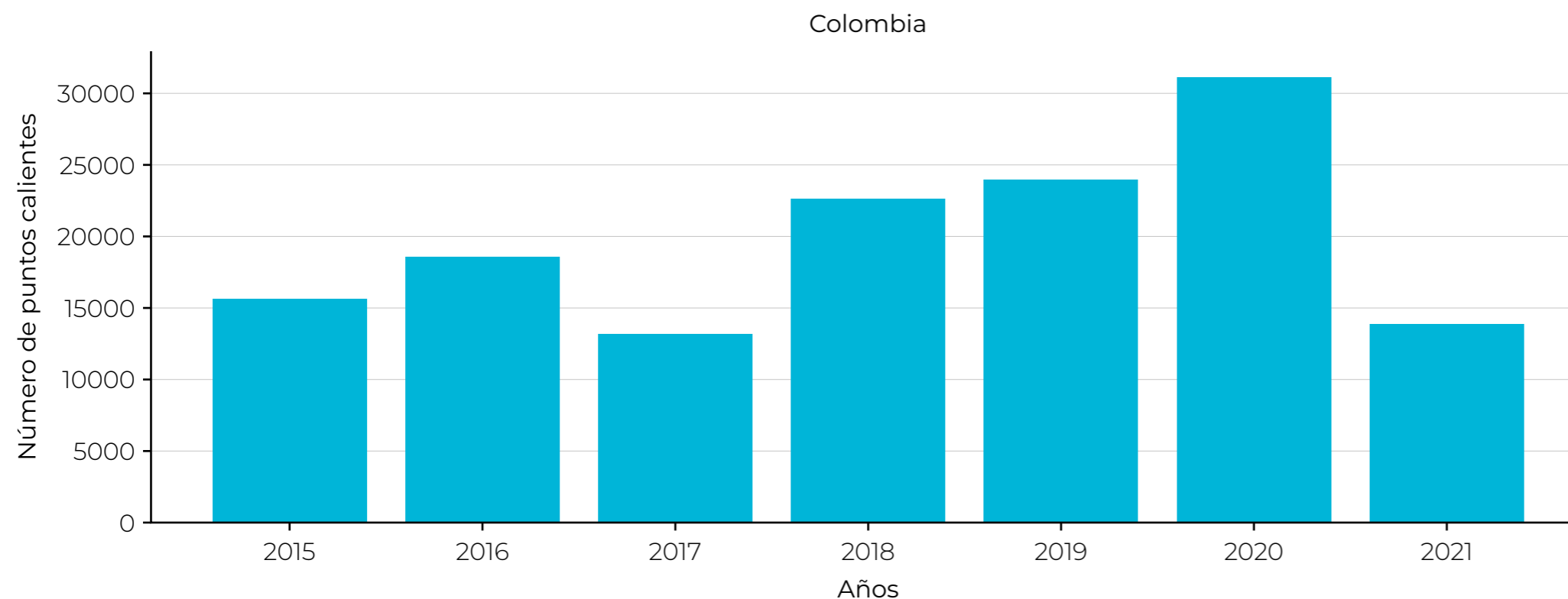
otra posible causa se debe a que, aunque se presentaron mayores concentraciones de NO_2 (precursor del O_3) en el centro y occidente del país, al mismo tiempo ocurrieron anomalías negativas de radiación (Figura. 42), dificultando así la formación de O_3 (Wang et al., 2022). A su vez, al incrementar las concentraciones de NO este reacciona con el O_3 destruyendo y reduciendo sus concentraciones (Mavroidis et al., 2012). Ahora bien, esto en cuanto a las zonas donde el O_3 disminuyó, pero en algunas zonas los niveles se elevaron, Arauca y Casanare son ejemplo de ellos. Estas zonas coinciden con mayores niveles de radiación solar que pueden generar un aumento en las reacciones de aerosoles transportados desde Venezuela a Colombia para generar Ozono (Hernández et al., 2019). Considerando también que en esta zona bajaron las concentraciones de NO , lo que disminuiría las reacciones que transforman el O_3 (e.g., Casallas et al. 2022a; Melkonyan et al., 2012).

En cuanto al comportamiento del NO_2 , este presentó valores por encima del promedio de 2010-2020 en la mayor parte del país, en especial en el centro-occidente y centro, donde hay mayor densidad de población por las principales ciudades (e.g. Bogotá, Medellín). Por lo que su aumento puede vincularse principalmente a mayores emisiones del sector industrial y a la movilidad (Keuken et al., 2009). Además, el incremento se dio en zonas donde los niveles de

NO también subieron y del O_3 bajaron, por lo que esto puede ser ocasionado porque el NO se oxida a NO_2 , incrementando así sus concentraciones como contaminante secundario (Anttila et al., 2011; Mavroidis et al., 2011). Por otra parte, este disminuyó en el norte del país probablemente por la disminución de la actividad industrial y vehicular (Han et al., 2011).

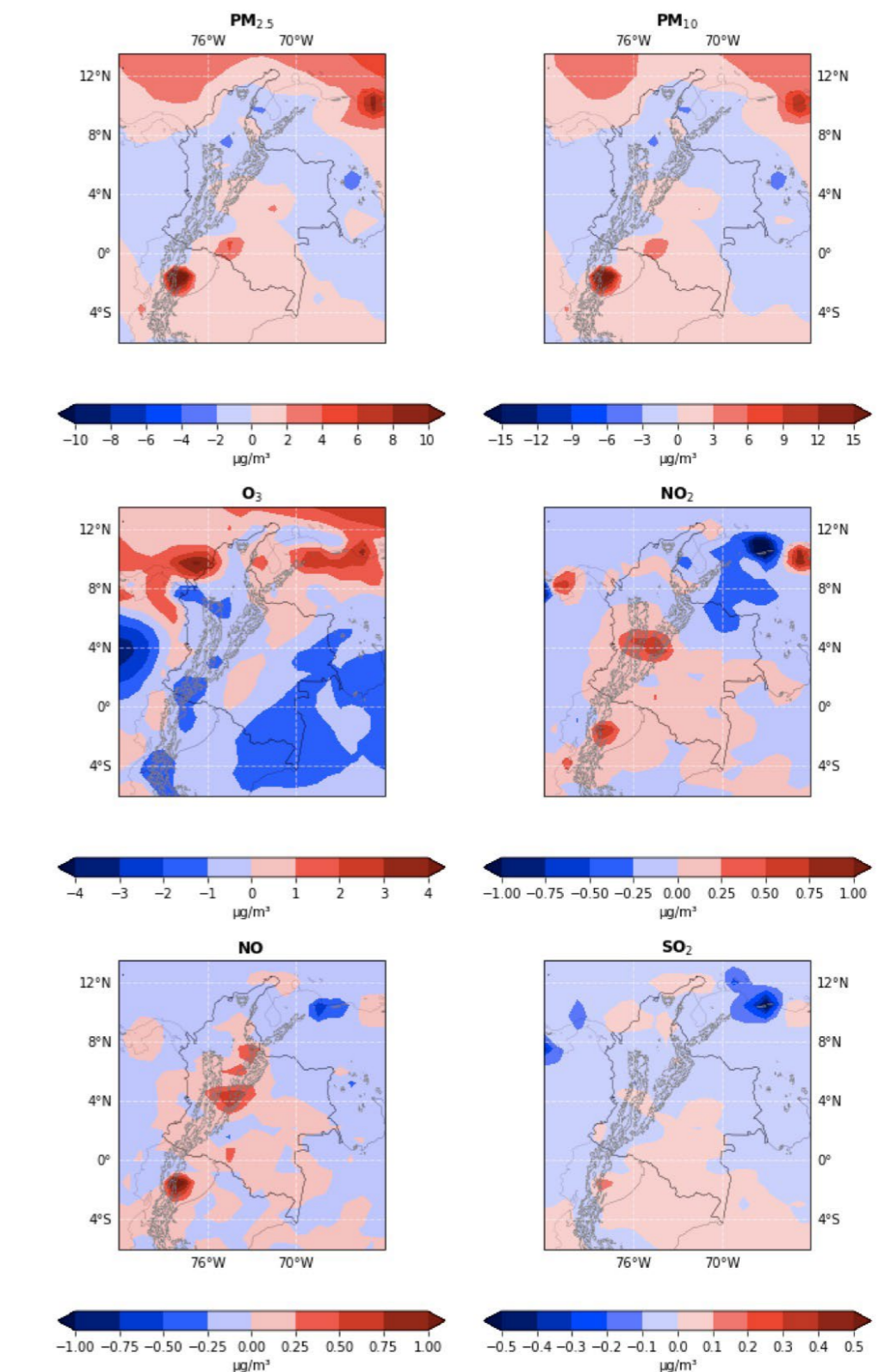
Las anomalías de SO_2 también cuentan con características interesantes. Estas presentaron valores más altos que el promedio sólo en algunas zonas del centro del país. Posiblemente por una mayor actividad industrial (Zhao, 2019). Así mismo, ocurrió un incremento en la zona sur, donde se ubica el Amazonas, siendo que en esta área se elevaron las concentraciones de todos los contaminantes, excepto el Ozono, que disminuyó de manera significativa probablemente porque, aunque incrementaron las concentraciones de NO_2 y los niveles de radiación, las concentraciones de NO también se elevaron, reaccionando con el O_3 y disminuyéndolo (Mavroidis et al., 2011). Sin embargo, es poco probable que la contaminación esté asociada al transporte o al sector industrial debido a que esta zona no posee grandes centros urbanos o un sector industrial muy desarrollado. Por lo que este comportamiento requiere de un estudio más profundo, que permita dilucidar las razones del comportamiento de estos contaminantes en la zona.

Figura 43. Número anual de Hotspots en Colombia del 2015 al 2021 (datos obtenidos de FIRMS)



Fuente: Autores, 2021.

Figura 44. Mapas de anomalías en la concentración de $\text{PM}_{2.5}$, PM_{10} , O_3 , NO_2 , NO y SO_2 (datos recuperados de CAMS). El color corresponde a la diferencia entre el promedio anual de la concentración durante el año 2021 y el promedio multianual 2010-2020.



Fuente: Autores, 2021.



Con el fin de identificar y analizar las tendencias de algunos contaminantes atmosféricos se descargaron los datos de reanálisis de CAMS y posteriormente se evaluaron con diferentes parámetros estadísticos, determinando si estos poseen la precisión necesaria para ser utilizados. En esta evaluación, se encontró que la correlación entre los datos de CAMS y las mediciones superficiales es más precisa al representar O_3 , PM_{10} , $PM_{2.5}$ y SO_2 , mientras que inferior al representar el NO_2 y en especial el NO . Los valores de O_3 y los aerosoles tienden a ser sobreestimados en el reanálisis, mientras que, para los gases de Nitrógeno y Azufre, tienden a ser subestimados. Los valores de HIT superiores al 60 % en Cali muestran que se representan correctamente más de la mitad de los datos que se han comparado con mediciones superficiales.

Los mejores resultados para estas estadísticas se obtuvieron de la evaluación realizada a $PM_{2.5}$, CAMS puede reproducir con buena precisión los datos. Se encontró que falla en aquellas ciudades donde no hay estaciones disponibles, y los recorridos satelitales no las favorecen. A partir de lo anterior, se puede concluir que la precisión del reanálisis es buena, pero que no debe ser usado como fuente de información primaria, aunque cabe resaltar, que es una herramienta muy útil para estudiar la distribución espacial de la contaminación en Colombia.

Al evaluar las concentraciones de NO , NO_2 y SO_2 se presentan altos niveles de contaminación especialmente en las ciudades principales, tales como Bogotá, Santa Marta, Medellín y Cali. En el centro del país y al oriente de la cordillera oriental destacan altas concentraciones de NO_2 , probablemente debido a los incendios, la movilidad y el transporte de este contaminante desde las

ciudades más pobladas. Por otro lado, el Ozono presenta valores altos al norte del país y en la costa pacífica colombiana, asociados a altos valores de radiación. E igualmente, se observaron valores elevados en forma de onda desde el sur de la cordillera oriental pasando por los llanos orientales, hasta parte la frontera venezolana, lo que puede deberse a procesos de radiación asociados a la zona de convergencia intertropical. Ante esto se sugiere realizar un estudio más detallado para confirmarlo.

Se registró un descenso en la concentración de $PM_{2.5}$ y PM_{10} en el norte, occidente y oriente del país posiblemente ligado a la reducción de más de un 50 % en el número de Hotspots en Colombia para el 2021. Se observa un incremento de aerosoles y NO en la zona central, donde se encuentran las principales áreas urbanas, y también en el sur del país, en particular en Caquetá y Putumayo probablemente debido a emisiones generadas por vehículos a base de diesel y gasolina. El NO presentó valores por encima del promedio de 2010-2020 en la mayor parte del país, en especial en el centro-occidente y centro, donde hay mayor densidad de población como Bogotá y Medellín. El aumento puede vincularse a mayores emisiones del sector industrial y a la movilidad, también al incremento de los niveles de NO y la oxidación con O_3 .

Los aerosoles se presentan en su mayoría en las ciudades y en zonas donde más se producen incendios, y áreas cercanas pueden estar siendo afectadas por el transporte de contaminación. En el Amazonas se elevaron las concentraciones de todos los contaminantes, excepto el Ozono, este comportamiento requiere de un estudio más profundo, que permita dilucidar las razones del comportamiento de estos contaminantes en la zona.



07

- **Evaluación de los indicadores de seguimiento**





Los resultados del monitoreo de los contaminantes criterio permiten evaluar la calidad del aire y verificar el cumplimiento de la normatividad ambiental vigente (Resolución 2254 del 1 de noviembre de 2017). Por su parte, los indicadores de seguimiento orientan las acciones hacia la definición y evaluación de programas regionales de prevención y control de la contaminación atmosférica, así como la toma de decisiones en materia de calidad del aire y la formulación de las diferentes estrategias y políticas nacionales.

En Colombia, para tal fin se tienen herramientas y políticas públicas, CONPES 3918 de 2018 -Estrategia para la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, CONPES 3943 de 2018 -Política para el mejoramiento de la calidad del aire, Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 y Estrategia Nacional de Calidad del Aire -ENCA, que definen los lineamientos y metas para evaluar el estado de la calidad del aire en el país, enfocados únicamente en los niveles del material particulado, contaminante de principal interés por ser históricamente el que presenta mayor número de excedencias a los límites máximos permisibles establecidos en la Resolución 2254 de 2017 y por suponer mayores efectos adversos sobre la salud y bienestar humano.



7.1. Descripción de los indicadores de seguimiento

► CONPES 3918 de 2018 – Objetivos de Desarrollo Sostenible

Además del desarrollo normativo, Colombia, desde el año 2015 decide acogerse a la Agenda 2030 en el marco de la adopción de los Objetivos de Desarrollo Sostenible -ODS a través de un consenso general en torno a un marco medible, con el fin de alcanzar niveles mínimos que garanticen la prosperidad, el bienestar de las personas y la conservación del ambiente. Los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible - ODS y sus 169 metas son de carácter integrado e indivisible; están orientados a alcanzarse en el año 2030 y tienen en cuenta las diferentes realidades y capacidades de desarrollo de cada país, respetando sus políticas y prioridades.

A partir de estos objetivos se plantearon indicadores para proponer el cambio de los modelos de desarrollo convencionales hacia una verdadera sostenibilidad. De esta manera, se aseguran no solo los recursos naturales que requieren las generaciones actuales, sino también las futuras. En este sentido, para el caso del estado de la calidad del aire, es determinante contar con información que oriente las políticas y estrategias a la descontaminación en aquellas zonas, donde se evidencie que la exposición de la población a las concentraciones de contaminantes atmosféricos pueda acarrear efectos adversos sobre su salud.

► CONPES 3943 de 2018 - Política para el mejoramiento de la calidad del aire

Otra herramienta de seguimiento es el CONPES 3943 de 2018 - Política para el mejoramiento de la calidad del aire, en la que se establece la necesidad de mejorar la cobertura, calidad y disponibilidad de información que generan las Autoridades Ambientales a partir de los Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire -SVCA, ya que estos sistemas son herramientas fundamentales en el levantamiento de la línea base de la calidad del aire y en el seguimiento de acciones contempladas en los planes de prevención y reducción de la contaminación.

Este documento de política acoge los indicadores establecidos en el CONPES 3918 de 2018 asociados a PM_{10} y $PM_{2,5}$, que se relacionan a continuación. El objetivo es cumplir con la meta, en 2030, de tener el 70 % de estaciones de monitoreo de material particulado cumpliendo con el objetivo intermedio III - OI3 de la Organización Mundial de la Salud - OMS así: $PM_{10} - 30 \mu g/m^3$ y $PM_{2,5} - 15 \mu g/m^3$. Esto teniendo en cuenta únicamente las estaciones que cumplen como mínimo con 75 % de representatividad temporal.

Teniendo en cuenta lo anterior, el gobierno nacional, a través del CONPES 3918 de 2018 y CONPES 3943 de 2018, estableció las metas y estrategias para el mejoramiento de la calidad del aire y de esta manera lograr el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en el año 2030. Específicamente en la temática de calidad del aire, las metas de los ODS se describen en los numerales 3. Salud y Bienestar y 11. Ciudades y comunidades sostenibles, de la siguiente manera:



Meta 3.9. “De aquí a 2030, reducir considerablemente el número de muertes y enfermedades causadas por productos químicos peligrosos y por la contaminación del aire, el agua y el suelo”.

Meta 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”.



► Plan Nacional de Desarrollo – PND, 2018-2022

El gobierno nacional, en el Plan Nacional de Desarrollo – PND, 2018-2022 Pacto por Colombia, pacto por la equidad, establece como 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”, e incluye una meta enfocada en la disminución de los niveles de partículas PM_{10} anual: “pasar del 22 % al 35 % de estaciones de monitoreo de PM_{10} cumpliendo el objetivo intermedio III de la OMS ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3$), con un horizonte al año 2022”.

Cabe resaltar que las estaciones que se incluyen dentro del cálculo del indicador deben cumplir con una representatividad mínima de 75 %, contemplando que en el país existe una heterogeneidad en las tecnologías de los equipos que constituyen los SVCA, en algunos casos se obtienen datos horarios para todo el año y en otros se obtienen datos diarios cada tercer día. De igual manera, para ambas tecnologías se evalúa la cobertura temporal de la información a lo largo del año.

► Estrategia Nacional de Calidad del Aire - ENCA

En el 2019, el Gobierno Nacional formuló la Estrategia Nacional de Calidad del Aire - ENCA, la cual incluye acciones enmarcadas en las líneas de: fortalecimiento de instrumentos normativos y técnicos, para lograr la reducción de emisiones proveniente de diversas fuentes; fortalecimiento del conocimiento técnico y científico; atención y prevención de los estados excepcionales de contaminación atmosférica; financiación para fortalecer la gestión de la calidad del aire; y gobernanza de la calidad del aire.

Estas líneas de la estrategia buscan dar cumplimiento a las metas establecidas para este periodo de gobierno, reduciendo los niveles de contaminación y mejorando la calidad de vida de los colombianos. En línea con los I CONPES 3918 y el 3943 de 2018, así como con el PND 2018-2022, la ENCA definió como meta del cuatrienio (a 2022) alcanzar el 35 % de estaciones de monitoreo de calidad del aire, cumpliendo con el objetivo intermedio III de la OMS para $PM_{2.5}$ y PM_{10} . De acuerdo con lo expuesto previamente, se realiza el seguimiento de los indicadores de calidad del aire, definidos en los instrumentos antes descritos, con el propósito de evaluar su cumplimiento durante el periodo 2018-2022..



Tabla 6. Consolidado de indicadores nacionales de calidad del aire

Instrumento	Indicador	Criterio	Contaminantes	Meta
Plan Nacional de Desarrollo - PND	 Porcentaje de estaciones que cumplen con el objetivo intermedio III de la OMS ► PM_{10} : $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ► $PM_{2.5}$: $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$	 Estaciones cumpliendo con representatividad temporal mínima (% de datos válidos) del 75 %	PM_{10}	35 % al 2022
Estrategia Nacional de Calidad del Aire - ENCA			PM_{10} $PM_{2.5}$	
CONPES 3943 de 2018			PM_{10} $PM_{2.5}$	70 % al 2030
CONPES 3918 de 2018				

El Objetivo Intermedio 3 – OI3 de las Guías de calidad del aire de la OMS, para el PM_{10} corresponde a $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y para $PM_{2.5}$ corresponde a $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

- El Plan Nacional de Desarrollo 2018 – 2022: fija para PM_{10} una meta de cumplimiento del respectivo OI3 en el 35 % de las estaciones para el año 2022.
- La Estrategia Nacional de Calidad del Aire -ENCA, fija tanto para PM_{10} como para $PM_{2.5}$ una meta de cumplimiento de los respectivos OI3 en el 35 % de las estaciones para el año 2022.
- Los CONPES 3918 y 3943, fijan tanto para PM_{10} como para $PM_{2.5}$ una meta de cumplimiento de los respectivos OI3 en el 70 % de las estaciones para el año 2030.

Fuente: Ideam, 2021

Tal como se muestra en la **Tabla 6**, los instrumentos que establecen los indicadores se basan en el mismo principio de cumplimiento de estaciones, centrado en estaciones que presenten concentraciones inferiores al Objetivo intermedio III de la OMS para PM_{10} y $PM_{2.5}$ y, además, cumplen con el criterio de representatividad temporal de mínimo el 75 % de conformidad con el Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire.

Así mismo, es importante aclarar que, debido a los procesos de aseguramiento de la calidad de la información adelantados por el Ideam, entidad fuente de la información para el reporte del indicador, los valores presentados para el cumplimiento de los indicadores corresponden a los resultados del monitoreo realizado el año inmediatamente anterior, reportados por las diferentes autoridades ambientales al Subsistema de Información Sobre Calidad del Aire – SISAIRE.



7.2. Resultados de los indicadores de seguimiento

Este indicador de seguimiento mide el porcentaje de estaciones de los Sistemas de Vigilancia de Calidad del Aire operados por las autoridades ambientales regionales y urbanas del país que cumplen con:



El criterio de representatividad temporal de los datos ($\geq 75\%$).



El objetivo intermedio III de las Guías de Calidad del Aire de la OMS: PM_{10} ($30 \mu g/m^3$) / $PM_{2,5}$ ($15 \mu g/m^3$).



Meta de seguimiento

- ▶ **Año 2022:** alcanzar el 35 % de estaciones cumpliendo
- ▶ **Año 2030:** alcanzar el 70 % de estaciones cumpliendo



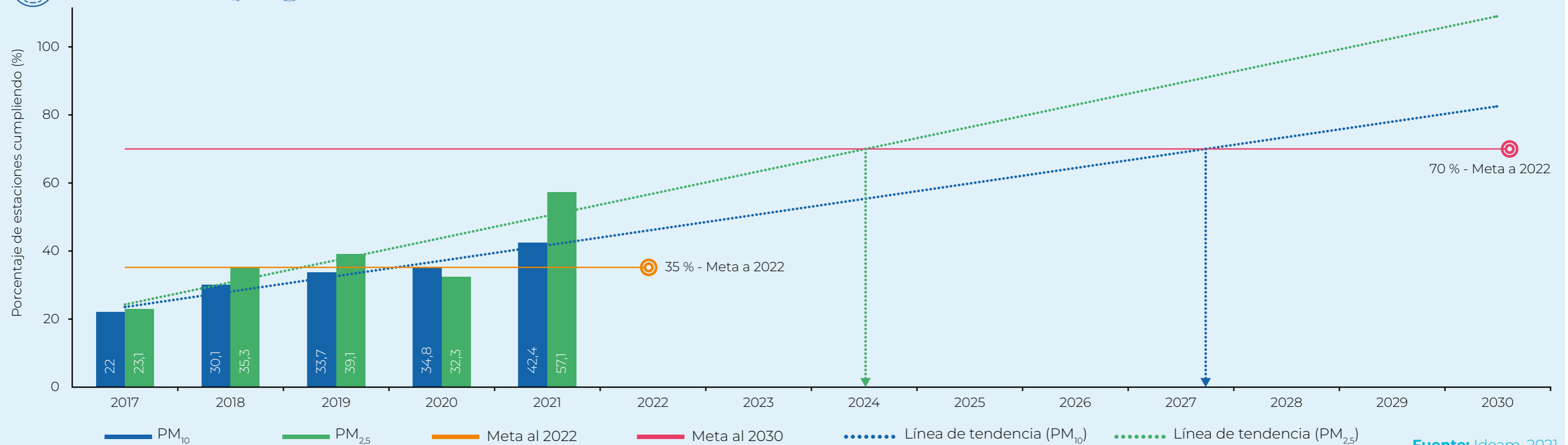
Tabla 7. Evolución del indicador de seguimiento para PM_{10} y $PM_{2,5}$ años 2017-2021

Parámetro	Año	Porcentaje de cumplimiento	Número de estaciones
PM_{10}	2017	22	18
	2018	30,1	22
	2019	33,7	28
	2020	34,8	24
	2021	42,4	39
$PM_{2,5}$	2017	23,1	6
	2018	35,3	18
	2019	39,1	18
	2020	32,3	21
	2021	57,1	40

Fuente: Ideam, 2021



Figura 45. Seguimiento del cumplimiento del Objetivo Intermedio 3 de la OMS para PM_{10} y $PM_{2,5}$ años 2017-2021



Fuente: Ideam, 2021

En la **Tabla 7** se puede observar la evolución del indicador de seguimiento, al cumplimiento del Objetivo Intermedio 3 recomendado por la OMS, el cual inició su seguimiento en el 2017 para material particulado menor a 2,5 micras con un 23,1 % de estaciones cumpliendo y para material particulado menor a 10 micras con un 22 % de estaciones cumpliendo tal referente. Como se puede observar en la tabla en mención, el material particulado tuvo un incremento en el porcentaje de estaciones cumpliendo con el objetivo intermedio 3, para el año 2021, el PM₁₀ presentó un aumento de 7,6 % y el PM_{2,5} presentó un incremento de aproximadamente 25 % comparado con el año inmediatamente anterior.

Según las líneas de proyección que se presentan en la **Figura 45**, si se mantiene el comportamiento gradual creciente que se presentó en el periodo 2017-2021, es posible que las metas de los CONPES 3918 y 3943 proyectadas al año 2030, se cumplan anticipadamente para PM_{2,5} y PM₁₀ en los años 2024 y 2027, respectivamente.

En el año 2021, se evidenció un incremento importante en el cumplimiento de los indicadores de material particulado debido al mejoramiento de la calidad del aire en las estaciones disponibles en el país. En el capítulo 11, se presentan las **Figura 51** y **Figura 52**, en las cuales se presenta la variación porcentual de las concentraciones promedio anuales de PM₁₀ y PM_{2,5} obtenidas para el año 2021 en comparación con el año inmediatamente anterior, se puede observar que para PM₁₀ se presentó una reducción en promedio del 5,8 % y para PM_{2,5} del 12,4 %, cifras que soportan el considerable aumento de los indicadores para el año 2021. Sin embargo, este comportamiento no se tenía previsto y se atribuye a condiciones especiales y atípicas que se presentaron durante este año. Principalmente se atribuye al factor meteorológico, el cual es responsable del transporte, difusión, deposición o reacciones que se pueden generar en la atmósfera. Es así como, en los primeros tres meses del año 2021 se presentaron aumentos en las anomalías de precipitación promedio mensual en comparación con la normal climatológica¹⁶. Esto pudo aportar al aumento de la deposición húmeda del material particulado, y favorecer los procesos de eliminación y lavado, disminuyendo las concentraciones presentes en el ambiente.

De igual manera, este fenómeno pudo determinar la disminución de la presencia de focos de calor (que en la mayoría de los casos pueden estar relacionados con incendios de la cobertura vegetal) en el norte del subcontinente suramericano, habitualmente esta región se caracteriza por tener un periodo de alto número de incendios, y como resultado, altas concentraciones de material particulado, según lo reportado históricamente por los SVCA que operan en el Caribe, Orinoquia y región Andina del territorio nacional. En el 2021, este comportamiento fue posiblemente atenuado por condiciones asociadas a un evento La Niña más prolongado de lo habitual, dado que se extendió desde los últimos meses del 2020 hasta mediados

de abril de 2021, aumentando las anomalías de la precipitación, principalmente en el oriente y centro del país.

Por consiguiente, las emisiones provenientes de incendios de la cobertura vegetal presentaron una disminución en comparación con el promedio de años anteriores. Esto se atribuyó especialmente a las lluvias presentes en la cuenca de la Orinoquia, principal área de puntos de calor en el territorio nacional. La **Figura 46** refleja el comportamiento de los puntos de calor captados por el sensor MODIS con una confianza mínima del 75 % en el norte de Suramérica. Se puede observar el comportamiento mensual promedio de los últimos diez años y los registros específicos para los años 2020 y 2021, resaltando la disminución de puntos de calor para el año 2021, que incluso estuvo por debajo del promedio de la última década. Es importante tener en cuenta que la presencia de incendios en la cuenca de la Orinoquia muestra mayor relevancia en el primer trimestre del año, alcanzando generalmente su máxima incidencia en los meses de febrero y marzo, impactando principalmente el centro y oriente del territorio colombiano.

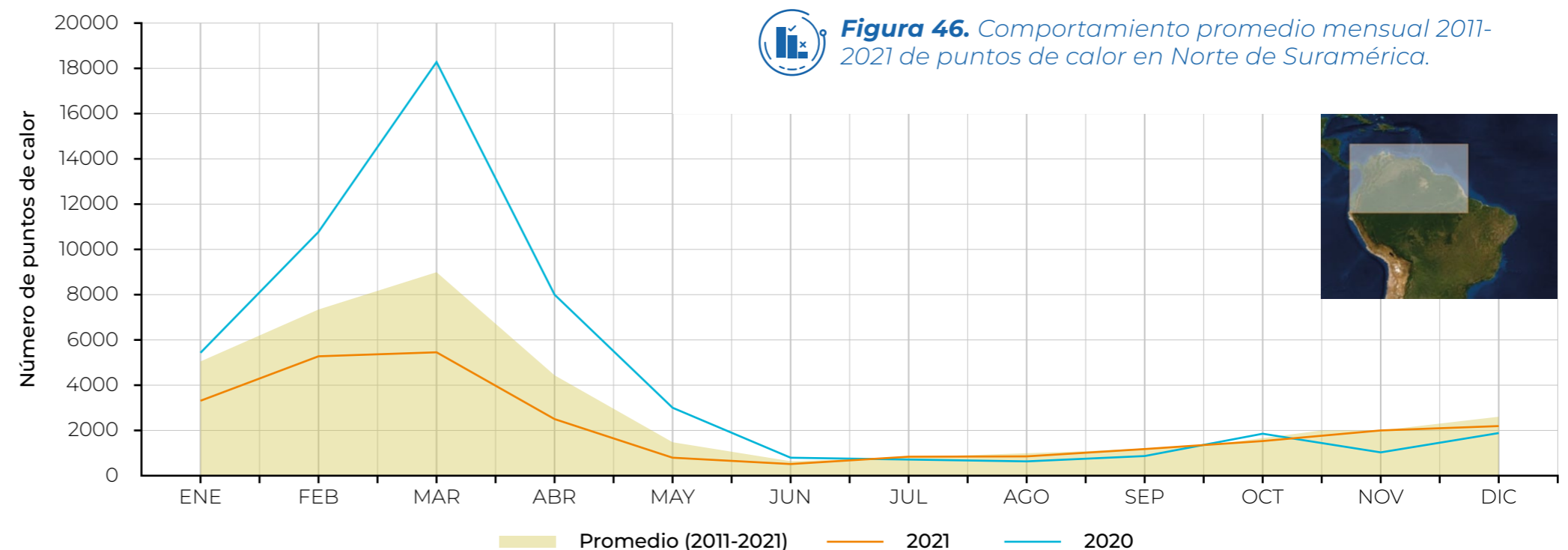
Con respecto a las emisiones antropogénicas, desde las instituciones del orden nacional y local se han venido trabajando en la implementación de cada una de las acciones que permitan reducir las emisiones de partículas al aire. Se resaltan acciones impulsadas por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, como el mejoramiento de la calidad del combustible (tanto diésel como gasolina); el impulso para la incorporación de nuevas tecnologías en los vehículos tanto de

transporte público como privado; el fortalecimiento de instrumentos normativos y el desarrollo de portafolios de mejores técnicas disponibles; y prácticas ambientales basadas en acciones como la reconversión a tecnologías más limpias, entre otros.

Igualmente, las autoridades ambientales han cumplido un papel fundamental en la operación de los SVCA, puesto que en el año 2021 se incrementó el número de estaciones que cumplieron con la representatividad temporal mínima del 75 %, aumentando el número de registros válidos que reflejan las concentraciones de partículas. Esto aporta a un mejor entendimiento del comportamiento de este contaminante y favorece al cumplimiento de las metas establecidas para el seguimiento de la calidad del aire.

El mayor aumento de estaciones cumpliendo el OI3 de las guías de la OMS se observó en Bogotá, Cundinamarca, Cesar y en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, zonas en las que se cuenta con el mayor número de estaciones por autoridad ambiental. En las **Infografías 30** y **31** se presenta respectivamente PM₁₀ y el PM_{2,5} la ubicación geográfica y listado de las estaciones de monitoreo que para el año 2021 cumplieron con respecto al objetivo intermedio 3 de las Guías de Calidad del Aire de la Organización Mundial de la Salud, así mismo, por departamento, se muestra el número de estaciones que cumplió.

¹⁶ El promedio del periodo de referencia (Normal Climatológica Estándar) es de 30 años y el utilizado para este propósito corresponde al periodo 1981 - 2010.

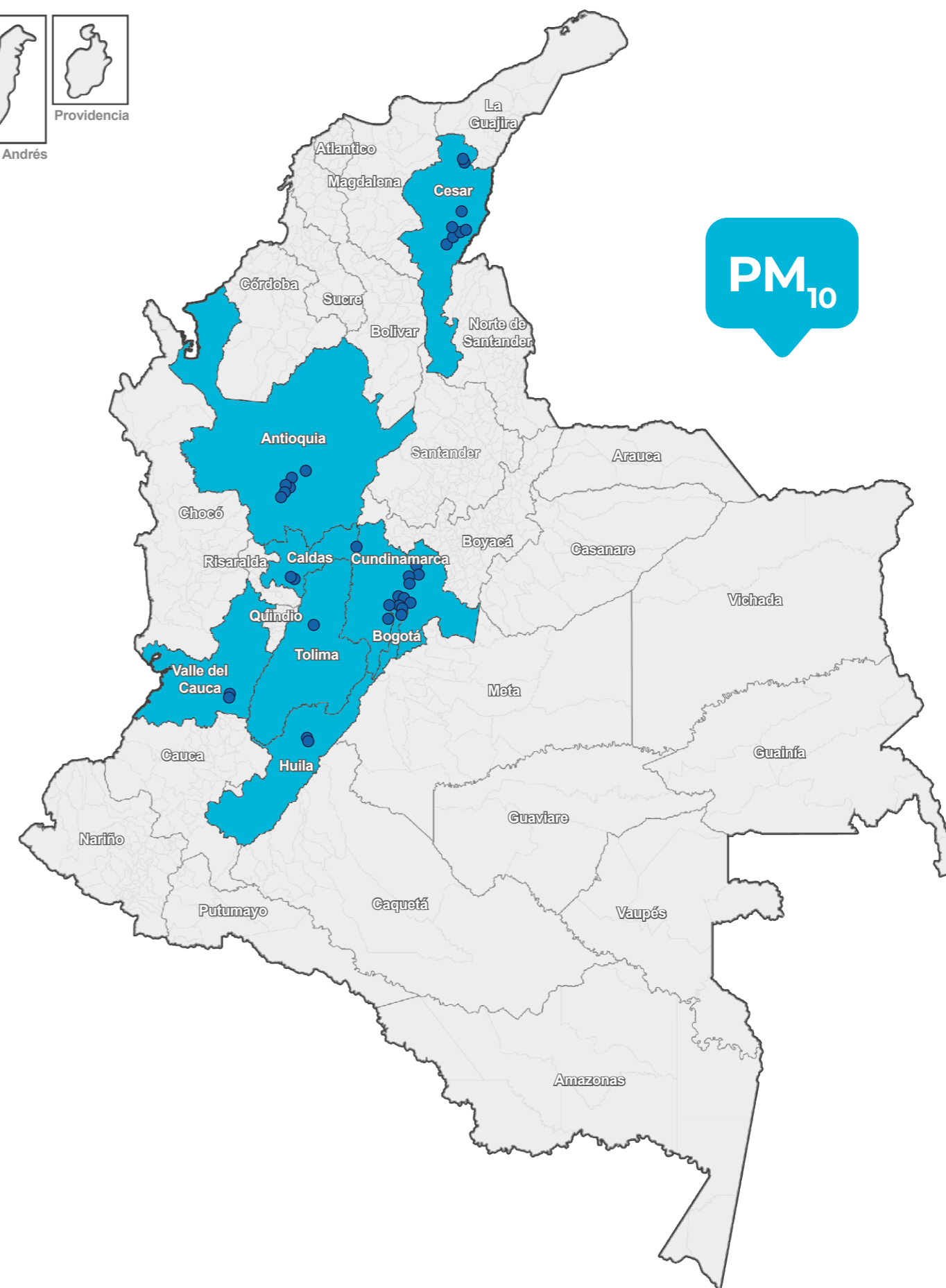
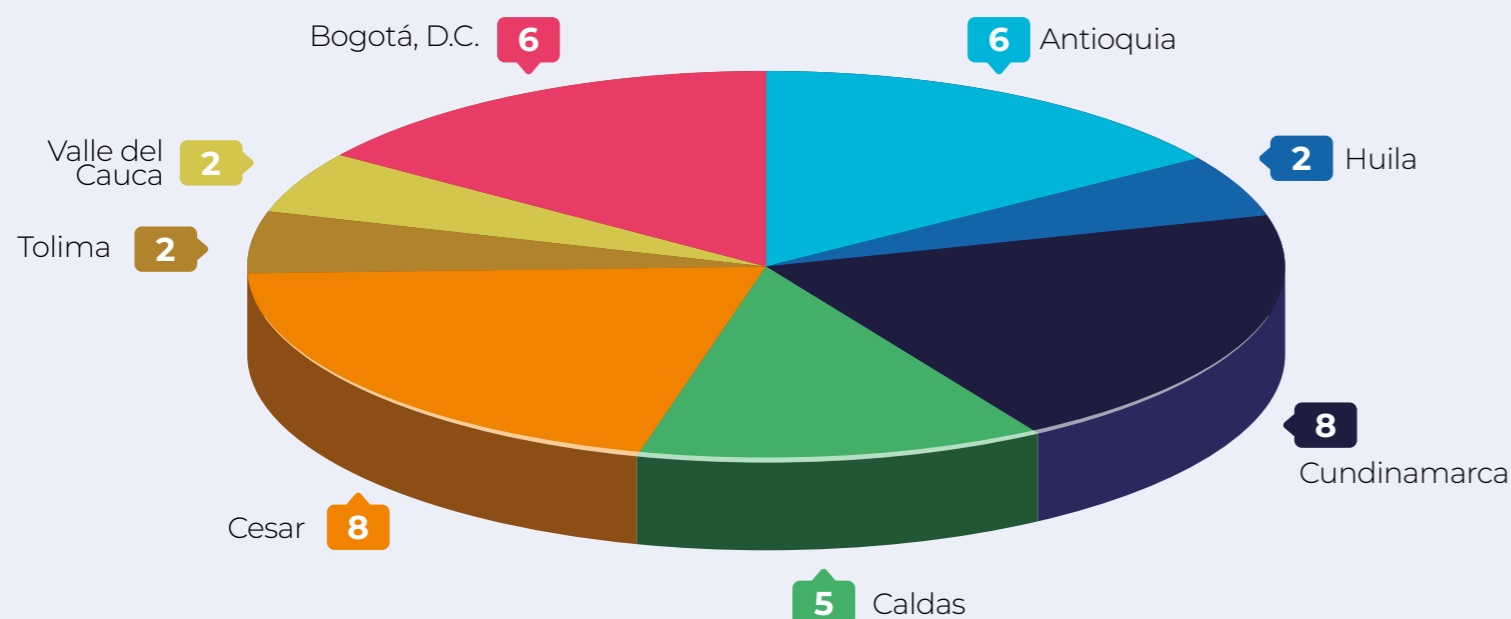


Fuente: Información sobre incendios para Sistema de Gestión de Recursos - FIRMS (NASA, 2021).



Infografía 30. Estaciones de monitoreo de PM_{10} que cumplieron con el objetivo intermedio 3 de las Guías de Calidad del Aire de la Organización Mundial de la Salud, año 2021

Número de estaciones por departamento



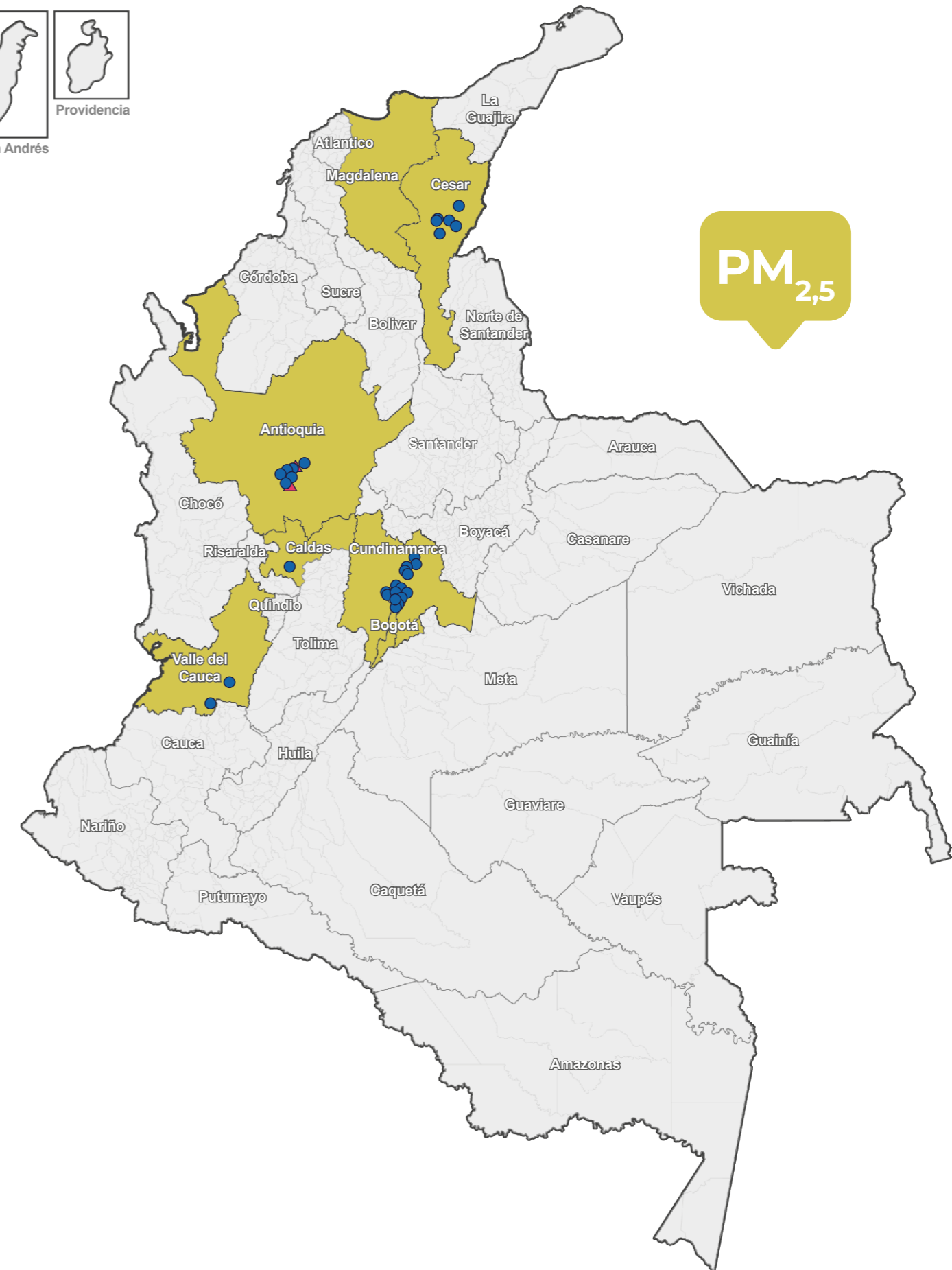
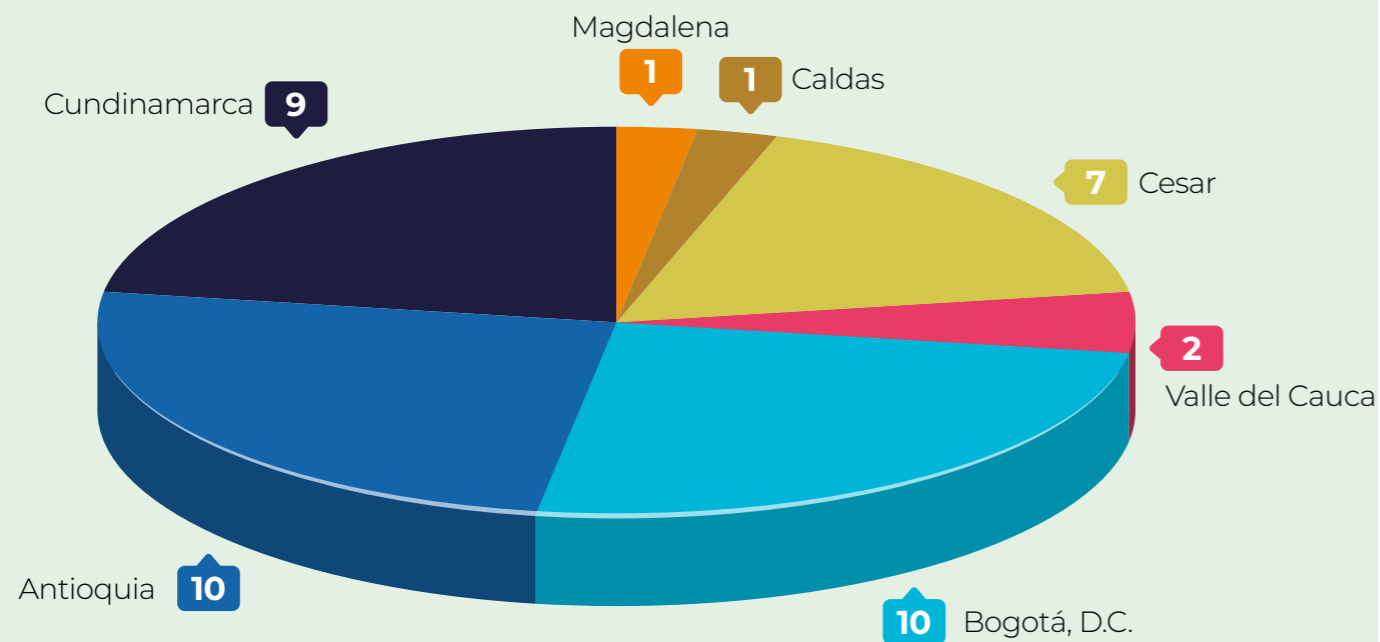
Departamento	SVCA	Estaciones que cumplieron	No. estaciones
ANTIOQUIA	AMVA	Corantioquia, Escuela Joaquín A. (s), Hospital S.V. Paul, Hospital Sta. Marg, planta tratamiento, Tanque Miraflores (s)	6
HUILA	CAM	Alcaldía, CAM Norte	2
CUNDINAMARCA	CAR	Alcaldía, Estación Tausa, Los Sauces, Planta Tibitoc, PTAR I, Sena, Urbano Cota, Urbano Nemocón	8
CALDAS	CORPOCALDAS	Estación La Dorada, Estación La Nubia, Estación Palogrande, Liceo Isabel La Católica, Licorera	5
CESAR	CORPOCESAR	Bomberos, Boquerón, Cascará, La Jagua Centro, La Palmita, La Victoria, Rincón Hondo, Seminario	8
TOLIMA	CORTOLIMA	Cortolima, Policía de Carreteras	2
VALLE DEL CAUCA	CVC	Móvil, Palmira	2
BOGOTÁ D.C.	SDA	C. Alto Rendimiento, Guaymaral, Las Ferias, Minambiente, San Cristóbal, Suba	6

Fuente: Ideam, 2021



Infografía 31. Estaciones de monitoreo de PM_{2.5} que cumplieron con el objetivo intermedio 3 de las Guías de Calidad del Aire de la Organización Mundial de la Salud, año 2021

Número de estaciones por departamento



Departamento	SVCA	Estaciones que cumplieron	No. estaciones
ANTIOQUIA	AMVA	Biblioteca Fernando B, Ciudadela Educativa, Hospital Manuel Uribe, I.E. José Félix, Liceo Fernando Vélez, Santa Elena, Tanques EPM, Torre social	10
	CORANTIOQUIA	EIA, IGLE	
CUNDINAMARCA	CAR	Alcaldía, DLIA, Emafez, Estación Tausa, Planta Tibitoc, Ptar I, Sena, Urbano Cota, Urbano Nemocón	9
MAGDALENA	CORPAMAG	Unimag	1
CALDAS	CORPOCALDAS	Licorera	1
CESAR	CORPOCESAR	Boquerón, Cascará, Costa Hermosa, El Hatillo, La Aurora, La Jagua Vía, La Loma 2	7
VALLE DEL CAUCA	CVC	Estación Jamundí, Palmira	2
BOGOTÁ D.C.	SDA	Bolivia, C. Alto rendimiento, El Jazmín, Guaymaral, Las Ferias, Minambiente, San Cristóbal, Suba, Tunal, Usme	10

Fuente: Ideam, 2021



08

■ Climatología





La atmósfera es el medio en el que se liberan los contaminantes, el transporte y la dispersión de estos contaminantes en el aire ambiente, depende en gran medida de los parámetros meteorológicos, así como de otros complejos factores. Las variaciones globales y regionales del clima y las condiciones topográficas locales afectan el transporte y dispersión de los contaminantes.

En una escala mundial, las variaciones del clima influyen sobre el movimiento de los contaminantes. Por ejemplo, la dirección predominante de los vientos en Centroamérica y norte de Sudamérica

es de este a oeste y en Norteamérica y sur de Sudamérica es de oeste a este. En un nivel más local, los principales factores del transporte y dispersión son el viento y la estabilidad. La dispersión de contaminantes de una fuente depende de la cantidad de turbulencia en la atmósfera cercana. (Inche, Capítulo 7. Transporte y dispersión de contaminantes del aire, 2004).

Las emisiones de contaminantes, así como los fenómenos de transporte y de dispersión de éstos se producen en la capa más baja de la troposfera, que se denomina "capa límite planetaria". Esta capa tiene

un espesor comprendido entre varios cientos de metros hasta 1 km y está directamente influenciada por las características de la superficie terrestre (Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz, 2003). Es por ello por lo que, para realizar actividades relativas al control de emisiones atmosféricas y ejercicios de modelización es imprescindible comprender los factores meteorológicos que inciden, los cuales se describen a continuación

Viento:

El viento es el aire en movimiento. Es la corriente de aire que se produce en la atmósfera por causas naturales, por el encuentro de diferentes presiones en áreas distintas.

- ▶ La velocidad del viento puede afectar en gran medida la concentración de contaminantes en un área. Mientras mayor sea la velocidad del viento, menor será la concentración de contaminantes.
- ▶ Diluye y dispersa rápidamente los contaminantes en el área circundante. Con lo cual, una ausencia de viento contribuye a la acumulación de los contaminantes cerca de las fuentes.
- ▶ Es el principal agente meteorológico que determina las condiciones de dispersión de la contaminación. Sus características de velocidad y dirección son importantes para determinar el área de dispersión o alcance.
- ▶ Contribuye en la generación de los de incendios forestales. Puede generar focos secundarios. Favorece la desecación del combustible, aumenta la intensidad del incendio al aportar oxígeno, e incrementa la velocidad de propagación.

Estabilidad atmosférica:

El movimiento vertical de la atmósfera es conocido como "estabilidad atmosférica" también afecta el transporte y dispersión de los contaminantes del aire.

- ▶ Las condiciones atmosféricas inestables producen la mezcla vertical.
- ▶ Generalmente, durante el día el aire cerca de la superficie de la tierra es más caliente y liviano que el aire en la atmósfera superior debido a la absorción de la energía solar. El aire caliente y liviano de la superficie sube y se mezcla con el aire frío y pesado de la atmósfera superior que tiende a bajar.
- ▶ Este movimiento constante del aire crea condiciones inestables y dispersa el aire contaminado.
- ▶ Cuando el aire más caliente está por encima del aire frío se presentan condiciones atmosféricas estables, de ese modo se inhibe la mezcla vertical. Esta condición se denomina inversión térmica. Cuando hay una ligera mezcla vertical o no hay mezcla, los contaminantes permanecen en la zona baja y tienden a aparecer en concentraciones mayores.

Turbulencia:

- ▶ La turbulencia es la irregularidad del movimiento del viento
- ▶ Se caracteriza por el cruce de las trayectorias de las masas de aire y por la superposición de una fluctuación irregular, aleatoria y no reproducible de la circulación media del viento.
- ▶ La dispersión de tipo torbellino es el proceso de mezcla más importante en las capas bajas de la tropósfera y aumenta el efecto de dispersión y dilución de los contaminantes.

Temperatura (gradiente de temperatura):

Es una condición atmosférica causada por una interrupción del perfil normal de la temperatura de la atmósfera.

- ▶ La inversión térmica puede retener el ascenso y dispersión de los contaminantes de las capas más bajas de la atmósfera y causar un problema localizado de contaminación del aire. Cuando se emiten contaminantes al aire en esas condiciones, se acumulan debido a que los fenómenos de transporte y difusión ocurren demasiado lentos.
- ▶ Si la temperatura baja bruscamente, la atmósfera se vuelve inestable lo que facilita la dispersión de los contaminantes. Por lo contrario, la estabilidad atmosférica en la capa de aire favorece la aparición del fenómeno llamado inversión térmica.
- ▶ Favorece la generación y propagación de incendios, a mayor temperatura corresponde normalmente menor humedad relativa, y como consecuencia, la humedad en los combustibles también disminuye, ya que está altamente relacionado con la disponibilidad para la combustión.

Radiación solar:

- ▶ Contribuye a la formación de Ozono troposférico y otros contaminantes secundarios, que se originan en presencia de luz solar por reacciones fotoquímicas.
- ▶ Influye en la formación del Ozono, debido a que permite la reacción de compuestos orgánicos con los óxidos de Nitrógeno.
- ▶ Favorece la generación de incendios forestales

Precipitación:

- ▶ Permite un efecto beneficioso, dado que remueve las partículas contaminantes del aire y ayuda a minimizar las partículas provenientes de actividades como la construcción y algunos procesos industriales.
- ▶ Favorece o hace más eficientes los procesos de lavado y eliminación de contaminantes del aire, principalmente de contaminantes particulados.
- ▶ En épocas de mayor precipitación, existe una mayor eliminación de partículas en suspensión y así mismo, existe un mayor arrastre.
- ▶ Mientras que los periodos de sequía favorecen la resuspensión de partículas depositadas, lo que hace menos eficiente la eliminación de contaminantes particulados.



Fuente: (Inche, Capítulo 7. Transporte y dispersión de contaminantes del aire, 2004). (Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz, 2003). Ideam.



8.1. Comportamiento de los indicadores climatológicos

8.1.1. Comportamiento de la anomalía anual de la temperatura media

La temperatura del aire hace referencia a la medida del estado térmico del aire con respecto a su habilidad de comunicar calor a su alrededor. La temperatura del aire en superficie es la temperatura leída en un termómetro expuesto al aire en una garita o caseta meteorológica, que permite la existencia de una buena ventilación y evita los efectos de la radiación solar directa sobre el termómetro, a una altura comprendida entre 1,25 y 2 metros sobre el nivel del suelo. Por otro lado, la temperatura media corresponde al promedio de las temperaturas observadas en el curso de un intervalo de tiempo determinado (hora, día, mes, año, década, etc.).

En climatología se utilizan los valores promedios para definir y comparar el clima, mientras que, el término anomalía climática es usado para describir la diferencia entre el valor del elemento climático en un periodo de tiempo determinado, con respecto al valor medio histórico de la variable climática correspondiente (Normal climatológica), durante el mismo lapso, en un lugar dado.

En este caso, el Índice de la Anomalía Anual de la Temperatura Media, permite determinar la fluctuación por encima y por debajo de lo normal, del comportamiento del régimen de temperatura de un año, respecto al valor promedio (normal). El promedio del periodo de referencia (Normal Climatológica Estándar) es de 30 años y el utilizado para este análisis corresponde al periodo 1981 – 2010.

Durante el año 2021, gran parte del territorio nacional presentó anomalías de la temperatura media en el rango de la normalidad, esto es entre +0,5°C y -0,5°C, a pesar de que predominó la fase de La Niña del ciclo ENSO (El Niño – Oscilación del Sur) durante gran parte del año (reportado por el ONI y asociado a valores negativos de este indicador por debajo de -0,5 en el área de seguimiento al ciclo ENSO en el Pacífico ecuatorial), tal como se puede observar en la **Tabla 8**.

En la **Tabla 8** se muestra el comportamiento del índice oceánico de El Niño - ONI durante el año 2021.

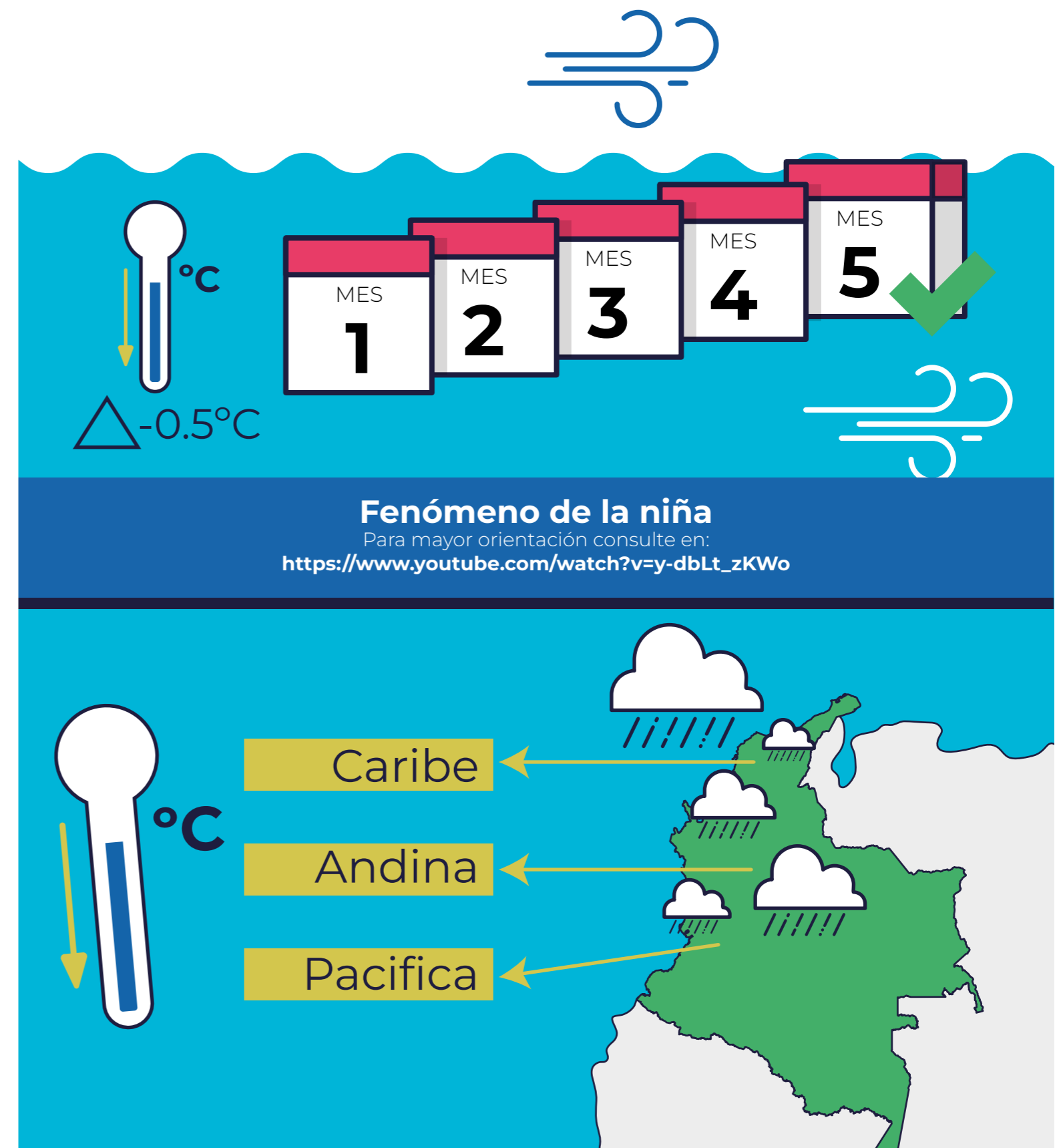
Tabla 8. Comportamiento del índice oceánico de El Niño, año 2021

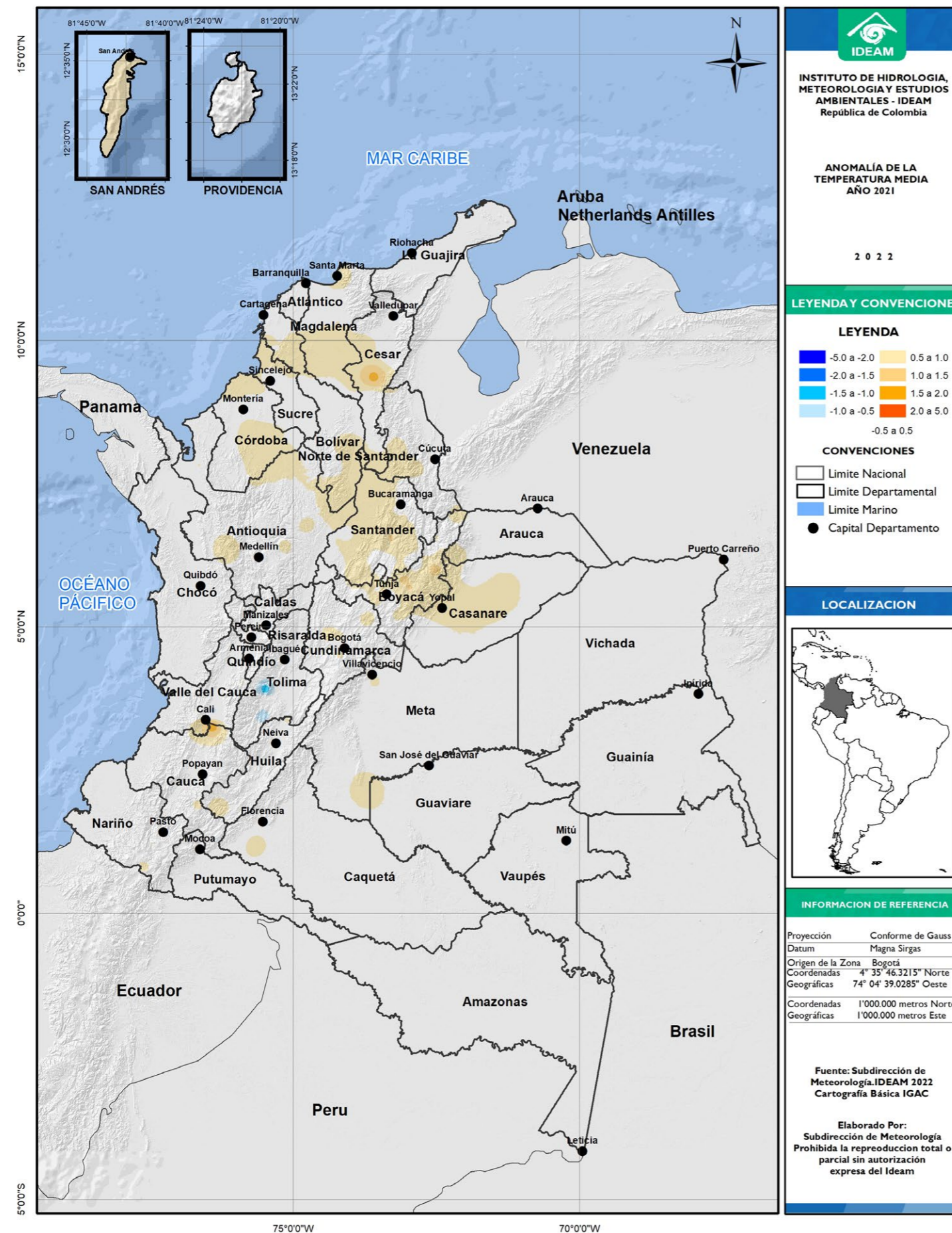
Año	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE
2021	-1,0	-0,9	-0,8	-0,7	-0,5	-0,4	-0,4	-0,5	-0,7	-0,8	-1,0	-1,0

Fuente: ONI¹⁷ - ERSST.v5 SST

Durante gran parte del año 2021 predominó la fase de La Niña del ciclo ENSO (El Niño – Oscilación del Sur), presentándose una corta fase neutral a mediados de año.

17. Índice Oceánico de El Niño (ONI, por sus siglas en inglés). Reportado desde 1950. Disponible en: https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php





Con referencia a la Normal Climatológica (1981 – 2010) y de acuerdo con la **Figura 47**, el año 2021 presentó:



Figura 47. Índice de la anomalía anual de la temperatura media para el año 2021

El comportamiento de la temperatura media en el país depende de varios factores, pero, se modula en gran medida por la ocurrencia de los fenómenos El Niño y La Niña.

El hecho de que durante el año 2021 predominara la fase de La Niña del ciclo ENSO, contribuyó a que gran parte del territorio nacional presentara anomalías de la temperatura media anual en el rango de la normalidad, esto es entre +0,5°C y -0,5°C, contrario a lo ocurrido en años anteriores donde predominaron las anomalías positivas en la mayoría de los sectores del país.



► **Anomalías Positivas:**

Se concentraron en amplios sectores de Casanare, Boyacá, Santander, Norte de Santander, Antioquia, Córdoba, Sucre, Cesar, Bolívar y Magdalena, así como en pequeñas zonas de los departamentos Caquetá, Meta, Guaviare, Arauca, Huila, Cauca y Valle del Cauca.

► **Comportamiento Normal:**

Predominaron en gran parte del territorio nacional, particularmente en las regiones de la Amazonía, Orinoquía, Pacífica, centro y sur de la Andina y norte de la Caribe.

► **Anomalías Negativas:**

Se presentaron en pequeños sectores del departamento de Tolima.

Fuente: Grupo de Climatología y Agrometeorología. Subdirección de Meteorología, Ideam, 2021.



8.1.2. Comportamiento del índice de precipitación anual

La lluvia es un fenómeno atmosférico consistente en una precipitación acuosa en forma de gotas líquidas, cuyo diámetro se halla generalmente comprendido entre 0,5 y 7 mm y que caen a una velocidad del orden de los 3 m/s. El volumen de lluvia se mide en milímetros. Un milímetro equivale a un litro de agua por metro cuadrado.

Los dos principales aparatos de medición de la precipitación son el pluviómetro y el pluviógrafo. El primero mide el volumen total de lluvia caída durante el día meteorológico (7 a.m. a 7 a.m. del día siguiente). El segundo es un aparato de registro continuo que permite determinar la intensidad de la precipitación en un intervalo de tiempo dado.

El índice de precipitación porcentual permite determinar si la variable en análisis se registró dentro del rango de valores normales, o entre

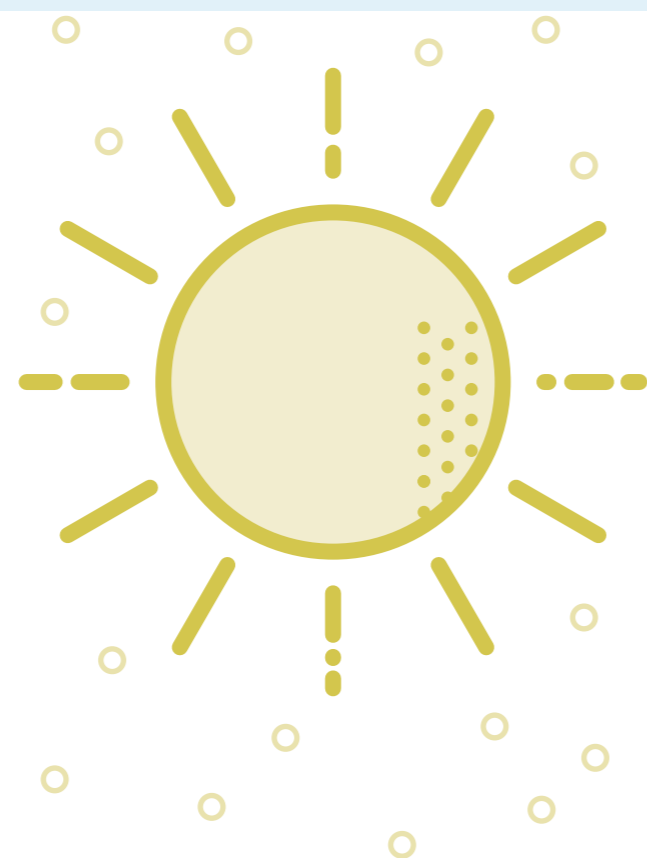
los intervalos por encima o por debajo de lo normal. El promedio del periodo de referencia de 30 años es la base del cálculo y representa el 100 %. El umbral de normalidad se determina entre el 80 % y 120 % del valor medio.

En el año 2021 se presentó un comportamiento en la precipitación, muy cercano a lo normal en gran parte del territorio nacional, excepto en amplios sectores del centro y sur de las regiones Andina y Pacífica y del sur de la región Caribe, como se puede apreciar en la **Figura 48**, a pesar de que predominó la fase de La Niña durante gran parte del año.

TEMPORADA DE LLUVIAS REGULARES



ABRIL - JUNIO



AGOSTO - SEPTIEMBRE



OCTUBRE - DICIEMBRE

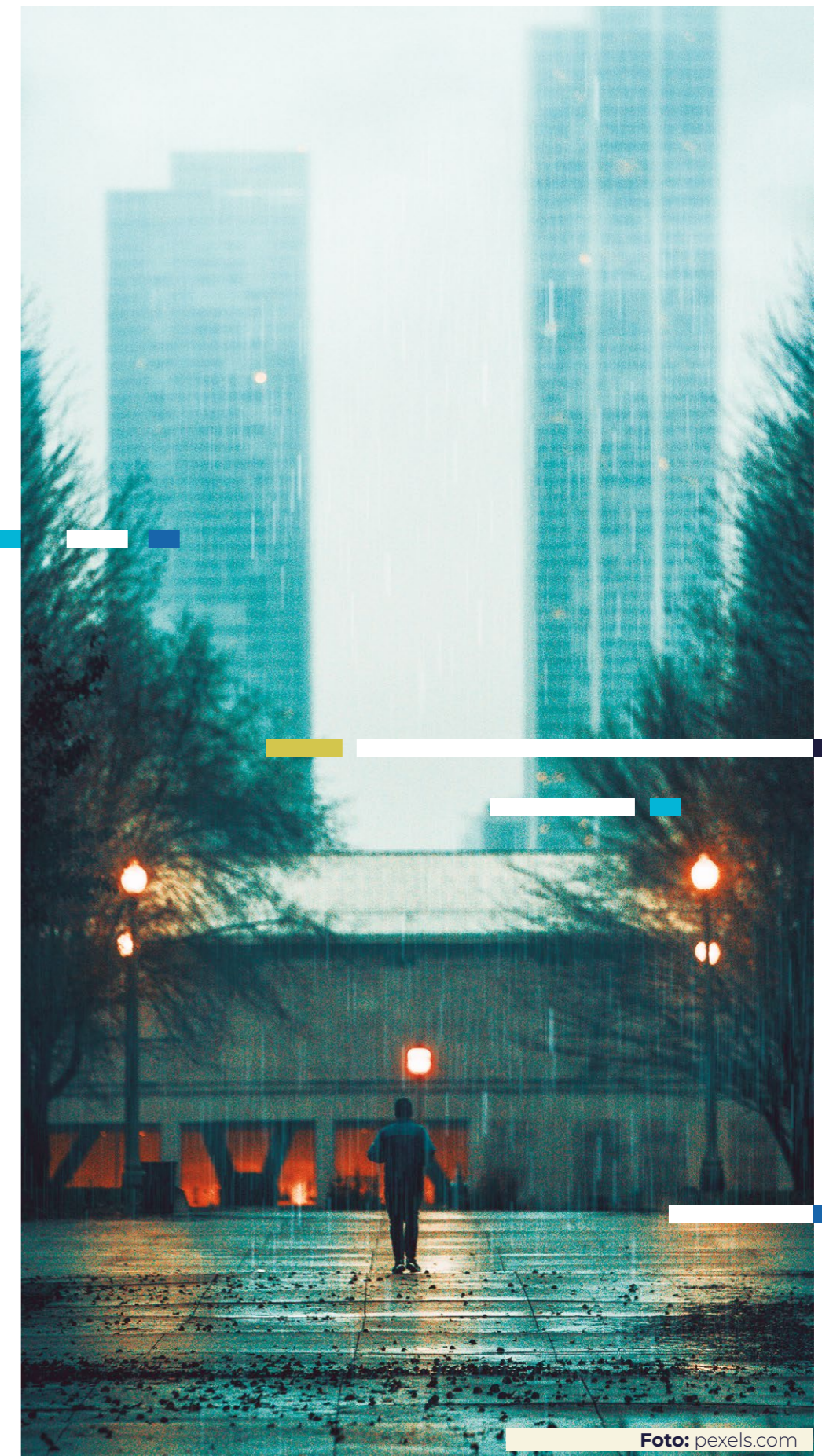
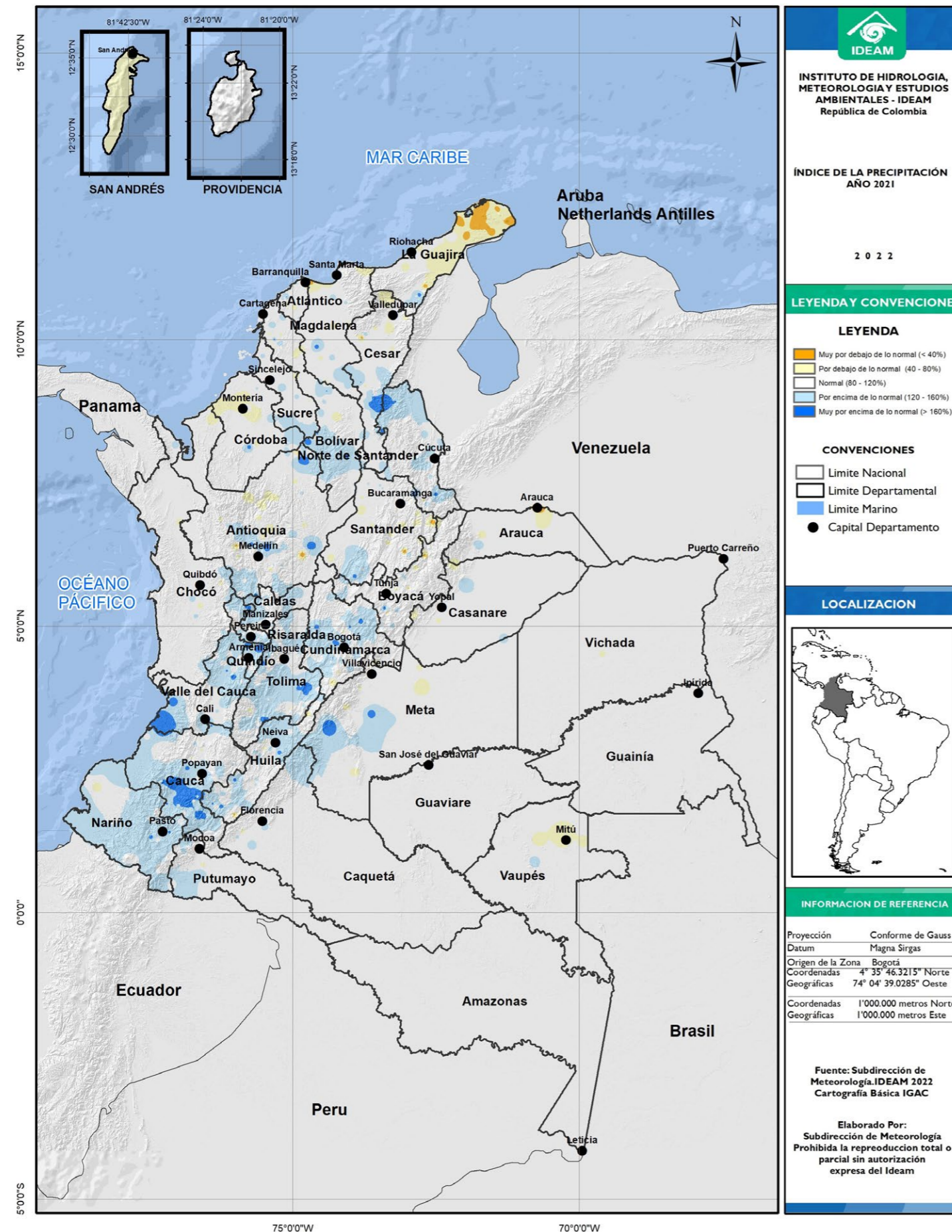


Foto: pexels.com



Con referencia a la Normal Climatológica vigente (1981 – 2010) y de acuerdo con la **Figura 48**, el año 2021 presentó:

Figura 48. Índice de la precipitación anual en porcentaje para el año 2021

El comportamiento de la precipitación también presenta fluctuaciones con la ocurrencia de los fenómenos El Niño y La Niña.

A pesar de la ocurrencia de un evento frío durante gran parte del año 2021, el índice de precipitación anual estuvo dentro del umbral de la normalidad en gran parte del territorio nacional, excepto en amplios sectores del centro y sur de las regiones Andina y Pacífica y del sur de la región Caribe.



► **Precipitaciones por debajo de lo normal:**

Se concentraron en amplios sectores del centro y norte de La Guajira y en sectores específicos de los departamentos de Magdalena, Cesar, Bolívar, Córdoba, Antioquia, Santander, Arauca, Boyacá, Casanare, Meta, Vaupés y Nariño.

► **Comportamiento normal:**

Predominó en gran parte del territorio nacional, destacándose la Orinoquía, la Amazonía, centro y norte de las regiones Caribe y Pacífica y gran parte del norte de la región Andina.

► **Precipitaciones por encima de lo normal:**

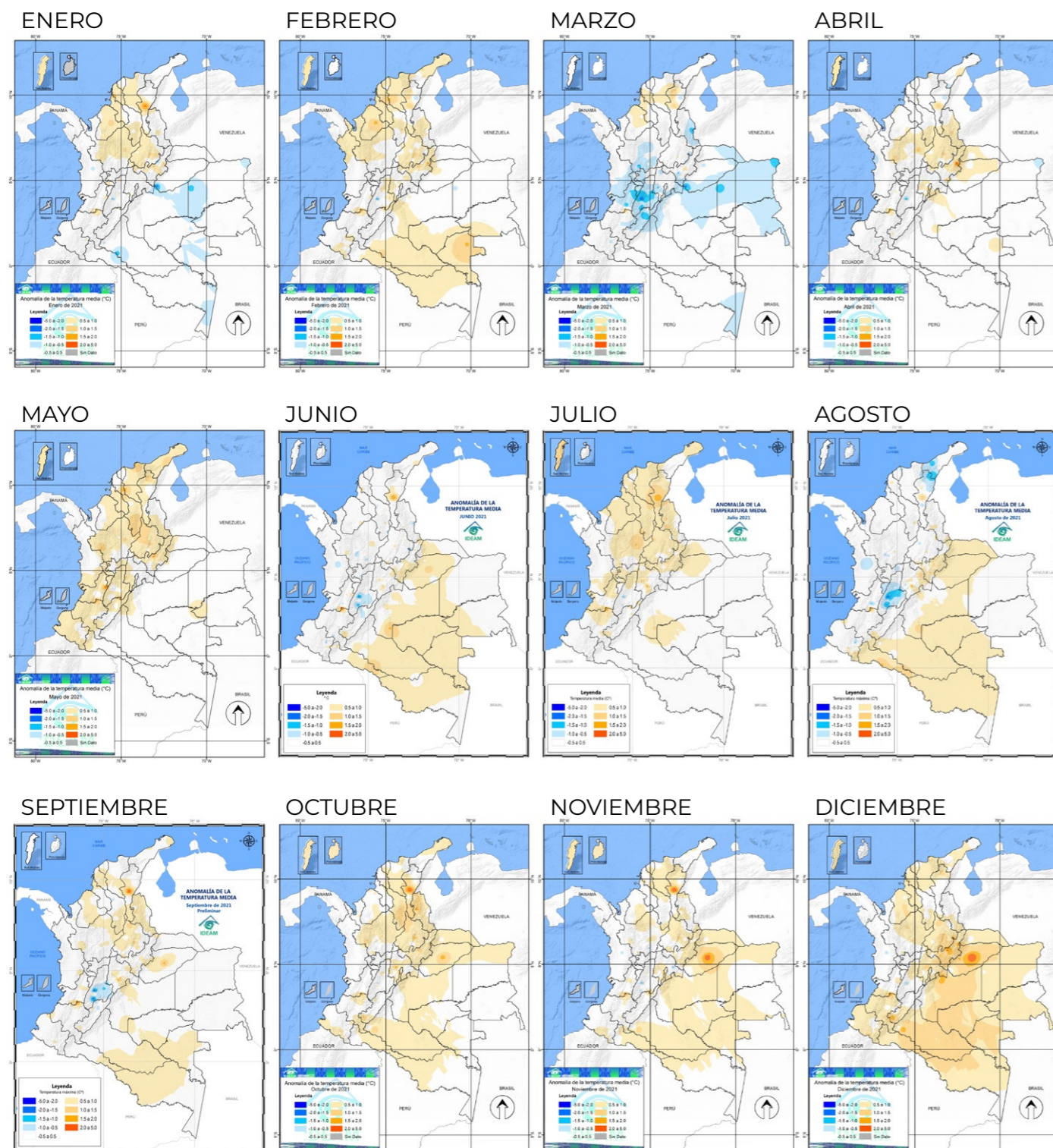
Se registraron en amplios sectores del centro y sur de las regiones Andina y Pacífica, sur de la región Caribe, sur de Antioquia y Santander, varias zonas de Norte de Santander y en algunas áreas del occidente de Arauca, Casanare, Meta, Caquetá y Putumayo y el sur de La Guajira.

Fuente: Grupo de Climatología y Agrometeorología. Subdirección de Meteorología, Ideam, 2021.



8.1.3. Análisis de la anomalía mensual de la temperatura media

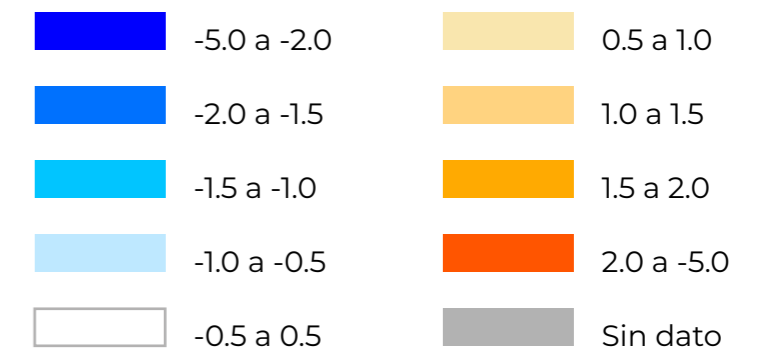
Figura 49. Mosaico de la anomalía mensual de la temperatura media durante el año 2021



Fuente: Grupo de Climatología y Agrometeorología. Subdirección de Meteorología, Ideam, 2021.

De acuerdo con el mosaico de la **Figura 49** de la anomalía mensual de la temperatura media, a lo largo del año 2021 predominaron las anomalías positivas y las condiciones cercanas a la normalidad en gran parte del territorio nacional, a diferencia de lo ocurrido en el año 2020 cuando predominaron las anomalías positivas altas en casi todo el país, especialmente durante el primer semestre del año.

Anomalía de la temperatura media (°C)



Región Caribe:

Las anomalías positivas más altas y extendidas en la región se presentaron en los meses de febrero, mayo, julio, octubre y diciembre, mientras que las anomalías negativas solo se presentaron en agosto y marzo.

anomalías positivas en algunos sectores en los meses de febrero, mayo, julio y diciembre, así como anomalías negativas en marzo, junio y agosto.

Región Andina:

Durante gran parte de los meses del año, predominaron las anomalías positivas al norte de la región y en algunos sectores del centro, así como condiciones cercanas a la normalidad en el resto de la misma. Las anomalías positivas más altas se presentaron en mayo, julio y diciembre, mientras que las anomalías negativas más altas se dieron en el mes de marzo, especialmente en el norte y centro de la región. También se presentaron anomalías negativas en sectores del centro de la región en los meses de junio, agosto y septiembre.

Amazonía:

En los primeros siete meses del año predominan las condiciones cercanas a la normalidad en gran parte de la región, excepto por anomalías positivas en amplios sectores en los meses de febrero y junio y algunas zonas con anomalías negativas en enero y marzo. En los últimos cinco meses predominan las anomalías positivas generalizadas.

Orinoquía:

Durante el primer semestre predominan las condiciones cercanas a la normalidad, con la ocurrencia de anomalías negativas en los meses de enero y marzo y de anomalías positivas en abril y junio. En el segundo semestre predominan las anomalías positivas en amplios sectores de la región, principalmente en diciembre, noviembre, octubre y agosto.

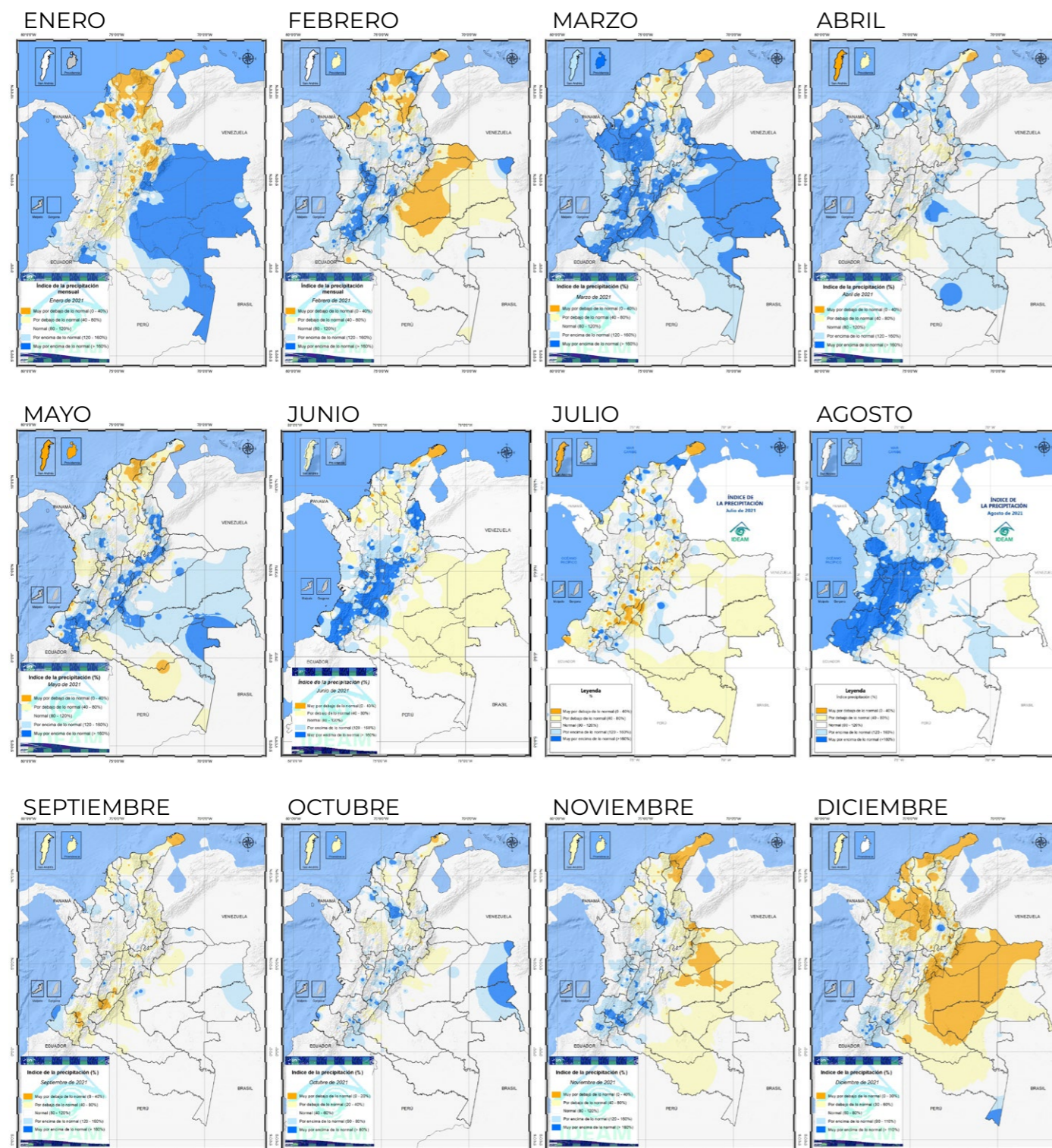
Región Pacífica:

Predominan las condiciones cercanas a la normalidad durante gran parte del año en gran parte de la región, excepto por la ocurrencia de



8.1.4. Análisis del índice de precipitación mensual

Figura 50. Mosaico del Índice de Precipitación Mensual durante el año 2021



Fuente: Grupo de Climatología y Agrometeorología. Subdirección de Meteorología, Ideam, 2021.

A continuación, se presenta un análisis espacio - temporal del Índice de Precipitación por regiones durante el año 2021, de acuerdo con lo observado en el mosaico de la **Figura 50**.

Al realizar un análisis comparativo del comportamiento mensual de la precipitación con el del ciclo El Niño – Oscilación del Sur (ENSO), se encuentra que, durante los primeros meses del año se presentó el evento frío (La Niña), asociado a la ocurrencia de lluvias por encima de lo normal en varios sectores del país, principalmente en la Orinoquía y en el centro, sur y nororiente de la región Andina, así como en Antioquia; posteriormente se presenta una fase neutral a mitad de año, que se relaciona a lluvias por debajo de lo normal en la Orinoquía, Amazonía y la región Caribe.

Durante el segundo semestre se presenta nuevamente el evento frío (La Niña) que genera lluvias muy por encima de lo normal en amplias zonas de la región Caribe, Andina y Pacífica en el mes de agosto, así como lluvias por encima de lo normal en amplias zonas de la región andina y sur de la región Caribe durante los meses de octubre y noviembre. En los últimos cuatro meses del año, a excepción de lo comentado anteriormente para los meses de agosto, octubre y noviembre, predominaron las condiciones cercanas a lo normal y por debajo de lo normal, especialmente en las regiones Orinoquía, Amazonía, Caribe y Pacífica.

Región Caribe:

Durante los dos primeros meses del año 2021 y los dos finales, se presentaron los déficits de lluvia más altos en la región con respecto a sus valores normales, mientras que en los meses de abril y agosto se evidencia la mayor cantidad de área con lluvias por encima de lo normal. En el resto de los meses del año predominan déficits ligeros de lluvia con algunos sectores con excesos principalmente al centro y sur de La Guajira, norte del Cesar y Magdalena y el sur de la región.

normal en algunas zonas del centro y sur de la región.

Región Pacífica:

Durante gran parte del año se presentaron lluvias dentro de lo normal, así como ligeros déficits de lluvia (lluvias por debajo de lo normal) en amplios sectores de la región, sin embargo, en los meses de marzo y agosto, se presentaron lluvias muy por encima de lo normal en gran parte de la región, mientras que en febrero y junio se presentaron algunas zonas del centro y sur de la región con lluvias por encima de lo normal.

Amazonía:

Se registraron lluvias por encima de lo normal en amplios sectores del piedemonte, norte y oriente de la región durante los meses de enero, marzo, abril y mayo. Para el resto de los meses las precipitaciones se presentaron dentro de lo normal o con algunos déficits, los más altos ocurridos en los meses de noviembre y diciembre.



09

Conclusiones y recomendaciones





9.1. Monitoreo y seguimiento de la calidad del aire año 2021

► Cifras importantes

Para efectuar el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire, el país contó con **22** Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire – SVCA operados por autoridades ambientales. Estos SVCA contaron en total con **199** estaciones de monitoreo, de las cuales, el **91,5 %** monitoreó de forma permanente y el **8,5 %** monitoreó por campañas (mínimo de 18 días).

Del total de estaciones de monitoreo, el **64 %** contó con tecnologías automáticas, el **29 %** con tecnologías manuales y el **7 %** con tecnologías híbridas, destacándose que para el año 2021 se registró históricamente el mayor porcentaje de estaciones automáticas, lo que permite enaltecer el fortalecimiento del monitoreo sistemático de la calidad del aire en el país, mediante la inclusión de tecnologías que permiten brindar información oportuna para la toma de decisiones frente a episodios de contaminación.

El contaminante más evaluado fue el material particulado grueso (PM_{10}), el cual fue monitoreado en el **81 %** de las estaciones, seguido del material particulado fino ($PM_{2,5}$) que se monitoreó en el **66 %** de las estaciones; entre tanto, el monitoreo de los gases se efectuó en menos del **32 %** de las estaciones.

Los SVCA tuvieron cobertura en **19** departamentos y en **77** municipios. No obstante, en cuanto a cobertura, se identificaron oportunidades de mejora, debido a que, de acuerdo con las necesidades de monitoreo de la calidad del aire según el tamaño de la población de los municipios, se identificaron **90** municipios que requieren implementar un SVCA y **28** municipios que requieren mejorar su SVCA, robusteciendo la complejidad del SVCA mediante la incorporación de más estaciones y variables a monitorear y/o implementando el monitoreo permanente.

Así mismo, se identificaron oportunidades de mejora con respecto a la acreditación de los SVCA, debido a que el **45 %** de los SVCA operados por autoridades ambientales no cuentan con la respectiva acreditación, esto, toda vez que la acreditación es la garantía de la competencia técnica y la idoneidad para la producción de información.

► Gestión a resaltar

Pese a las dificultades asociadas a la declaratoria de la emergencia sanitaria asociada al Covid-19 y postpandemia, las autoridades ambientales han realizado grandes esfuerzos por continuar con el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire y divulgar la respectiva información, siendo de destacar que para el año 2021, se alcanzó históricamente el mayor número de registros en el subsistema de información sobre calidad del aire – SISAIRE.

Así mismo, se destaca la labor de las autoridades ambientales en el mejoramiento de sus SVCA, esto ya que, para el año 2021, se alcanzó históricamente el mayor número tanto de estaciones permanentes como de estaciones automáticas, permitiendo enaltecer el fortalecimiento del monitoreo sistemático de la calidad del aire orientado a la transición gradual de mejores tecnologías y al seguimiento permanente, lo que mejora la confiabilidad, temporalidad y oportunidad de las mediciones y contribuye a un mejor entendimiento de la contaminación atmosférica.

Durante los dos últimos dos años (2020 y 2021) se destaca el fortalecimiento en el monitoreo del material particulado fino ($PM_{2,5}$) y especialmente durante el año 2021, se resalta el robustecimiento del monitoreo de los gases contaminantes (Dióxido de Azufre, Dióxido de Nitrógeno, Ozono y Monóxido de Carbono), mediante la incorporación de estaciones que contribuyeron a un mejor entendimiento del comportamiento de estos contaminantes, que son especial importancia por suponer riesgos sobre la salud humana.

El Ideam presta un importante servicio misional de generación de conocimiento, orientado al apoyo técnico y fortalecimiento de las capacidades de las autoridades ambientales para la operación de las estaciones de calidad del aire, así como para el manejo, procesamiento y análisis de datos de las diferentes variables de calidad del aire y meteorológicas; siendo este apoyo fundamental para la consolidación de información nacional de calidad del aire, que responda a adecuados criterios de calidad y confiabilidad del dato.

► Oportunidades de mejora

Si bien, durante el año 2021, las autoridades ambientales realizaron importantes esfuerzos para mejorar la representatividad temporal de las mediciones, se identificaron oportunidades de mejora con respecto a la calidad y validez de la información, por lo que, se hace un llamado a las respectivas autoridades ambientales a implementar o fortalecer medidas como: renovación y mejoramiento de tecnologías, fortalecimiento de las capacidades técnicas del personal operativo, formulación de planes de mejoramiento de la calidad del dato, mediante la implementación u optimización de los criterios de calidad establecidos en los métodos avalados y acciones periódicas de seguimiento y control a la operación de los SVCA, tales como limpiezas, mantenimientos preventivos y correctivos, verificaciones, calibraciones, seguimiento permanente a los datos, validación de la información, entre otras.

Así mismo, se identificaron oportunidades de mejora con respecto a la competencia técnica de las autoridades ambientales en la operación de sus SVCA, por lo que para las autoridades que no cuentan con la debida acreditación, es perentorio surtir el debido proceso, en aras de mejorar la competencia técnica para la producción de información confiable.

A partir de los diferentes instrumentos de política y normativos, es necesario incentivar y orientar el fortalecimiento del monitoreo de la calidad del aire, esencialmente en municipios o zonas del país que no cuentan con información de calidad del aire y que por su tamaño de población o problemáticas ambientales específicas de contaminación atmosférica, requieren monitorear la calidad del aire en pro de la salud y bienestar de la población expuesta.

Es indispensable que las autoridades ambientales, en articulación con las respectivas entidades territoriales (municipios o distritos) y autoridades sanitarias, con base en los resultados de las mediciones y estudios de calidad del aire efectuados dentro de su jurisdicción, formulen, implementen y/o potencialicen los programas regionales de prevención, control y mitigación de la contaminación atmosférica.



9.2. Estado de la calidad del aire año 2021

► Cifras importantes

A nivel nacional, el comportamiento anual del PM_{10} reflejó que el **92,4 %** de las estaciones de monitoreo que presentaron representatividad adecuada, refirieron cumplimiento con respecto al nivel máximo permisible anual expuesto en la Resolución 2254 de 2017. Entre las estaciones de monitoreo que registraron las mayores concentraciones, superando el límite mencionado, se relacionan siete, las cuales se ubican en los municipios de Itagüí y Amagá (Antioquia), Soacha (Cundinamarca), Ciénaga y Santa Marta (Magdalena) y en Bogotá D.C.

Por su parte, el **94,3 %** de las estaciones de monitoreo de $PM_{2,5}$, que cumplieron con el criterio de representatividad temporal, reportaron concentraciones inferiores al nivel máximo permisible anual expuesto en la Resolución 2254 de 2017. Cuatro estaciones reportaron concentraciones superiores al límite permisible, tres de ellas ubicadas en Antioquia (municipio de Sabaneta y ciudad de Medellín) y una en la ciudad de Bogotá D.C.

La mayor preocupación con respecto a los contaminantes criterio, se centra en el material particulado, ya que a partir de la ponderación del índice de calidad del aire (ICA), se pudo observar que se alcanzaron categorías dañinas a la salud de grupos sensibles y dañinas a la salud, en mayor proporción en comparación con los gases monitoreados, ratificando la necesidad de aunar esfuerzos para disminuir las concentraciones de estos contaminantes en el aire ambiente.

Por parte, el Dióxido de Nitrógeno, registró cumplimiento de la norma anual en el **100 %** de las estaciones que midieron este contaminante, y la mayoría de las estaciones cumplieron con el límite normativo proyectado al año 2030, exceptuando únicamente una estación de monitoreo ubicada en la ciudad de Medellín (Fiscalía Sector Caribe).

En cuanto al comportamiento de los demás contaminantes gaseosos, el Dióxido de Azufre, Ozono y Monóxido de Carbono, reflejaron índices de calidad del aire en la categoría buena en porcentajes superiores al **98 %**. Lo que ratifica que la contaminación atmosférica dada por gases supone un riesgo bajo para la salud de la población colombiana.

► Gestión a resaltar

Desde el gobierno nacional se ha venido trabajando con los diferentes sectores en el mejoramiento de la calidad del aire, con un enfoque específico de aumentar el monitoreo y seguimiento de la contaminación atmosférica y reducir la presencia de los contaminantes en la atmósfera. A partir del Plan Nacional de Desarrollo - PND, la Estrategia Nacional de Calidad del Aire- ENCA y los CONPES 3943 y 3918 de 2018, se establecieron indicadores de seguimiento referentes al mejoramiento de la calidad del aire con metas proyectadas a los años 2022 y 2030, los cuales tomaron como orientación el objetivo intermedio 3 de la OMS para material particulado, y hacen referencia al porcentaje de estaciones de calidad del aire que cumplen con representatividad temporal y registran concentraciones promedio anual inferiores a $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para PM_{10} y $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para $PM_{2,5}$.

Para el año 2021, se encontró un comportamiento favorable de los indicadores de seguimiento de la calidad del aire nacional, los cuales denotan una orientación al cumplimiento de las metas trazadas por los instrumentos anteriormente mencionados para los años 2022 y 2030. En cuanto al PM_{10} el porcentaje de estaciones que cumplió tanto con el criterio de representatividad temporal, como con el objetivo intermedio 3 de la OMS, pasó del **34,8 %** en 2020 al **42,4 %** en 2021, reportando cumplimiento de la meta del 35 % establecida en el PND para el 2022. La tendencia de los últimos cinco años sugiere un cumplimiento temprano de las metas de los CONPES 3943 y 3918 al año 2030, alcanzando la meta del 70 % de estaciones de PM_{10} para el año 2027.

Con respecto al $PM_{2,5}$, el indicador de seguimiento reportó un crecimiento inesperado en el 2021, alcanzando el **57,1 %** de las estaciones cumpliendo tanto en representatividad temporal como en el objetivo intermedio 3 de la OMS, dicho incremento se obtuvo como resultado de casi duplicar las estaciones que cumplieron ambos criterios en comparación con el año 2020. Adicionalmente, cabe resaltar que el año 2021 fue un periodo atípico de bajas concentraciones de material particulado, ya que la reactivación de la movilidad en el territorio nacional permitió aumentar las estaciones con representatividad temporal. Por otra parte, en el año 2021, el número de incendios se vio reducido por la presencia prolongada del fenómeno de La Niña, lo cual, adicionalmente favoreció los procesos de lavado y eliminación de contaminantes particulados, resultando en un mejoramiento de la calidad del aire en el territorio nacional.

► Oportunidades de mejora

El año 2021 tuvo un escenario de bajas emisiones relacionadas a incendios en la cuenca de la Orinoquia, el análisis de las concentraciones de contaminantes atmosféricos en varios sistemas de vigilancia demostró que hubo un mejoramiento general de los niveles de contaminación de material particulado y que las fuentes regionales que deterioran la calidad del aire redujeron su impacto debido a ciertas condiciones climatológicas. Estos resultados permiten abordar la pertinencia de que en las políticas gubernamentales se incluyan planes y programas de prevención de incendios de la cobertura vegetal.

Debido a la importancia de la meteorología en la dispersión de los contaminantes atmosféricos, se recomienda que las autoridades ambientales fortalezcan el monitoreo de esas variables en la mayoría de las estaciones que conforman los SVCA, de manera que se facilite el análisis integrado de los episodios de contaminación. Esto con especial énfasis en regiones donde las características climatológicas señalan menos lluvias y altos niveles de radiación, debido a que estas condiciones favorecen, por ejemplo, la resuspensión de contaminantes particulados y la propagación de incendios de la cobertura vegetal.

Se ha identificado que, para aumentar el entendimiento de la contaminación atmosférica y aportar a la gestión integral del recurso aire, es necesario aunar esfuerzos por parte de las autoridades ambientales para la elaboración de inventarios de emisión detallados y ejercicios de modelización que permitan identificar las principales fuentes de contaminantes, su distribución espacio-temporal y sus repercusiones en la salud y el ambiente, de esta manera, se recomienda el fortalecimiento en la generación de estos insumos para desarrollar políticas públicas orientadas al cuidado de la calidad del aire.

De igual manera, se sugiere que las autoridades ambientales implementen herramientas complementarias de información secundaria para el análisis de la calidad del aire, como mediciones y modelos de pronóstico y reanálisis a partir de mediciones satelitales desarrollados por organismos internacionales, que proveen información de diversos contaminantes atmosféricos, que pueden aportar al entendimiento de la dinámica en la atmósfera a nivel nacional.



► Recomendaciones especiales

La normativa colombiana señala que, “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” (Parágrafo 2 del artículo 5, del Decreto 1600 de 1994). Bajo este contexto, el Ideam, recomienda a las autoridades ambientales y laboratorios de análisis de calidad del aire surtir el proceso de acreditación de sus SVCA y ensayos analíticos, como garantía de la idoneidad y competencia técnica en todas las etapas involucradas en el proceso: monitoreo, determinación analítica, validación y seguimiento, desde la generación del dato, hasta la emisión y difusión de los resultados, ya que es fundamental que se garantice que los diferentes sectores involucrados y la ciudadanía en general puedan acceder y hacer uso de la información de calidad del aire y adquirir datos de calidad, oportunos y confiables, que conlleven al entendimiento y adecuada gestión del recurso aire.

Es necesario que las autoridades ambientales fortalezcan los programas de prevención, control y reducción de la contaminación de aire, con el objetivo de disminuir las concentraciones de los contaminantes atmosféricos para cumplir con los niveles máximos

permisibles establecidos como obligatorios a partir del año 2030 y orientar esfuerzos al cumplimiento gradual de los valores guía o directrices recomendadas por la Organización Mundial de la Salud. Las medidas que deben implementarse, en las ciudades y regiones del país, comprometen 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 debe avanzarse en los temas de gobernanza y apropiación de la problemática por parte de la ciudadanía.

Por parte de la comunidad científica, se identificó la importancia del uso de herramientas e información de segunda mano que permita aportar al entendimiento de la calidad del aire en el país, es por ello que se recomienda que las autoridades ambientales utilicen información procedente de sistemas de monitoreo globales mediante tecnologías satelitales, para fijar políticas de calidad del aire en el país. Esto con fundamento en que el análisis espacial de la calidad del aire en Colombia por medio de datos de satelitales, expuesto en el capítulo 6 permitió determinar que la precisión de la información utilizada es viable para ser usada como información complementaria, sin dejar de lado la importancia de incorporar y fortalecer Sistemas de Vigilancia de Calidad del Aire.

Se resalta la importancia de que las entidades del orden nacional, territorial y local, continúen aunando esfuerzos para dar cumplimiento a los lineamientos contemplados en CONPES 3918 de 2018 -Estrategia para la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, CONPES 3943 de 2018 -Política para el mejoramiento de la calidad del aire y Estrategia Nacional de Calidad del Aire -ENCA, iniciativas y políticas que permitirán garantizar el derecho constitucional de un ambiente sano donde los efectos de la contaminación atmosférica sean mínimos, y garanticen la salud y el bienestar de todos los colombianos.



Foto: pexels.com



10

Referencias bibliográficas



- Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. (23 de Mayo de 2022). Efectos del material particulado (PM) sobre la salud y el medioambiente. Obtenido de Efectos sobre la salud: <https://espanol.epa.gov/espanol/efectos-del-material-particulado-pm-sobre-la-salud-y-el-medioambiente>
- Agency Environmental Protection. (24 de Agosto de 2021). How is the NowCast algorithm used to report current air quality? AirNow. Obtenido de https://usepa.servicenow.com/airnow?id=kb_article&sys_kb_id=bb8b65ef1b06bc10028420eae54bcb98
- al., S. e. (2021). A global observational analysis to understand changes in air quality during exceptionally low anthropogenic emission conditions. *Environ. Int.*
- Anttila, P. T. (2011). Primary NO₂ emissions and their role in the development of NO₂ concentrations in a traffic environment. *Atmos. Environ.*, 986-992.
- Archibald, A. T. (2020). Tropospheric Ozone Assessment Report A critical review of changes in the tropospheric ozone burden and budget from 1850 to 2100. *Elementa*, 34-35.
- Arregocés, H. A. (s.f.). Impact of lockdown on particulate matter concentrations in Colombia during the COVID-19 pandemic. . Obtenido de *Science of The Total Environment*: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142874>
- Asamblea Constituyente de Colombia. (1991). Constitución Política de la República de Colombia. Bogotá.
- Asamblea Mundial de la Salud. (Mayo de 2015). Obtenido de https://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/WHA68/A68_R8-sp.pdf
- Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz. (2003). Capítulo 2. La contaminación atmosférica. En A. d. Vitoria-Gasteiz, Plan municipal de gestión de la calidad del aire de Vitoria-Gasteiz (págs. 7 - 30). Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz, España.
- Ballesteros-González, K., Sullivan, P., & Morales-Betancourt, R. (2020). Estimating the air quality and health impacts of biomass burning in northern South America using a chemical transport model. *Sci. Total Environ.*, 739-741.
- Blanco, M. (2011). El enfoque del curso de vida: orígenes y desarrollo. *Revista Latinoamericana de Población*, 8, 5-31.
- Bolaño-Ortiz, T. R.-C.-D.-F.-E.-B.-D.-B. (2020). Spread of SARS-CoV-2 through Latin America and the Caribbean region: A look from its economic conditions, climate and air pollution indicators. Obtenido de *Environmental Research*: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109938>
- Cai, W. J. (2021). Characterizing the interruption-recovery patterns of urban air pollution under the COVID-19 lockdown in China. Obtenido de *Building and Environment*: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108231>
- Casallas, A., Castillo-Camacho, M. P., Guevara-Luna, M. A., González, Y., Sanchez, E., & Belalcázar, L. C. (2022). Spatio-temporal analysis of PM_{2,5} and policies in Northwestern South America. *Sci. Total Environ.*, 852.
- Casallas, A., Castillo-Camacho, M., Sanchez, E., González, Y., Celis, N., Mendez-Espinosa, J., . . . Ferro, C. (2022). Surface, Satellite Ozone Changes in Northern South America During Low Anthropogenic Emission Conditions: A Machine Learning Approach. SSRN.
- Castillo-Camacho, M., Tunarrosa-Grisales, I., Chacón-Rivera, L., Guevara-Luna, M., & Belalcázar-Cerón, L. (2020). Personal exposure to PM_{2,5} in the massive transport system of Bogotá and Medellín, Colombia. *Asian J. Atmos. Environ.*, 210-224.
- Celis, N., Casallas, A., López-Barrera, E., Martínez, H., Peña, C., Arenas, R., & Ferro, C. (2022). Design of an early alert system for PM_{2,5} through a stochastic method and machine learning models. *Environ. Sci. Policy*, 241-252.
- Chen, K. W. (2020). Air pollution reduction and mortality benefit during the COVID-19 outbreak in China. . Obtenido de *The Lancet Planetary Health*: [https://doi.org/10.1016/s2542-5196\(20\)30107-8](https://doi.org/10.1016/s2542-5196(20)30107-8)
- Congreso de Colombia. (1973). Ley 23 Código de Recursos Naturales y de Protección al Medio Ambiente. Bogotá.
- Consejo Nacional de Política Económica y Social - Departamento Nacional de Planeación. (15 de marzo de 2018). Conpes 3918 - Estrategía para la implementación de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) en Colombia. Obtenido de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3918.pdf>
- Cruz, J. S. (s.f.). Necesidad de una Red Nacional de Monitoreo de la Calidad del Aire en Colombia. Obtenido de Google Académico: [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/57900866/Necesidad_](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/57900866/Necesidad_de_una_red_nacional_de_monitoreo_de_calidad_del_aire_Colombia-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1667671707&Signature=cr0PioMu0PdBpmEQ6p-JwEkBWGqFyMBEY8LTrUcslF3yAwU3Y3O~J8MUdfs1wrPqJDjTMFcLmI5FMbo5wyfL)
- de_una_red_nacional_de_monitoreo_de_calidad_del_aire_Colombia-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1667671707&Signature=cr0PioMu0PdBpmEQ6p-JwEkBWGqFyMBEY8LTrUcslF3yAwU3Y3O~J8MUdfs1wrPqJDjTMFcLmI5FMbo5wyfL
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE. (2021). Proyecciones de población. Obtenido de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>
- Departamento Nacional de Planeación. (2018). Valoración económica de la degradación ambiental en Colombia 2015. Obtenido de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Valoraci%C3%B3n%20econ%C3%B3mica%20de%20la%20degradaci%C3%B3n%20ambiental.pdf>
- Departamento Nacional de Planeación. (2019). Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022: Pacto por Colombia, pacto por la equidad, Bogotá D.C., Colombia. Obtenido de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/PND-Pacto-por-Colombia-pacto-por-la-equidad-2018-2022.pdf>
- Fondo Acción para el Departamento Nacional de Planeación - DNP. (2022). Actualización de la Valoración económica de la contaminación del aire urbano 2015 y 2018.
- Greenpeace. (11 de Mayo de 2021). El impacto sobre la salud humana de la exposición a PM_{2,5}. Obtenido de <https://es.greenpeace.org/es/en-profundidad/los-combustibles-fosiles-tambien-nos-matan/el-impacto-sobre-la-salud-humana-de-la-exposicion-a-pm25/>
- Han, S., Bian, H., Feng, Y., Liu, A., X., L., Zeng, F., & Zhang, X. (2011). Analysis of the Relationship between O₃, NO and NO₂ in Tianjin, China. *Aerosol Air Qual. Res.*, 128-139.
- Hernández Flórez, L. J. (2017). ¿Qué es Gobernanza del aire? Blog. <https://grupoestudiosaludpublica.blogspot.com/2017/12/que-es-gobernanza-del-aire.html>
- Hernández, L. J., Ocampo, J., Ríos, D. S., & Calderón, C. (2017). The WHO model as a guideline for public health based on social determinants. *Revista de Salud Publica*, 19(3). <https://doi.org/10.15446/rsap.v19n3.68470>
- Hernández, L. J., Sarmiento, R., Osorio, S. D., Mesa, G., Rojas, N., Ágreda, J. A., Ochoa, M. T., & Eslava, J. C. (2016). Reflexiones acerca de la relación ambiente y salud : pensando en ambientes saludables.



- In J. C. Castañeda (Ed.), Reflexiones acerca de la relación ambiente y salud: pensando en ambientes saludables (pp. 1-150). Editorial Universidad Nacional de Colombia.
- Hernandez, A. J., Morales-Rincon, L. A., Wu, D., Mallia, D., Lin, J. C., & Jimenez, R. (2019). Transboundary transport of biomass burning aerosols and photochemical pollution in the Orinoco River Basin. *Atmos. Environ*, 1-8.
- Hersbach, e. a. (2018). ERA5 hourly data on pressure levels from 1979 to present Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS).
- Icontec. (2017). NTCPE 1000. Norma técnica de la calidad del proceso estadístico. Requisitos para la generación de estadísticas.
- Inche, J. L. (2004). Capítulo 7. Transporte y dispersión de contaminantes del aire. En J. L. Inche, Gestión de la calidad del aire: causas, efectos y soluciones (págs. 59 - 62 p). Lima, Perú: Instituto de Investigación de Ingeniería Industrial-UNMSM.
- Inche, J. L. (2004). Gestión de la calidad del aire: causas, efectos y soluciones. Lima, Perú: Instituto de Investigación de Ingeniería Industrial-UNMSM.
- Inness, A. e. (2019). The CAMS reanalysis of atmospheric composition. *Atmospheric Chem. Phys.*
- Keuken, M., Roemer, M., & van den Elshout, S. (2009). Trend analysis of urban NO₂ concentrations and the importance of direct NO₂ emissions versus ozone/NO_x equilibrium. *Atmos. Environ*, 4780-4783.
- Liora, N., Kontos, S., Parlari, D., Akritidis, D., Poupkou, A., Papanastasiou, D., & Melas, D. (2022). "On-Line" Heating Emissions Based on WRF Meteorology—Application and Evaluation of a Modeling System over Greece. *Atmosphere*, 6872-6879.
- Liu, F. W. (2021). Effects of COVID-19 lockdown on global air quality and health. . Obtenido de Science of The Total Environment: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142533>
- Mavroidis, I. I. (2012). Trends of NO_x, NO₂ and O₃ concentrations at three different types of air quality monitoring stations in Athens, Greece. *Atmos. Environ*, 135-147.
- Melkonyan, A. K. (2012). Long-term analysis of NO, NO₂ and O₃ concentrations in North Rhine-Westphalia, Germany. *Atmos. Environ*, 316-326.
- Mendez-Espinosa, J. F. (2021). Air quality variations in Northern South America during the COVID-19 lockdown. Obtenido de Science of The Total Environment: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141621>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (29 de marzo de 2010). Resolución 651 de 2010. "Por la cual se crea el Subsistema de Información sobre Calidad del Aire - SISAIRE", pág. 3.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (1 de noviembre de 2017). Resolución No. 2254 de 2017 "Por la cual se adopta la norma de calidad del aire ambiente y se dictan otras disposiciones". Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Resolucion-2254-de-2017.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2010). Política de prevención y control de la contaminación del aire, Bogotá, D.C. Obtenido de https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/04/Politica_de_Prevencion_y_Control_de_la_Contaminacion_del_Aire.pdf
- Ministerio de Ambiente, V.y. (Octubre, 2010). Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire - Manual de operación de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire. Bogotá, Colombia.
- Naqvi, H. R. (2021). Improved air quality and associated mortalities in India under COVID-19 lockdown. Obtenido de Environmental Pollution, : <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115691>
- NASA (2021). Información sobre incendios para Sistema de Gestión de Recursos - FIRMS.
- Organización Mundial de la Salud. (2006). Guías de calidad del aire de la OMS reactivas al material particulado, el Ozono, el Dióxido de Nitrógeno y el Dióxido de Azufre. Actualización mundial 2005, Resumen de evaluación de los riesgos. Obtenido de http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69478/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf;jsessionid=BBF47F0ECE6EA9AD339195AD-70D0071D?sequence=1
- Organización Mundial de la Salud. (25 de marzo de 2014). 7 millones de muertes cada año debidas a la contaminación atmosférica. Comunicado de prensa, Ginebra, Suiza. Obtenido de <https://www.who.int/es/news/item/25-03-2014-7-million-premature-deaths-annually-linked-to-air-pollution>
- Organización Mundial de la Salud. (22 de Septiembre de 2021). Calidad del aire ambiente (exterior) y salud. Calidad del aire y salud. Obtenido de [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- Organización Mundial de la Salud. (22 de septiembre de 2021). Las nuevas Directrices mundiales de la OMS sobre la calidad del aire tienen como objetivo evitar millones de muertes debidas a la contaminación del aire. Copenhague y Ginebra.
- Organización Mundial de la Salud. (Septiembre de 2021). WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. . Obtenido de <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/345329/9789240034228-eng.pdf>
- Rodriguez-Villamizar, L. A.-C.-N.-P.-S.-M.-G.-M.-G.-T.-C. (2021). Air pollution, sociodemographic and health conditions effects on COVID-19 mortality in Colombia: An ecological study. Obtenido de Science of The Total Environment: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144020>
- Secretaria Distrital de Salud de Bogotá. (Enero de 2020). Boletín Epidemiológico Distrital. Obtenido de Subsecretaría de Salud Pública: http://www.saludcapital.gov.co/DSP/Boletines%20epidemiologicos/2019/BED_Vol17_No1.pdf
- Surface, S. O. (2022). Surface, Satellite Ozone Changes in Northern South America During Low Anthropogenic Emission Conditions: A Machine Learning Approach. *SSNR*.
- Velea, L. U. (2020). Statistical characteristics of particulate matter (PM₁₀) concentration in Romanian selected urban areas based on CAMS-regional ensemble model reanalysis. *PHYSICS*.
- Wang, D.W. (2022). Impact of meteorological conditions on tropospheric ozone and associated with parameterization methods for quantitative assessment and monitoring. *Front. Environ. Sci.*
- Zhao, P. T. (2019). The effect of environmental regulations on air quality: A long-term trend analysis of SO₂ and NO₂ in the largest urban agglomeration in Southwest China. *Atmospheric Pollut. Res*, 2030-2039.

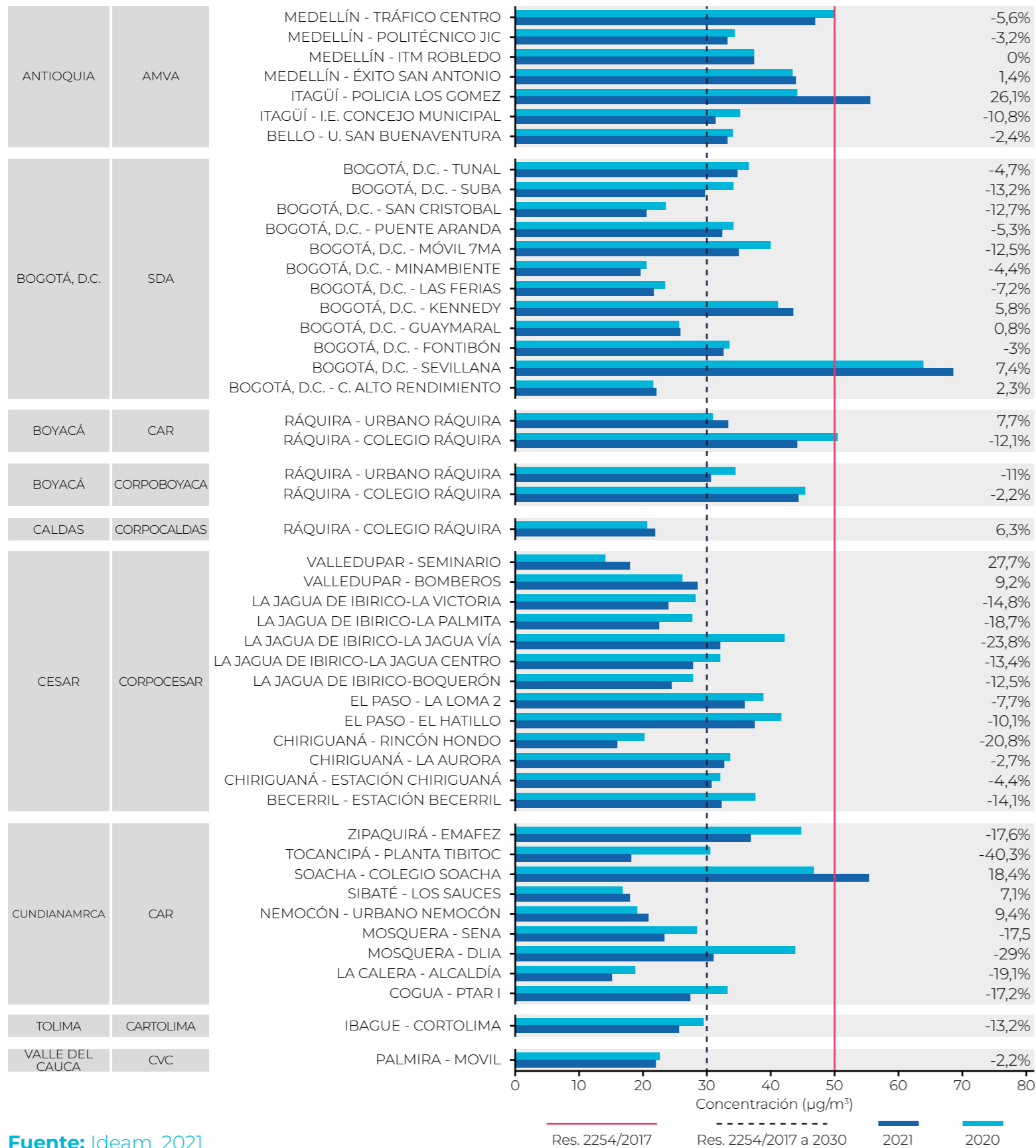


11

Anexos

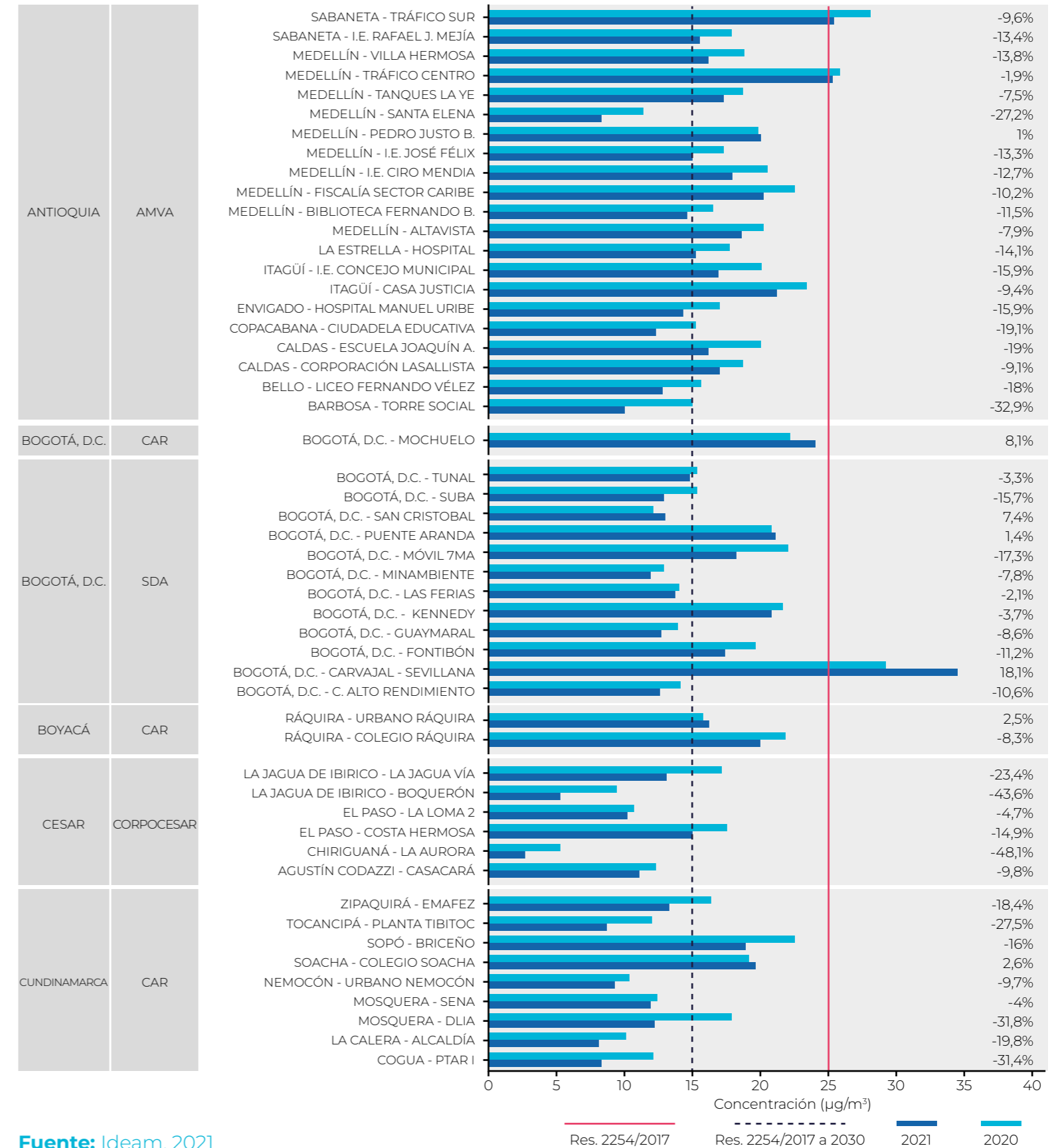


Figura 51. Variación porcentual de concentraciones anuales promedio PM_{10} 2020-2021



Fuente: Ideam, 2021

Figura 52. Variación porcentual de concentraciones anuales promedio $PM_{2,5}$ 2020-2021



Fuente: Ideam, 2021



Figura 53. Parámetros estadísticos calculados a partir de datos diarios de 33 ciudades seleccionadas para la validación del reanálisis. Esta validación utiliza la media diaria de los datos medidos en superficie durante el año 2021. En algunos casos, los puntos de datos para el cálculo son <365, debido a la disponibilidad de datos. Cada panel muestra un parámetro de evaluación, y el eje-y cuenta con la unidad correspondiente.

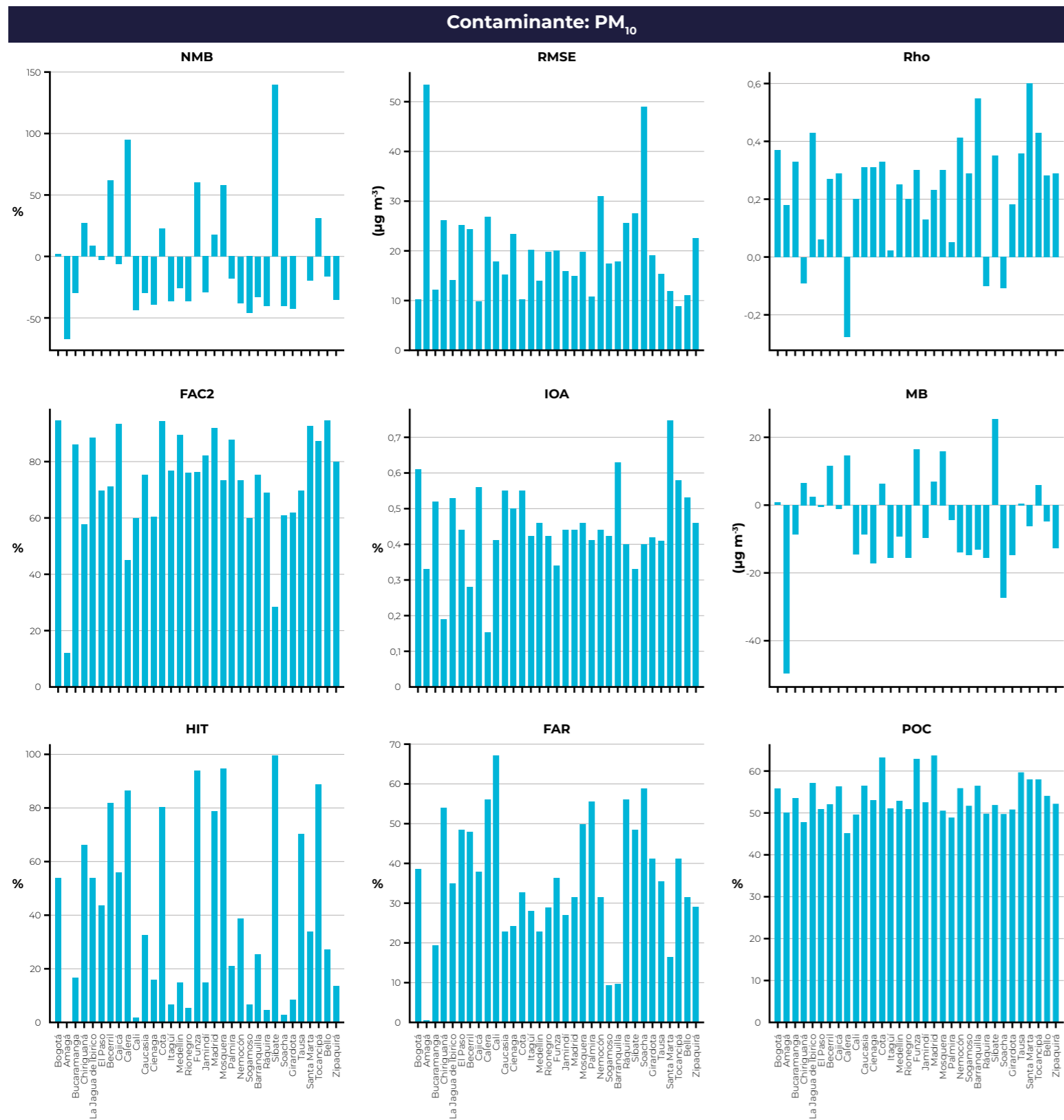


Figura 54. Parámetros estadísticos calculados a partir de datos diarios de 35 ciudades seleccionadas para la validación del reanálisis. Esta validación utiliza la media diaria de los datos medidos en superficie durante el año 2021. En algunos casos, los puntos de datos para el cálculo son <365, debido a la disponibilidad de datos. Cada panel muestra un parámetro de evaluación, y el eje-y cuenta con la unidad correspondiente.





Figura 55. Parámetros estadísticos calculados a partir de datos diarios de 10 ciudades seleccionadas para la validación del reanálisis. Esta validación utiliza la media diaria de los datos medidos en superficie durante el año 2021. En algunos casos, los puntos de datos para el cálculo son <365, debido a la disponibilidad de datos. Cada panel muestra un parámetro de evaluación, y el eje-y cuenta con la unidad correspondiente.



Figura 56. Parámetros estadísticos calculados a partir de datos diarios de 3 ciudades seleccionadas para la validación del reanálisis. Esta validación utiliza la media diaria de los datos medidos en superficie durante el año 2021. En algunos casos, los puntos de datos para el cálculo son <365, debido a la disponibilidad de datos. Cada panel muestra un parámetro de evaluación, y el eje-y cuenta con la unidad correspondiente.

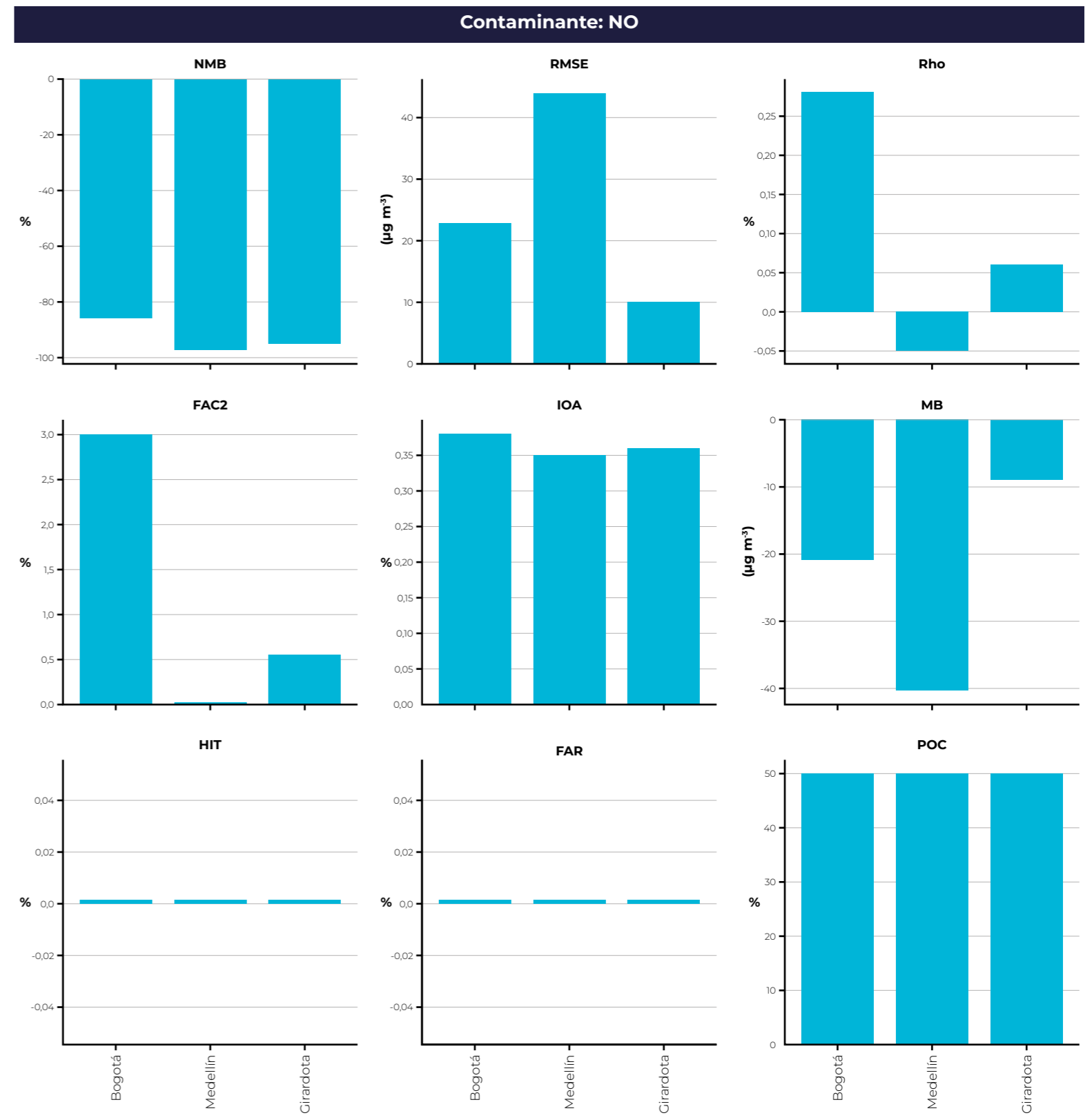
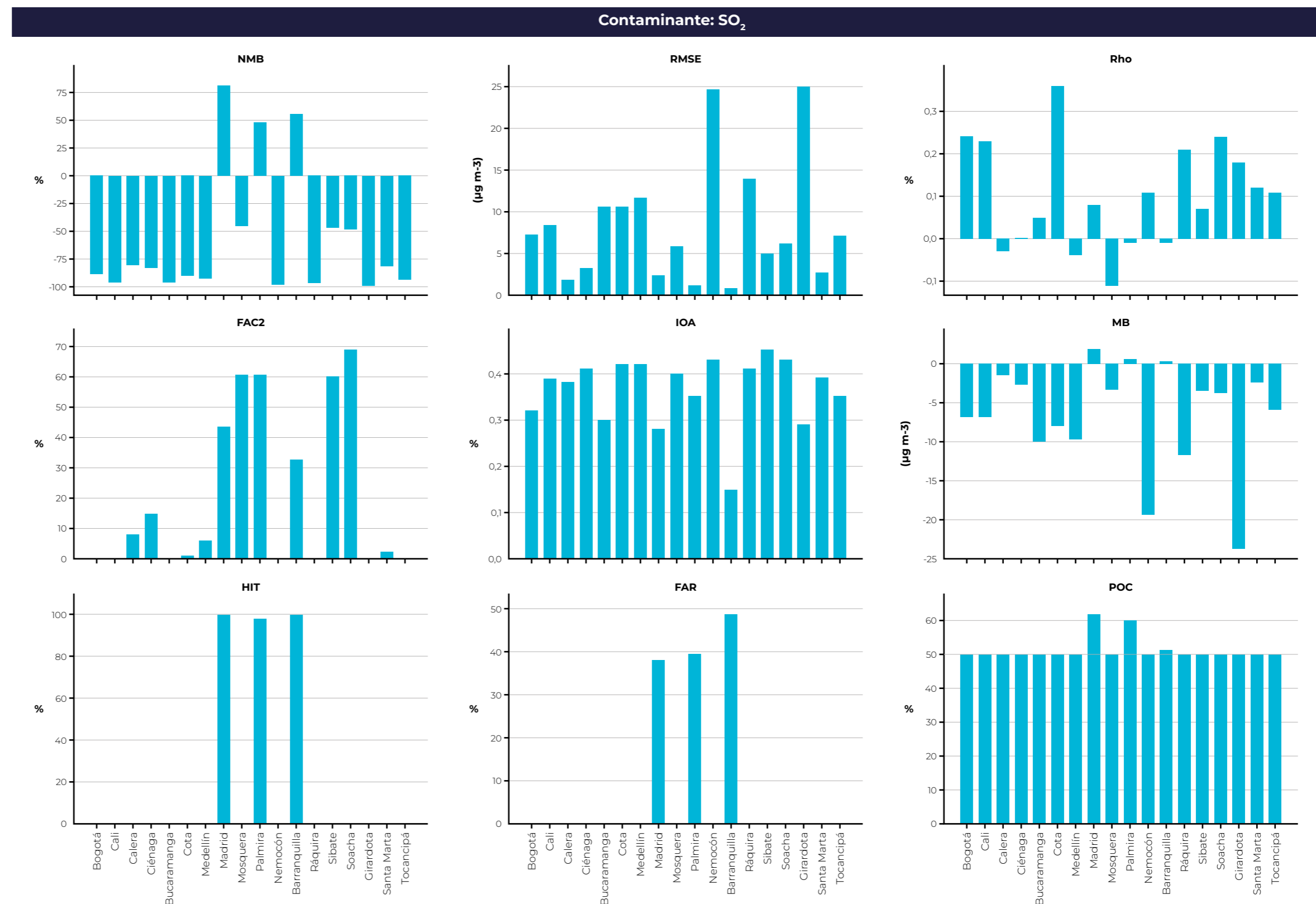




Figura 57. Parámetros estadísticos calculados a partir de datos diarios de 18 ciudades seleccionadas para la validación del reanálisis. Esta validación utiliza la media diaria de los datos medidos en superficie durante el año 2021. En algunos casos, los puntos de datos para el cálculo son <365, debido a la disponibilidad de datos. Cada panel muestra un parámetro de evaluación, y el eje-y cuenta con la unidad correspondiente.





IDEAM

Instituto de Hidrología, Meteorología
y Estudios Ambientales

