

|                                                                                  |                                                                                                                                                            |                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
|  | <b>Generación de conocimiento e investigación</b><br><b>Manual de crítica de las estadísticas de</b><br><b>monitoreo y seguimiento de calidad del aire</b> | Código: GCI-CA-M019<br>Versión: 4<br>Fecha: 11/07/2025 |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|

## Contenido

|       |                                                                                            |    |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.    | Introducción .....                                                                         | 3  |
| 2.    | Objetivos.....                                                                             | 4  |
| 2.2   | Objetivo general.....                                                                      | 4  |
| 2.3   | Objetivos específicos.....                                                                 | 4  |
| 3.    | Alcance.....                                                                               | 4  |
| 4.    | Conceptos .....                                                                            | 5  |
| 4.1   | Conceptos temáticos.....                                                                   | 5  |
| 4.2   | Conceptos operativos .....                                                                 | 7  |
| 4.3   | Conceptos estadísticos .....                                                               | 8  |
| 5.    | Siglas .....                                                                               | 8  |
| 6.    | Marco Normativo .....                                                                      | 9  |
| 7.    | Antecedentes .....                                                                         | 11 |
| 8.    | Descripción de funciones y responsabilidades en el marco de la operación Estadística ..... | 12 |
| 8.2   | Funciones y responsabilidades del profesional estadístico .....                            | 12 |
| 8.3   | Funciones y responsabilidades de los profesionales temáticos .....                         | 13 |
| 9.    | Metodología de procesamiento y validación de los datos en la EMSCA .....                   | 13 |
| 9.2   | Depuración de la base de datos .....                                                       | 16 |
| 9.3   | Proceso de crítica estadística .....                                                       | 17 |
| 9.3.1 | Datos atípicos.....                                                                        | 18 |
| 9.3.2 | Datos inconsistentes .....                                                                 | 19 |
| 9.3.3 | Revisión de relaciones existentes entre variables .....                                    | 19 |
| 9.3.4 | Revisión temporal de las series .....                                                      | 20 |
| 9.3.5 | Comparación según tendencias del año anterior.....                                         | 20 |
| 9.3.6 | Datos negativos o atípicos extremos inferiores .....                                       | 20 |
| 9.3.7 | Verificación de metadatos espaciales .....                                                 | 21 |
| 9.3.8 | Identificación temática de datos atípicos e inconsistentes .....                           | 21 |
| 9.3.9 | Elaboración y remisión de oficios e informe de atípicos e inconsistencias.....             | 22 |

|                                                                                  |                                                                                                                                                            |                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
|  | <b>Generación de conocimiento e investigación</b><br><b>Manual de crítica de las estadísticas de</b><br><b>monitoreo y seguimiento de calidad del aire</b> | Código: GCI-CA-M019<br>Versión: 4<br>Fecha: 11/07/2025 |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|

|     |                                                                                        |    |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 9.4 | Procesamiento estadístico .....                                                        | 22 |
| 9.5 | Comparación con informes finales de autoridades ambientales y personas jurídicas ..... | 23 |
| 10. | Documentos relacionados en el SGI .....                                                | 23 |
| 10. | Bibliografía .....                                                                     | 24 |
| 11. | Control de cambios .....                                                               | 26 |

## Lista de figuras

|           |                                                                                                                   |    |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. | Esquema de la metodología de procesamiento y validación de los datos en la operación estadística de SISAIRES..... | 15 |
| Figura 2. | Serie temporal de PM <sub>2.5</sub> generada en R y utilizada para la detección de datos atípicos.....            | 20 |

## Lista de tablas

|          |                                                                                               |   |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| Tabla 1. | Normativa que enmarca las estadísticas de monitoreo y seguimiento de la calidad del aire..... | 9 |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---|

|                                                                                  |                                                                                                                                                            |                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
|  | <b>Generación de conocimiento e investigación</b><br><b>Manual de crítica de las estadísticas de</b><br><b>monitoreo y seguimiento de calidad del aire</b> | Código: GCI-CA-M019<br>Versión: 4<br>Fecha: 11/07/2025 |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|

## 1. Introducción

El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) en el ejercicio de sus funciones, genera las estadísticas de monitoreo y seguimiento a la calidad del aire, que como operación estadística, hacen parte del Plan Estadístico Nacional y generan como resultados los indicadores ambientales de calidad del aire y el Informe del Estado de la Calidad del Aire en Colombia. Como parte de las etapas de este proceso de generación de información, se encuentran el procesamiento y análisis de los datos, para el cual la crítica de los datos es un proceso importante a través del cual se realiza el análisis y evaluación de calidad de los datos recopilados en búsqueda de datos anómalos, incoherentes, inconsistentes y atípicos que pueden comprometer la validez de los resultados obtenidos.

Según lo dispuesto en el primer párrafo del artículo 5 de la Resolución 651 de 2010, “La autoridad ambiental o las personas jurídicas que deban realizar el reporte de la información de calidad del aire o nivel de inmisión serán responsables de la validez de la información reportada, para lo cual deberán utilizar los procedimientos establecidos en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire”. Adicionalmente, como apoyo a esta actividad el Ideam tiene a disposición de las autoridades ambientales la Guía Práctica para la Validación de Datos (GPVD) en los Sistemas de Vigilancia de Calidad del Aire (SVCA) existentes en Colombia.

Una vez concluida la fase de precritica, la información se carga en el Subsistema de Información sobre Calidad del Aire (SISAIRE), momento en que el Ideam realiza la verificación y validación crítica de la calidad de la información del año inmediatamente anterior.

Para garantizar la fiabilidad de los resultados de la operación estadística, el Ideam ha diseñado procedimientos de control de calidad, entre los cuales destaca la crítica de los registros primarios, que permite verificar tanto la validez como la consistencia de los datos. Este proceso no solo facilita la identificación de datos anómalos basados en intervalos de confianza establecidos, sino que también es crucial para asegurar la generación de información confiable sobre la calidad del aire, esencial para su adecuado análisis, difusión y uso en la toma de decisiones.

El propósito de este manual es ofrecer una guía práctica para identificar y analizar la información relacionada con la calidad del aire previo a la difusión de los productos. Se describen actividades orientadas a la identificación de valores atípicos, la revisión de datos duplicados y la inspección de información no detectada por controles automáticos. Además, se asegura que estos controles identifiquen correctamente datos inválidos y se lleva a cabo la detección de patrones inusuales.

|                                                                                  |                                                                                                                                                            |                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
|  | <b>Generación de conocimiento e investigación</b><br><b>Manual de crítica de las estadísticas de</b><br><b>monitoreo y seguimiento de calidad del aire</b> | Código: GCI-CA-M019<br>Versión: 4<br>Fecha: 11/07/2025 |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|

En este sentido, resulta pertinente mencionar que el Ideam no realiza ajustes sobre los registros o mediciones inconsistentes, labor que corresponde a las autoridades ambientales y demás operadores de los SVCA. Para dichos fines el Ideam emite los respectivos informes de atípicos e inconsistencias, informando sobre los mismos y solicitando su revisión, justificación y/o ajuste directamente a partir del SISAIRE.

## **2. Objetivos**

### **2.2 Objetivo general**

Establecer los lineamientos necesarios para la validación y procesamiento de información procedente de la base de datos reportados en el SISAIRE, con el propósito de identificar datos duplicados y demás inconsistencias, y proceder con las respectivas gestiones para asegurar la calidad y consistencia de la información.

### **2.3 Objetivos específicos**

- Documentar el proceso de análisis de los datos reportados por los operadores de los Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire (SVCA), con el fin de identificar inconsistencias y garantizar la confiabilidad y consistencia de la información reportada.
- Implementar un proceso sistemático para detectar datos duplicados e inconsistentes.
- Establecer procedimientos específicos orientados a optimizar la calidad de la información reportada por los operadores de los SVCA, asegurando su consistencia y fiabilidad.

## **3. Alcance**

Este documento está orientado al profesional estadístico y demás personal involucrado en el procesamiento y análisis de los datos reportados al SISAIRE, en el marco del desarrollo de la operación Estadísticas de Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire (EMSCA). En este, se presentan las metodologías que permiten la identificación de errores en los registros primarios, validación de la veracidad de los datos y preparación de la información necesaria para la elaboración de los productos correspondientes, cuyos resultados se difunden a nivel nacional a través del Informe del Estado de la Calidad del Aire en Colombia y de los respectivos indicadores ambientales que publica el Ideam.

|                                                                                  |                                                                                                                                                            |                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
|  | <b>Generación de conocimiento e investigación</b><br><b>Manual de crítica de las estadísticas de</b><br><b>monitoreo y seguimiento de calidad del aire</b> | Código: GCI-CA-M019<br>Versión: 4<br>Fecha: 11/07/2025 |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|

## 4. Conceptos

### 4.1 Conceptos temáticos

*Aire:* Fluido que forma la atmósfera de la Tierra, constituido por una mezcla gaseosa cuya composición normal es de por lo menos 20% de oxígeno, 77% de nitrógeno y proporciones variables de gases inertes y vapor de agua en relación volumétrica. (MAVDT, 2010c)

*Calidad del aire:* Es el resultado de la interacción de las dinámicas sociales rurales y urbanas, de las emisiones provenientes de actividades vinculadas a la industria, la minería, la agricultura y al transporte, así como de las tecnologías utilizadas, las condiciones geomorfológicas, orográficas y climatológicas, el consumo y tipo de combustibles, entre otros aspectos (Ideam, 2019)

*Concentración de una Sustancia en el Aire:* Es la relación que existe entre el peso o el volumen de una sustancia y la unidad de volumen de aire en la cual está contenida. (MAVDT, 2010c)

*Contaminantes criterio:* son un conjunto de sustancias químicas y partículas que han sido identificadas por las autoridades ambientales como causantes de problemas significativos para la salud humana y el medio ambiente. También conocidos como contaminantes estándar, estos contaminantes se consideran especialmente peligrosos debido a sus efectos negativos conocidos y su prevalencia en el ambiente (U.S. Environmental Protection Agency, 2013).

*Dióxido de Azufre ( $SO_2$ ):* Gas incoloro, no inflamable que posee un fuerte olor en altas concentraciones. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Resolución 610 de 2010).

*Dióxido de Nitrógeno ( $NO_2$ ):* Gas de color pardo rojizo fuertemente tóxico cuya presencia en el aire de los centros urbanos se debe a la oxidación del nitrógeno atmosférico que se utiliza en los procesos de combustión en los vehículos y fábricas (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Resolución 610 de 2010).

*Excedencia:* Evento en el cual los valores de concentración de un contaminante sobrepasan el límite estipulado por norma de calidad del aire (MAVDT, 2007)

*Índice de calidad del aire (ICA):* Es un valor adimensional para reportar el estado de la calidad del aire en función de un código de colores al que están asociadas unos efectos generales que deben ser tenidos en cuenta para reducir la exposición a altas concentraciones por parte de la población. Este índice también será utilizado en el pronóstico de la calidad del aire (MADS, 2017)

|                                                                                  |                                                                                                                                                            |                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
|  | <b>Generación de conocimiento e investigación</b><br><b>Manual de crítica de las estadísticas de</b><br><b>monitoreo y seguimiento de calidad del aire</b> | Código: GCI-CA-M019<br>Versión: 4<br>Fecha: 11/07/2025 |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|

*Inmisión:* Transferencia de contaminantes de la atmósfera a un "receptor". Se entiende por inmisión a la acción opuesta a la emisión. Aire inmiscible es el aire respirable a nivel de la troposfera. a. (MAVDT, 2010c)

*Material Particulado Menor a 10 Micras:* Material particulado con un diámetro aerodinámico menor o igual a 10 micrómetros nominales. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Resolución 610 de 2010).

*Material Particulado Menor a 2,5 Micras:* Material particulado con un diámetro aerodinámico menor o igual a 2,5 micrómetros nominales. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Resolución 610 de 2010).

*Monóxido de carbono:* Gas inflamable, incoloro e insípido que se produce por la combustión de combustibles fósiles. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Resolución 610 de 2010).

MP: Se refiere a material particulado, un término que describe una mezcla de partículas sólidas y gotas líquidas suspendidas en el aire. (US EPA, 2022)

*Ozono troposférico ( $O_3$ ):* Gas azul pálido que, en las capas bajas de la atmósfera, se origina como consecuencia de las reacciones entre los óxidos de nitrógeno y los hidrocarburos (gases compuestos de carbono e hidrógeno principalmente) en presencia de la luz solar. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Resolución 610 de 2010).

*Norma de calidad del aire o nivel de inmisión:* Es el nivel de concentración legalmente permisible de sustancias o fenómenos contaminantes presentes en el aire, establecido por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, con el fin de preservar la buena calidad del medio ambiente, los recursos naturales renovables y la salud humana (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Resolución 610 de 2010).

*Tiempo de exposición:* Período de referencia específico establecido normativamente (Resolución 2254/2017) para evaluar los niveles de inmisión o concentraciones de un contaminante atmosférico.

*Frecuencia de monitoreo:* corresponde a la temporalidad en que se realizan mediciones consecutivas de un contaminante en una estación de monitoreo. En su mayoría las mediciones cuentan con frecuencias de monitoreo de 1 o 24 horas.

Representatividad Temporal: Indicador de cobertura temporal que estima el porcentaje de datos válidos que relaciona la cantidad de datos aceptados (datos válidos) con la cantidad de datos capturados durante el año de medición, es decir, el número de datos máximos que pudieron ser reportados en el año de medición (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Resolución 2154 de 2010).

|                                                                                  |                                                                                                                                                            |                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
|  | <b>Generación de conocimiento e investigación</b><br><b>Manual de crítica de las estadísticas de</b><br><b>monitoreo y seguimiento de calidad del aire</b> | Código: GCI-CA-M019<br>Versión: 4<br>Fecha: 11/07/2025 |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|

De acuerdo con el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire – Manual de Operación (Resolución 2154 de 2010), para que los niveles de inmisión de contaminantes atmosféricos sean representativos y válidos, es necesario que la representatividad temporal o porcentaje de datos válidos sea superior al 75 %.

## 4.2 Conceptos operativos

*Autoridades Ambientales:* 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 que operen Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Resolución 651 de 2010).

*Corporaciones Autónomas Regionales:* Son entes corporativos de carácter público, creados por la ley, integrados por las entidades territoriales que por sus características constituyen geográficamente un mismo ecosistema o conforman una unidad geopolítica, biogeográfica o hidrogeográfica, dotados de autonomía administrativa y financiera, patrimonio propio y personería jurídica, encargados por la ley de administrar, dentro del área de su jurisdicción, el medio ambiente y los recursos naturales renovables y propender por su desarrollo sostenible.

*Productores de información:* Específicamente en este documento hace referencia a las autoridades ambientales que poseen Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire - SVCA en el territorio nacional y a las personas jurídicas que cuentan con Sistemas de Vigilancia de Calidad del Aire permanentes.

*Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire - SVCA.* Es un conjunto de equipos de medición de calidad del aire instalados sistemáticamente para verificar el cumplimiento de uno o varios de los objetivos de vigilancia de calidad del aire previstos en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Resolución 610 de 2010).

*Subsistema de Información sobre calidad de aire - 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 contaminación del aire. El Subsistema de Información sobre Calidad del Aire – SISAIRE, hace parte del Sistema de Información Ambiental para Colombia SIAC, en lo referente a la información para el diseño, evaluación y ajuste de la política y las estrategias para la prevención y control de la contaminación del aire (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Resolución 651 de 2010).

|                                                                                  |                                                                                                                                                            |                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
|  | <b>Generación de conocimiento e investigación</b><br><b>Manual de crítica de las estadísticas de</b><br><b>monitoreo y seguimiento de calidad del aire</b> | Código: GCI-CA-M019<br>Versión: 4<br>Fecha: 11/07/2025 |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|

### 4.3 Conceptos estadísticos <sup>1</sup>

*Calidad estadística:* Es el cumplimiento de las propiedades que debe tener el proceso y el producto estadístico, para satisfacer las necesidades de información de los usuarios.

*Metadato:* Información necesaria para el uso e interpretación de las estadísticas. Los metadatos describen la conceptualización, calidad, generación, cálculo y características de un conjunto de datos estadísticos.

*Microdato:* Corresponde a los datos sobre las características asociadas a las unidades de observación que se encuentran consolidadas en una base de datos.

*Operación estadística:* Conjunto de procesos y actividades que comprende la identificación de necesidades, diseño, construcción, recolección/acopio, procesamiento, análisis, difusión y evaluación, el cual conduce a la producción de información estadística sobre un tema de interés nacional y/o territorial.

*Registro administrativo:* Es todo registro resultante de necesidades fiscales, tributarias u otras, creado con la finalidad de viabilizar la administración de los programas de gobierno o para fiscalizar el cumplimiento de obligaciones legales de la sociedad.

## 5. Siglas

|                 |                                                                |
|-----------------|----------------------------------------------------------------|
| AA              | Autoridad ambiental                                            |
| CO              | Monóxido de Carbono                                            |
| DANE            | Departamento Administrativo Nacional de Estadística            |
| EMSCA           | Estadísticas de monitoreo y seguimiento de la calidad del aire |
| ICA             | Índice de la Calidad del Aire                                  |
| IDEAM           | Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales   |
| MADS            | Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible                 |
| NO <sub>2</sub> | Dióxido de nitrógeno                                           |
| O <sub>3</sub>  | Ozono troposférico                                             |
| ODS             | Objetivos de Desarrollo Sostenible                             |

---

<sup>1</sup> Conceptos tomados del Sistema estadístico Nacional

|                                                                                  |                                                                                                                                                            |                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
|  | <b>Generación de conocimiento e investigación</b><br><b>Manual de crítica de las estadísticas de</b><br><b>monitoreo y seguimiento de calidad del aire</b> | Código: GCI-CA-M019<br>Versión: 4<br>Fecha: 11/07/2025 |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|

|                   |                                                 |
|-------------------|-------------------------------------------------|
| PM <sub>10</sub>  | Material Particulado menor a 10 micras          |
| PM <sub>2.5</sub> | Material Particulado menor a 2.5 micras         |
| SIAC              | Sistema de Información Ambiental de Colombia    |
| SISAIRE           | Subsistema de Información sobre calidad de aire |
| SO <sub>2</sub>   | Dióxido de Azufre                               |
| SVCA              | Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire       |

## 6. Marco Normativo

A continuación, se resumen las principales normas en las que se enmarcan las estadísticas de monitoreo y seguimiento de la calidad del aire.

**Tabla 1. Normativa que enmarca las estadísticas de monitoreo y seguimiento de la calidad del aire.**

| Norma                | Relevancia para la temática                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ley 99 de 1993       | Crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA.                                                                                                                                                                                                                  |
| Decreto 1277 de 1994 | Se organiza y establece el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales –Ideam                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Decreto 948 de 1995  | Establece el reglamento de protección y control de la calidad del aire. Define, entre otras responsabilidades, la correspondiente a las AA de realizar la observación y seguimiento constantes, medición, evaluación y control de los fenómenos de contaminación del aire y definir los programas regionales de prevención y control.                                                                                                 |
| Decreto 291 de 2004  | Asigna a la Subdirección de Estudios Ambientales del Ideam, entre otras, la función de recolectar y generar información sobre uso de recursos naturales renovables, contaminación y degradación por vertimientos, emisiones y residuos sólidos producidos por las diferentes actividades socioeconómicas, así como coordinar la elaboración del Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables. |
| CONPES 3344 de 2005  | Lineamientos para la formulación de la Política de Prevención y Control de la Contaminación del Aire.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Decreto 979 de 2006  | Modificó los artículos 7, 10, 93 y 108 del Decreto 948 de 1995                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

|                                                                                  |                                                                                                                                                            |                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
|  | <b>Generación de conocimiento e investigación</b><br><b>Manual de crítica de las estadísticas de</b><br><b>monitoreo y seguimiento de calidad del aire</b> | Código: GCI-CA-M019<br>Versión: 4<br>Fecha: 11/07/2025 |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|

|                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Resolución 601 de 2006                                             | Por la cual se establece la Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión para todo el territorio Nacional en condiciones de referencia. (actualmente derogada)                                                                                                                                                                   |
| Resolución 0909 de 2008                                            | Se establecen normas y estándares admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas y se dictan otras disposiciones.                                                                                                                                                                                                   |
| CONPES 3550 de 2008                                                | Lineamientos para la formulación de la política integral de salud ambiental con énfasis en los componentes de calidad de aire, calidad de agua y seguridad química.                                                                                                                                                               |
| Resolución 610 de 2010                                             | Modifica la resolución 601 de 2006. (Parcialmente derogada)                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Resolución 651 de 2010                                             | Crea el SISAIRE y asigna responsabilidades al Ideam de su administración y a las autoridades ambientales en cuanto al reporte de la información previamente validada.                                                                                                                                                             |
| Resolución 650 de 2010                                             | Se adopta el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire.                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Resolución 2154 de 2010                                            | Modifica el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire.                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Política de prevención y control de la contaminación del aire 2010 | Tiene como objetivo impulsar la gestión de la calidad del aire en el corto, mediano y largo plazo, con el fin de alcanzar los niveles de calidad del aire adecuados para proteger la salud y el bienestar humano, en el marco del desarrollo sostenible"                                                                          |
|                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Resolución 1541 de 2013                                            | Se establecen los niveles permisibles de calidad del aire o de inmisión, el procedimiento para la evaluación de actividades que generan olores ofensivos y se dictan otras disposiciones.                                                                                                                                         |
| Resolución 2254 de 2017                                            | Se adopta la norma de calidad del aire ambiente y se dictan otras disposiciones. Se adoptan niveles máximos permisibles de contaminación en el aire en cuanto a los contaminantes criterio, tóxicos y se definen niveles para el cálculo del índice de calidad del aire, de los estados excepcionales, entre otras disposiciones. |
| CONPES 3943 de 2018                                                | Política para el mejoramiento de la calidad del aire.                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| CONPES 3918 de 2018                                                | Estrategia para la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Estrategia Nacional de Calidad del Aire – ENCA – 2020              | 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   |

|                                                                                  |                                                                                                                                                            |                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
|  | <b>Generación de conocimiento e investigación</b><br><b>Manual de crítica de las estadísticas de</b><br><b>monitoreo y seguimiento de calidad del aire</b> | Código: GCI-CA-M019<br>Versión: 4<br>Fecha: 11/07/2025 |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|

|  |                                                                                         |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------------|
|  | para fortalecer la gestión de la calidad del aire; y gobernanza de la calidad del aire. |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------------|

Fuente. Elaboración propia 2024.

## 7. Antecedentes

El mejoramiento de la calidad del aire en Colombia es una prioridad para el Gobierno Nacional, dado su impacto en la salud y el medio ambiente. Los sistemas de información ambiental en el país se originaron tras la Conferencia de Estocolmo de 1972, que llevó a la creación del Código Nacional de los Recursos Naturales en 1974, solicitando establecer un Sistema de Información Ambiental. Posteriormente, la Ley 99 de 1993, resultado de la Declaración de Río en 1992, estableció el Sistema Nacional Ambiental (SINA) y el Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC). Documentos de política, como el CONPES 3344 de 2005 “Lineamientos para la formulación de la política de prevención y control de la contaminación del aire”, y la Política de Prevención y Control de la Contaminación del Aire (2010), buscando alcanzar estándares adecuados de calidad del aire, impulsaron la creación del SISAIRE

Es así como, bajo este contexto normativo, mediante la Resolución 651 de 2010 del entonces Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), se crea el Subsistema de Información sobre Calidad del Aire (SISAIRE), como fuente principal de información para el diseño, evaluación y ajuste de las políticas y estrategias nacionales y regionales de prevención y de control de la contaminación del aire, estableciendo que este subsistema hace parte del Sistema de Información Ambiental para Colombia (SIAC). Mediante este acto administrativo se establece que 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, tienen la obligación de reportar la información de calidad del aire, meteorológica y de ruido al SISAIRE; así mismo, se otorga la administración de este subsistema al Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales Ideam.

En cumplimiento a lo dispuesto en el artículo 15 del decreto 291 de 2004 el cual señala como parte de las funciones de la Subdirección de Estudios Ambientales del IDEAM, recolectar y generar información sobre contaminación y degradación por emisiones; a partir de la información reportada en el SISAIRE, la Subdirección de Estudios Ambientales se encarga de recolectar, consolidar y actualizar la información sobre la calidad del aire del país y generar conocimiento e información consistente y confiable acerca del estado y evolución de los Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire y de los contaminantes atmosféricos monitoreados.

Es así, como desde el año 2006, elabora anualmente el Informe de Estado de la Calidad del Aire en Colombia lo cual es ratificado por la Resolución 2254 de 2017 del

|                                                                                  |                                                                                                                                                            |                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
|  | <b>Generación de conocimiento e investigación</b><br><b>Manual de crítica de las estadísticas de</b><br><b>monitoreo y seguimiento de calidad del aire</b> | Código: GCI-CA-M019<br>Versión: 4<br>Fecha: 11/07/2025 |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, la cual en su Artículo 23, señala que el Ideam, debe realizar informes anuales del estado de la calidad del aire.

En 2018, el CONPES 3943 “Política para el mejoramiento de la calidad del aire”, propuso actualizar el SISAIRE para mejorar el acceso y la gestión de los datos sobre calidad del aire, alineando sus indicadores con los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Asimismo, a partir de instrumentos de planificación como el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 y el CONPES 3918 de 2018, se establecieron indicadores de seguimiento referentes al 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. Así las cosas, el Ideam es la entidad encargada de calcular y reportar dichos indicadores nacionales de seguimiento y cumplimiento de la calidad del aire y realizar los respectivos informes anuales de calidad del aire en Colombia, los cuales se realizan a partir de un proceso de calidad estadística, estandarizado mediante la Norma Técnica NTCPE 1000, que sustenta el desarrollo de la operación Estadística para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire (EMSCA).

## **8. Descripción de funciones y responsabilidades en el marco de la operación Estadística**

En el contexto de este manual, se abordan una serie de actividades y procedimientos que pertenecen a las fases 5 y 6 del proceso estadístico correspondientes al procesamiento y análisis. El objetivo de estas fases es garantizar que la información recopilada sea adecuada para su análisis y presentación de productos. Los resultados esperados en el desarrollo de estas actividades incluyen la generación de salidas como bases de datos, tablas, gráficas y mapas, que son esenciales para la elaboración de los productos finales. Además, se contempla el cálculo de estadísticas para la validación de las series de datos, así como la producción de estadísticas para reporte, teniendo en cuenta los tiempos de exposición y el cálculo del índice de calidad del aire correspondiente a cada contaminante.

### **8.2 Funciones y responsabilidades del profesional estadístico.**

- Procesar y consolidar de manera preliminar las bases de datos de los registros del SISAIRE correspondientes al periodo de análisis, generando las salidas estadísticas y gráficas correspondientes.
- Revisar, depurar y procesar las bases de datos de los registros mencionados, identificando inconsistencias y valores atípicos.

|                                                                                  |                                                                                                                                                            |                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
|  | <b>Generación de conocimiento e investigación</b><br><b>Manual de crítica de las estadísticas de</b><br><b>monitoreo y seguimiento de calidad del aire</b> | Código: GCI-CA-M019<br>Versión: 4<br>Fecha: 11/07/2025 |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|

- Consolidar las bases de datos depuradas de los registros de SISAIRE correspondientes al año evaluado, a partir del análisis de inconsistencias y valores atípicos.
- Procesar las bases de datos definitivas, siguiendo los procedimientos y lineamientos de la documentación de la operación estadística, mediante los algoritmos previamente definidos con el equipo temático, para la generación de estadísticas e indicadores de calidad del aire.
- Consolidar bases de datos definitivas e indicadores de calidad del aire para el reporte en la página web del Ideam.

### **8.3 Funciones y responsabilidades de los profesionales temáticos**

- Revisar el procesamiento preliminar de las bases de datos de los registros del SISAIRE correspondientes al periodo de análisis, generando las salidas estadísticas y gráficas correspondientes.
- Realizar la revisión de estadísticas y detección de inconsistencias con base en el procesamiento preliminar de las bases de datos
- Elaborar y remitir oficios de informe de datos atípicos e inconsistencias a las autoridades ambientales y personas jurídicas que reportan información al SISAIRE
- Verificar el ajuste de información en el SISAIRE y analizar las respuestas de los usuarios respecto a los oficios enviados
- Solicitar a la oficina de informática el reporte de la base de datos anual consolidada de SISAIRE.
- Revisar la consistencia de los resultados del procesamiento estadístico definitivo e indicadores de calidad del aire.

## **9. Metodología de procesamiento y validación de los datos en la EMSCA**

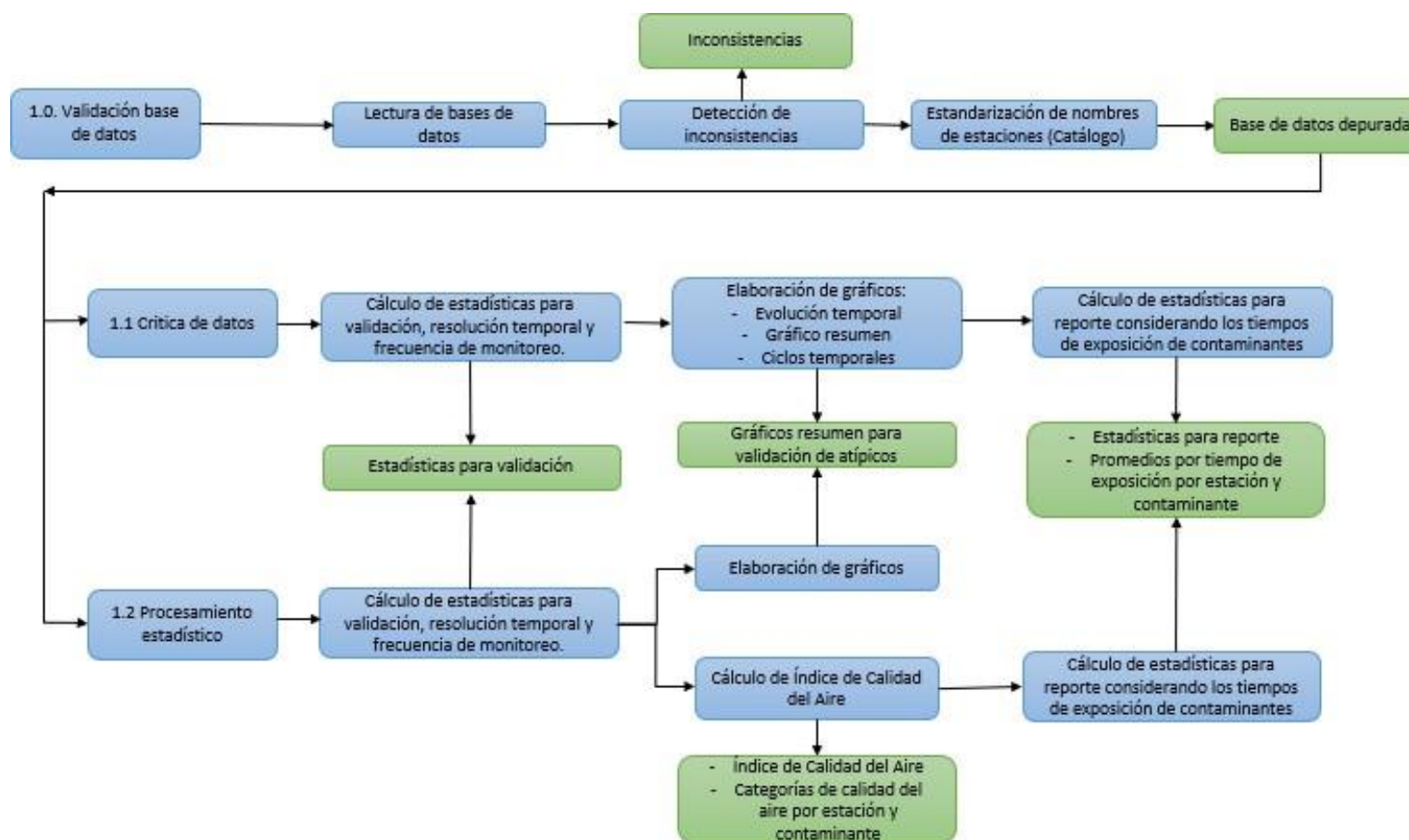
A continuación, se presenta un esquema con la metodología para la validación, la depuración y el procesamiento de los datos obtenidos a través de la plataforma del SISAIRE, utilizando el software R. Esta metodología, se organiza en tres fases principales:

- Validación de la base de datos: Este proceso se lleva a cabo utilizando el script denominado *"1.0 Validación base de datos"*.
- Crítica de datos: En esta fase, se realiza la generación de estadísticas y gráficos para el análisis de datos atípicos e inconsistencias, utilizando el script denominado *"1.1 Crítica de datos"*.

|                                                                                   |                                                                                                                                                            |                                                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
|  | <b>Generación de conocimiento e investigación</b><br><b>Manual de crítica de las estadísticas de</b><br><b>monitoreo y seguimiento de calidad del aire</b> | Código: GCI-CA-M019<br>Versión: 4<br>Fecha: 11/07/2025 |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|

- Generación de estadísticas definitivas: Finalmente, se efectúa el cálculo de índices de calidad del aire, estadísticas para validación y reporte de concentraciones de contaminantes criterio mediante el script denominado *"1.2 Procesamiento estadístico"*.

**Figura 1. Esquema de la metodología de procesamiento y validación de los datos en la operación estadística de monitoreo y seguimiento a la calidad del aire**



Fuente. Elaboración propia. 2024

|                                                                                  |                                                                                                                                                            |                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
|  | <b>Generación de conocimiento e investigación</b><br><b>Manual de crítica de las estadísticas de</b><br><b>monitoreo y seguimiento de calidad del aire</b> | Código: GCI-CA-M019<br>Versión: 4<br>Fecha: 11/07/2025 |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|

## 9.2 Depuración de la base de datos

Los criterios para el proceso de crítica definen los valores que en forma individual pueden asumir las variables. El proceso de consistencia establece las relaciones que deberían existir entre unas variables y otras.

La base de datos inicial cuenta con la crítica previa de los datos ingresados al SISAIRE, que es responsabilidad de las Autoridades Ambientales y personas jurídicas obligadas a reportar de acuerdo con lo establecido en la Resolución 651/2010. Usando la base de datos, se determina en primer lugar si las estaciones que reportan información para el año de estudio se encuentran dentro del catálogo de estaciones existente, el cual contiene información geográfica propia de las estaciones del SVCA. Para las estaciones que no se hallen dentro de dicho catálogo, debido a que son estaciones nuevas, creadas durante el año de estudio, se realiza la validación geográfica de las coordenadas usando la última versión disponible en la plataforma Colombia en Mapas, del Instituto geográfico Agustín Codazzi – IGAC, que contiene los shapes o GDB de los respectivos límites geográficos oficiales del país. Una vez finalizado este proceso a partir del cual se asignan los atributos de municipio y departamento, las estaciones son incluidas dentro del catálogo de estaciones para realizar la completitud de la información de la base de datos y proceder con la etapa de validación.

Posteriormente se realiza la verificación automática de inconsistencias que consisten en:

- Reporte de información duplicada consistente correspondiente a registros en la base de datos donde todos los valores son iguales.
- Reporte de información duplicada inconsistente correspondiente a registros en la base de datos donde todos los valores son iguales excepto por el valor asociado al resultado de la medición.
- Reporte de inconsistencias en material particulado, que corresponde a periodos de tiempo iguales donde las mediciones de  $PM_{2.5}$  son mayores a las de  $PM_{10}$ .
- Reporte de inconsistencias donde la hora inicial y final de la medición son la misma.

En todos los casos anteriormente mencionados se realiza el reporte al equipo temático para su posterior revisión y validación con las autoridades ambientales y personas jurídicas durante el proceso de crítica de datos.

Una vez que se han reportado las inconsistencias y se han descartado de la base de datos preliminar, se procede a estandarizar la información de las estaciones, esto es, asignar a las estaciones su información de georreferencia de acuerdo a lo contenido en el catálogo de estaciones. Al finalizar este procedimiento, la base de datos depurada se exporta a la ruta ~/1. Datos/consolidados/SISAIRE\_Depurado.csv. Este

|                                                                                  |                                                                                                                                                            |                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
|  | <b>Generación de conocimiento e investigación</b><br><b>Manual de crítica de las estadísticas de</b><br><b>monitoreo y seguimiento de calidad del aire</b> | Código: GCI-CA-M019<br>Versión: 4<br>Fecha: 11/07/2025 |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|

archivo se utiliza como insumo en los códigos de procesamiento estadístico posteriores.

### **9.3 Proceso de crítica estadística**

Posterior a la detección de inconsistencias, se ejecutan los procedimientos de revisión y crítica de las bases de datos obtenidas de la plataforma del SISAIRE mediante las siguientes actividades:

- Identificar valores mínimos y máximos extremos.
- Revisar datos que se repiten de forma inusual.
- Inspección de información en los casos en que ésta no sea identificada por controles automáticos.
- Aseguramiento de que los controles automáticos identifican de forma correcta datos inválidos o inconsistentes.
- Revisión visual de la información para identificar casos que son fáciles de observar por el ojo humano, pero no por un programa, como picos repentinos en la concentración de un contaminante o valores continuamente anómalos durante un periodo de tiempo.
- Detección de patrones inusuales o anormales.

No obstante, es de considerar que, aunque se tienen estos reportes útiles para la identificación de atípicos y demás inconsistencias, siempre se debe realizar una inspección manual a partir de las series temporales de las variables por parte de un experto temático

El proceso de crítica permite al Ideam garantizar que los resultados de la operación estadística tengan un nivel de confiabilidad y de consistencia adecuado y se conviertan en instrumento de toma de decisiones, así como para el diseño, evaluación y ajuste de la política y las estrategias para la prevención y control de la contaminación del aire.

Una vez que se ha importado la base de datos preliminar al programa estadístico R, se procede a agrupar la información por estación, autoridad ambiental y variable, calculando diversos atributos. Estos incluyen información asociada a los tiempos de medición, como la resolución temporal y la frecuencia de monitoreo; esta última debe ser igual a 1 o 24 horas; en otro caso se toma como error de reporte. Adicionalmente se reportan estadísticas como los valores mínimo y máximo junto con sus respectivas fechas, así como el promedio, la mediana, los cuartiles y los percentiles 90, 95 y 98. Este conjunto de datos se exporta bajo el título de "Estadísticas para Validación".

A continuación, para cada fila en el insumo de estadísticas para validación, se extraen los datos correspondientes de la base de datos. Se calculan los promedios de las

|                                                                                  |                                                                                                                                                            |                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
|  | <b>Generación de conocimiento e investigación</b><br><b>Manual de crítica de las estadísticas de</b><br><b>monitoreo y seguimiento de calidad del aire</b> | Código: GCI-CA-M019<br>Versión: 4<br>Fecha: 11/07/2025 |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|

mediciones dentro de una ventana temporal que coincide con la frecuencia de medición, lo que permite generar insumos gráficos que facilitan la identificación de datos atípicos.

En el caso de los contaminantes criterio, se utilizan los tiempos de exposición establecidos en la normatividad nacional para determinar los valores que corresponden a la comparación normativa, directrices establecidas por la OMS y los rangos del índice de calidad del aire. Posteriormente, se calculan tanto las distribuciones del índice como su valor promedio.

Finalmente, se calculan los valores promedio de los contaminantes usando como ventana temporal los respectivos tiempos de exposición y se reportan las estadísticas asociadas en el insumo denominado "Estadísticas para Reporte".

La crítica que se aplica de acuerdo con los lineamientos contenidos en el Manual de Operación de SVCA que se mencionan a continuación.

### **9.3.1 Datos atípicos**

El análisis de datos provenientes del monitoreo de la calidad del aire debe tener en cuenta la variabilidad en las condiciones meteorológicas, topográficas y de actividades generadoras de emisiones en la zona de influencia de cada una de las estaciones. Además, las actividades inherentes a la operación de los equipos tales como calibraciones o mantenimientos también influyen en la calidad de la información. Para determinar los datos atípicos, el algoritmo elaborado mediante el software R realiza y reporta los resultados del cálculo de los siguientes parámetros para cada una de las series anuales:

- Valor mínimo y fechas(s)/hora(s) de ocurrencia.
- Valor máximo y fechas(s)/hora(s) de ocurrencia.
- Promedio anual.
- Suma de valores (útil para analizar la precipitación).
- Percentiles 25%, 50% (mediana), 75%, 90%, 95% y 98%.

Cada una de las series se analiza en función de estos parámetros teniendo en cuenta la posibilidad de ocurrencia de eventos particulares de alta o baja contaminación atmosférica. En otras palabras, el algoritmo elaborado mediante el software R no descarta de forma automática valores atípicos, sino que organiza y agrega los datos, y genera parámetros estadísticos y representaciones gráficas que facilitan la revisión cualitativa y cuantitativa por parte del validador. En este sentido se realiza la verificación teniendo en cuenta los rangos usuales de los datos según la variable analizada y, si existe, la tendencia histórica de los datos en años previos para que sea validado por parte de la autoridad ambiental o persona jurídica.

|                                                                                                  |                                                                                                                                                            |                                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| <br><b>IDEAM</b> | <b>Generación de conocimiento e investigación</b><br><b>Manual de crítica de las estadísticas de</b><br><b>monitoreo y seguimiento de calidad del aire</b> | Código: GCI-CA-M019<br>Versión: 4<br>Fecha: 11/07/2025 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|

Las validaciones son realizadas por parte de las autoridades ambientales y las personas jurídicas responsables de los Sistemas de Vigilancia de Calidad del Aire, quienes poseen un conocimiento más detallado sobre las características de su jurisdicción con base en criterios propios y aquellos sugeridos por el Ideam, con base en los oficios e informes de atípicos e inconsistencias elaborados y remitidos por el Instituto de forma previa a la consolidación de información para la elaboración del Informe del Estado de la Calidad del Aire.

Los datos identificados como atípicos son enviados a las autoridades ambientales y personas jurídicas a través de un oficio, con el fin de que estas entidades confirmen su validez o procedan a su eliminación en el SISAIRE. De no tener respuesta oportuna, el microdato que muestra atipicidad se excluye para obtener una base depurada por datos atípicos y no se tiene en cuenta para el análisis. Si se confirma la validez del dato por parte de la Autoridad Ambiental entonces se tiene en cuenta dentro de los microdatos; si se corrobora que el dato es atípico, la autoridad ambiental debe adelantar el respectivo ajuste, eliminación o invalidación en el SISAIRE.

La invalidación de uno o más datos debe tener asociada una justificación clara de acuerdo con la evaluación de los criterios previamente mencionados, incluyendo otros que la autoridad ambiental considere pertinentes. Si no existe una causa identificada que justifique que un dato es inválido, este se omite del procesamiento estadístico, ya que es obligación de la Autoridad Ambiental o Persona Jurídica asociar la razón por la cual el dato presenta inconsistencias.

### **9.3.2 Datos inconsistentes**

Si bien las reglas de validación hacen referencia principalmente a las relaciones existentes entre las variables analizadas, existen otros criterios que no están enmarcados dentro de la identificación de datos atípicos y que son de alta importancia en el proceso de revisión de la calidad de la información. Estos se encuentran descritos en las siguientes secciones.

### **9.3.3 Revisión de relaciones existentes entre variables**

Este proceso consiste en la comparación de los datos de la variable estudiada con otros pertenecientes a variables monitoreadas en la misma ubicación geográfica y que guardan relación física y/o química. Este es el caso, por ejemplo, de la comparación de las concentraciones de ozono troposférico con la radiación solar, de las concentraciones de PM<sub>2,5</sub> y de PM<sub>10</sub>.

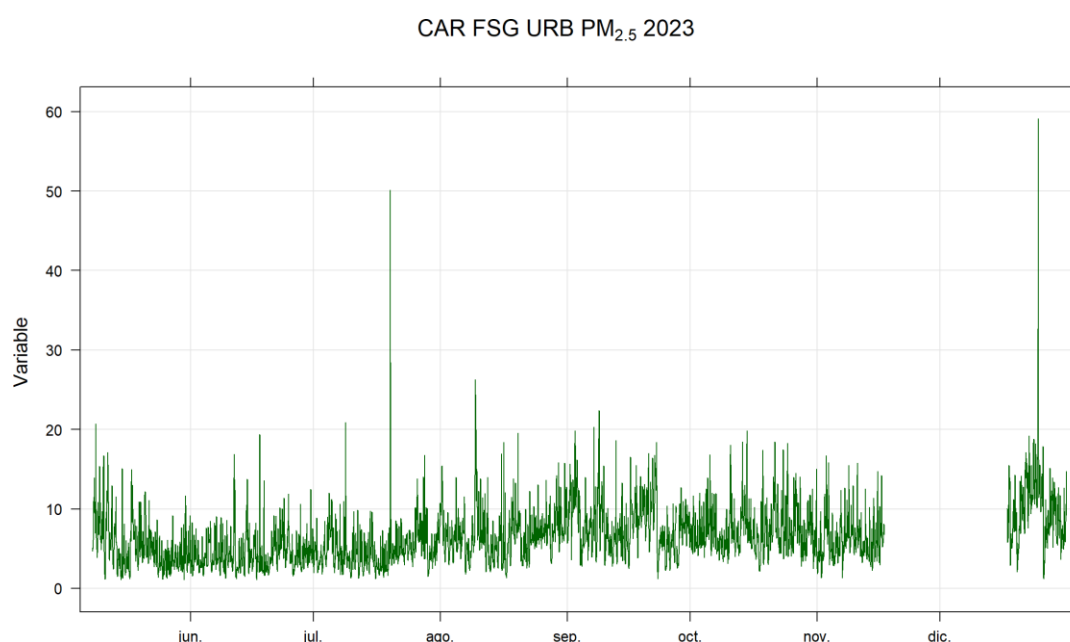
Las relaciones obedecen a tendencias o relaciones esperadas y cuando éstas no se evidencian, se realiza la respectiva observación a la autoridad ambiental competente.

|                                                                                  |                                                                                                                                                            |                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
|  | <b>Generación de conocimiento e investigación</b><br><b>Manual de crítica de las estadísticas de</b><br><b>monitoreo y seguimiento de calidad del aire</b> | Código: GCI-CA-M019<br>Versión: 4<br>Fecha: 11/07/2025 |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|

### 9.3.4 Revisión temporal de las series

La revisión de la consistencia temporal de las series tiene como objetivo verificar que los ciclos anuales de las concentraciones se mantengan coherentes. Este análisis implica evaluar la evolución de las concentraciones a lo largo del tiempo para un año específico, lo que permite identificar cambios en la amplitud de los datos, así como aumentos progresivos o la ausencia de información en períodos prolongados. Las inconsistencias detectadas a partir de este análisis suelen estar relacionadas con la periodicidad.

**Figura 2. Serie temporal de PM<sub>2.5</sub> generada en R y utilizada para la detección de datos atípicos.**



Fuente. Script R. 2023

### 9.3.5 Comparación según tendencias del año anterior

Los cambios en las variables analizadas abren la posibilidad de identificar tendencias inusuales cuando se analizan los valores respecto al año inmediatamente anterior.

### 9.3.6 Datos negativos o atípicos extremos inferiores

Si bien un dato negativo puede ser identificado como atípico, pueden presentarse casos en los cuales su valor absoluto es similar a los demás pertenecientes a la misma

|                                                                                  |                                                                                                                                                            |                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
|  | <b>Generación de conocimiento e investigación</b><br><b>Manual de crítica de las estadísticas de</b><br><b>monitoreo y seguimiento de calidad del aire</b> | Código: GCI-CA-M019<br>Versión: 4<br>Fecha: 11/07/2025 |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|

serie. Por la cantidad física y/o química que representan, ciertas variables no pueden tener valores negativos, en ceros o muy bajos (inferiores a los límites de cuantificación de acuerdo con los respectivos métodos de determinación). Al ser evidentemente inconsistentes, estos datos deben ser revisados y ajustados por la autoridad ambiental en la plataforma SISAIRE para asegurar la calidad de la información a analizar.

### **9.3.7 Verificación de metadatos espaciales**

Los metadatos son fundamentales para una completa comprensión de los datos asociados a una variable en particular. Estos incluyen información temporal como la fecha y hora de la medición e información espacial como las coordenadas del punto de monitoreo y el departamento, municipio y autoridad ambiental correspondientes.

La validación se realiza mediante el análisis de correspondencia de las coordenadas reportadas en SISAIRE (latitud y longitud) con el municipio y/o la descripción del punto de monitoreo. En caso de no estar presente esta información, se debe realizar la respectiva gestión con la autoridad ambiental o persona jurídica para aclaración de la información espacial. Para revisar la consistencia espacial con respecto a los límites administrativos (municipio y departamento), se utiliza la última versión disponible en la plataforma Colombia en Mapas, del Instituto geográfico Agustín Codazzi – IGAC, que contiene los shapes o GDB de los respectivos límites geográficos oficiales del país.

### **9.3.8 Identificación temática de datos atípicos e inconsistentes**

*Responsable. Líderes temáticos*

Partiendo de la base de datos procesada entregada por el profesional estadístico los profesionales temáticos de calidad del aire identifican los datos atípicos e inconsistentes y se envían oficios a los productores de información para corregir y/o confirmar la información en el SISAIRE. Las reglas de validación y consistencia que deben ser tenidas en cuenta en lo oficios son:

*Atípicos extremos superiores o inferiores: corresponden a datos que tienen un comportamiento inusual con respecto a la tendencia general.*

*Representatividad temporal (% de datos válidos):* La representatividad temporal es un indicador clave del desempeño del SVCA. Las estaciones con porcentajes de datos válidos inferiores al 75% se listan, de acuerdo con lo establecido en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire.

*Resolución temporal (frecuencia de mediciones):* identificar las estaciones cuya resolución temporal no se ajusta a los requisitos establecidos. La resolución

|                                                                                                  |                                                                                                                                                            |                                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| <br><b>IDEAM</b> | <b>Generación de conocimiento e investigación</b><br><b>Manual de crítica de las estadísticas de</b><br><b>monitoreo y seguimiento de calidad del aire</b> | Código: GCI-CA-M019<br>Versión: 4<br>Fecha: 11/07/2025 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|

temporal se refiere a la frecuencia de las mediciones: para las estaciones manuales, debe ser de 24 horas, mientras que, para las estaciones automáticas, debe ser de 1 hora.

*Datos duplicados consistentes e inconsistentes:* identificar los datos duplicados consistentes e inconsistentes. Los datos duplicados consistentes detallan los registros de una misma estación, variable y periodo de medición que tienen valores de concentración idénticos. Los datos duplicados inconsistentes muestran los registros de una misma estación, variable y periodo de medición, pero con valores de concentración diferentes.

*Relación de material particulado:* relacionar los registros de material particulado en los que, para la misma estación y periodo de medición, el valor de PM<sub>2.5</sub> es superior al de PM<sub>10</sub>.

*Datos negativos:* identificar los valores negativos de concentración de los contaminantes.

*Variaciones o cambios sustanciales con respecto al comportamiento de la variable*

### **9.3.9 Elaboración y remisión de oficios e informe de atípicos e inconsistencias**

Una vez identificados los atípicos y demás información inconsistente, por parte de los temáticos se elaboran los Oficios de Remisión de inconsistencias y atípicos en la información de calidad del aire y meteorológica reportada al SISAIRE, correspondiente al año de evaluación, los cuales se remiten a las autoridades ambientales o personas jurídicas responsables del respectivo SVCA. Mediante estos oficios se comunican las siguientes inconsistencias:

A partir de lo anterior, se solicita a los responsables del SVCA, revisar, justificar y/o ajustar en SISAIRE la información inconsistente que aplique. Es importante destacar que las autoridades ambientales o personas jurídicas son las responsables de garantizar la validez de la información, por ello, este proceso de ajuste solo puede ser realizado por parte de estas.

## **9.4 Procesamiento estadístico**

Una vez que las autoridades ambientales han realizado los respectivos ajustes directamente desde el SISAIRE y se hayan recibido los comunicados de respuesta a los mencionados oficios, a partir de las bases de datos definitivas del SISAIRE, se realiza el procesamiento definitivo de los datos mediante el cual, el Ideam procede a generar los insumos para el informe del estado de la calidad el aire en Colombia y los indicadores ambientales y de seguimiento.

|                                                                                  |                                                                                                                                                            |                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
|  | <b>Generación de conocimiento e investigación</b><br><b>Manual de crítica de las estadísticas de</b><br><b>monitoreo y seguimiento de calidad del aire</b> | Código: GCI-CA-M019<br>Versión: 4<br>Fecha: 11/07/2025 |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|

El procesamiento estadístico utiliza la base de datos definitiva para calcular estadísticas, generar gráficos a partir de los registros primarios y determinar las estadísticas asociadas a los contaminantes criterio considerando los tiempos de exposición (representatividad temporal, percentiles, máximos y mínimos), promedios anuales, excedencias, y el índice de calidad del aire. Este procedimiento se lleva a cabo de la siguiente manera:

Primero, tras importar la base de datos al programa estadístico R, se agrupa la información por estación, autoridad ambiental y variable. A partir de este agrupamiento, se calculan diversos atributos, como la resolución temporal, la frecuencia de monitoreo, los valores mínimo y máximo junto con sus respectivas fechas, así como el promedio, la mediana, los cuartiles y los percentiles 90, 95 y 98. Este conjunto de datos se exporta bajo el nombre de "Estadísticas para Validación".

En la siguiente etapa, se extraen los datos correspondientes a cada fila del insumo de estadísticas para validación, se calculan los promedios de las mediciones dentro de una ventana temporal que coincide con la frecuencia de medición.

Para los contaminantes criterio, se emplean los tiempos de exposición para realizar la comparación normativa, calcular las excedencias normativas y el índice de calidad del aire. Adicionalmente, se realiza una comparación con las directrices de la OMS. Finalmente, se utilizan nuevamente los tiempos de exposición para calcular los valores promedio y reportar las estadísticas asociadas en el insumo denominado "Estadísticas para Reporte".

## **9.5 Comparación con informes finales de autoridades ambientales y personas jurídicas**

Los datos finales obtenidos del proceso de validación estadística se comparan con los reportados por las autoridades ambientales en sus informes anuales. Esta comparación permite evaluar la consistencia de la información procesada por el Ideam en relación con la que maneja la AA en su propio proceso estadístico, garantizando así la calidad y fiabilidad de los datos sobre la calidad del aire y está sujeta a la disponibilidad de los informes anuales cargados por las autoridades ambientales en el SISAIRE.

## **10. Documentos relacionados en el SGI**

- GCI-CA-MO001 Documento metodológico de las estadísticas de monitoreo y seguimiento de la calidad del aire
- GCI-CA-FM001 Ficha metodológica de las estadísticas de monitoreo y seguimiento de la calidad del aire

|                                                                                  |                                                                                                                                                            |                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
|  | <b>Generación de conocimiento e investigación</b><br><b>Manual de crítica de las estadísticas de</b><br><b>monitoreo y seguimiento de calidad del aire</b> | Código: GCI-CA-M019<br>Versión: 4<br>Fecha: 11/07/2025 |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|

- GCI-CA-M020 Manual de validación y consistencia del Subsistema de Información sobre Calidad del Aire – SISAIRE

## 10. Bibliografía

Congreso. (1993). Ley 99 de 1993. Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental –SINA y se dictan. Congreso de La República de Colombia, Bogotá D. C.

DANE. (2014). Lineamientos para documentar la metodología de operaciones estadísticas basadas en registros administrativos.

DANE. (s.f.). Plan de Fortalecimiento de Registros Administrativos. [https://www.dane.gov.co/files/planificacion/fortalecimiento/cuadernillo/Fortalecimiento\\_Registros\\_administrativos.pdf](https://www.dane.gov.co/files/planificacion/fortalecimiento/cuadernillo/Fortalecimiento_Registros_administrativos.pdf).

Ideam. (2012). Hoja metodológica del indicador Índice de calidad del aire (ICA) versión 1.00. Sistema de Indicadores Ambientales de Colombia - Indicadores de Calidad del aire. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Colombia.

Ideam, I. d. (2011). Guía práctica para la validación de datos en los Sistemas de Vigilancia de Calidad del Aire - SVCA existentes en Colombia - GPVD. Bogotá.

MAVDT. (2010). Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del aire. Manual de operación de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Bogotá D. C.

Sistema Estadístico Nacional SEN. Normas y estándares. Conceptos estandarizados. <https://www.sen.gov.co/normatividad/conceptos-estandarizados>.

Congreso de la República. (1993). *Le 99 de 1993*. Santafé de Bogotá D.C.

CONPES. (2005). *Lineamientos para la formulación de la política de prevención y control de la contaminación del aire. Consejo Nacional de Política Económica y Social*. Bogotá: Consejo Nacional de Política Económica y Social.

DANE. (2020). *DANE. Norma técnica de la calidad del proceso estadístico*.

IDEAM. (2019). *Informe del estado de la calidad del aire en Colombia*. Obtenido de Informe del Estado de la Calidad del Aire en Colombia 2018. Bogotá, D.C.,.

|                                                                                   |                                                                                                                                                            |                                                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
|  | <b>Generación de conocimiento e investigación</b><br><b>Manual de crítica de las estadísticas de</b><br><b>monitoreo y seguimiento de calidad del aire</b> | Código: GCI-CA-M019<br>Versión: 4<br>Fecha: 11/07/2025 |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|

IDEAM. (2022). *Informe del Estado de la Calidad del Aire en Colombia 2021*. Bogotá D.C.: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM.

IDEAM. (2023). *SISAIRE*. Obtenido de <http://sisaire.ideam.gov.co/ideam-sisaire-web/consultas.xhtml>

IDEAM. (2023). *SISAIRE*. Obtenido de <http://sisaire.ideam.gov.co/ideam-sisaire-web/dashboard.xhtml>

IDEAM. (s.f.). *Ozono troposférico*. Obtenido de Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales: <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/ozono-troposferico>

MADS. (2015). *Decreto 1076 de 2015. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá D. C.

MADS. (2017). *Resolución 2254 de 2017. Por la cual se adopta la norma de calidad del aire ambiente y se dictan otras disposiciones*. Bogotá: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

MADS. (s.f.). *Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Obtenido de Contaminación atmosférica: <https://www.minambiente.gov.co/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/contaminacion-atmosferica/>

MAVDT. (2007). *Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire*. Bogota: Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, K-2 Ingeniería Ltda.

MAVDT. (2010a). *Resolución 0651 de 2010. Por la cual se crea el Subsistema de Información sobre Calidad del Aire - SISAIRE*. Bogotá: Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial.

MAVDT. (2010b). *Política de prevención y control de la contaminación de la calidad del aire*. Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

MAVDT. (2010c). *Resolución 610 de 2010 Por la cual se modifica la Resolución 601 del 4 de abril de 2006*. Bogotá.

OMS. (02 de 05 de 2018). *Organización Mundial de la Salud* . Obtenido de <https://www.who.int/es/news/item/02-05-2018-9-out-of-10-people-worldwide-breathe-polluted-air-but-more-countries-are-taking-action>

|                                                                                   |                                                                                                                                                            |                                                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
|  | <b>Generación de conocimiento e investigación</b><br><b>Manual de crítica de las estadísticas de</b><br><b>monitoreo y seguimiento de calidad del aire</b> | Código: GCI-CA-M019<br>Versión: 4<br>Fecha: 11/07/2025 |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|

OMS. (2021). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de <https://www.who.int/es/news/item/22-09-2021-new-who-global-air-quality-guidelines-aim-to-save-millions-of-lives-from-air-pollution#:~:text=%C2%ABLa%20OMS%20estima%20que%20cada,est%C3%A9n%20sanas%20y%20sean%20productivas>.

U.S. Environmental Protection Agency. (2013). *America's Children and the Environment*, . Washington, D.C., : Third Edition.

Uribe, B. (2007). *Consolidación del Marco Conceptual del Sistema de Información Ambiental de Colombia SIAC*. Bogotá D.C.: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

US EPA. (2022). *Basic Information about NO2*. Obtenido de United States Environmental Protection Agency: <https://www.epa.gov/no2-pollution/basic-information-about-no2#What%20is%20NO2>. 2 de agosto de 2022

US EPA. (2022). *Monóxido de carbono*. Obtenido de Agencia de protección Ambiental de Estados Unidos.: <https://espanol.epa.gov/cai/monoxido-de-carbono>. 13 de diciembre de 2022

US EPA. (2022). *Particulate Matter (PM) Basics*. Obtenido de US Environmental Protection Agency: 18 de Julio de 2022. <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics>

US EPA. (2022). *Sulfur Dioxide Basics*. Obtenido de United States Environmental Protection Agency: <https://www.epa.gov/so2-pollution/sulfur-dioxide-basics#what%20is%20so2>. 9 de marzo de 2022.

## 11. Control de cambios

| VERSIÓN | FECHA      | DESCRIPCIÓN                                                                                                                                                                                                                                      |
|---------|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 24/10/2018 | Creación del documento                                                                                                                                                                                                                           |
| 2       | 28/06/2019 | Actualización del documento en el alcance, objetivos y el proceso de crítica estadística                                                                                                                                                         |
| 3       | 16/10/2024 | Actualización general del documento que incluye ajustes en la introducción, objetivos, alcance, proceso de crítica, inclusión de antecedentes, descripción de funciones y metodología de procesamiento.                                          |
| 4       | 11/07/2025 | Se actualiza el Formato de acuerdo con el memorando enviado por la OAP memorando 20251100097283 lineamientos para la actualización documental en el marco de la implementación del aplicativo suite visión. Pasa de M-GCI-EA-M019 a GCI-CA-M019. |