

Actualización de la norma de emisiones de fuentes fijas en Colombia



Actualización de la norma de emisiones de fuentes fijas en Colombia

Corporación para el Desarrollo de Políticas Energéticas para las Transiciones Justas, POLEN Transiciones Justas

Bogotá - Colombia, diciembre de 2024

Autores:

Blanco, Karen

 <https://orcid.org/0009-0008-6881-9086>

Torres, Julián

 <https://orcid.org/0009-0009-2135-4258>

Revisoras:

Pedraza, Jennifer (SEI)

 <https://orcid.org/0000-0001-5315-8651>

Huertas, María Elena

 <https://orcid.org/0000-0001-7278-5562>

Villegas Mendoza, Mariana

 <https://orcid.org/0009-0009-5459-1823>

Diseño, diagramación y portada:

Cristian Porte

Con apoyo de:



El texto que aquí se publica es de exclusiva responsabilidad de sus autores y no expresa necesariamente el pensamiento ni la posición de la Fundación Heinrich Böll, Oficina Bogotá - Colombia y el SEI.

Agradecimientos

Se resalta la disposición y participación de diferentes entidades en el proceso de consolidación de este documento. En el ámbito nacional se agradece a: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), Ministerio de Minas y Energía (Oficina de Asuntos Ambientales y Sociales), Servicio Geológico Colombiano, Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), Fundación Natura, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), Transforma, ENEL SA ESP, Gensa SA ESP, Asocoque, Universidad Nacional de Colombia, Pontificia Universidad Javeriana, Asociación Interamericana para la Defensa del Ambiente (AIDA) y Heinrich Böll Stiftung; en el ámbito internacional, al Ministerio del Medio Ambiente del Gobierno de Chile y al Ministerio de Ambiente de Uruguay. Un especial agradecimiento al profesional Orlando Madrid y al experto en fuentes fijas industriales Rafael Chaparro por sus valiosas contribuciones a la elaboración de este documento.

Cítese como:

POLEN Transiciones Justas. (2024). *Actualización de la norma de emisiones de fuentes fijas en Colombia*. Autor.



Esta es una obra de acceso abierto distribuida bajo la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>). Los usuarios pueden reproducir, distribuir, adaptar y desarrollar el contenido de la obra original, conforme a los términos de la licencia mencionada.

POLEN Transiciones Justas debe ser claramente reconocido como titular de la obra original. Los usuarios no están autorizados a reproducir el logo de POLEN Transiciones Justas en sus obras.

Actualización de la norma de emisiones de fuentes fijas en Colombia



Contenido

1. Introducción	9
2. Marco normativo sobre emisiones de fuentes fijas y calidad del aire	11
2.1. Constitución Política	11
2.2. Tratados internacionales	12
2.3. Leyes y decretos leyes	13
2.4. Decretos	16
2.5. Resoluciones	17
2.6. Políticas públicas	19
3. Comparación normativa con otras jurisdicciones en materia de termoeléctricas a carbón	20
3.1. Argentina	21
3.2. Brasil	22
3.3. Chile	22
3.4. China	23
3.5. Ecuador	24
3.6. Unión Europea	25
3.7. India	26
3.8. Indonesia	26
3.9. Malasia	27
3.10. Myanmar (Birmania)	28
3.11. Perú	28
3.12. Sudáfrica	29
3.13. Turquía	30

3.14. Banco Mundial.....	30
3.15. Conclusiones generales de la comparación normativa con otras jurisdicciones en materia de emisiones de termoeléctricas a carbón	32
4. Comparación normativa con otras jurisdicciones en materia de fabricación de coque	34
4.1. Brasil	35
4.2. India	35
4.3. Malasia	36
4.4. Sudáfrica	36
4.5. Banco Mundial.....	37
4.6. Conclusiones generales para el sector de la fabricación de coque	38
5. Análisis de emisiones de fuentes fijas del sector carbón en Colombia	39
5.1. Termoeléctricas a carbón	39
5.2. Industria de la fabricación de coque	44
6. Justificaciones jurisprudenciales	46
6.1. Resumen de las justificaciones jurisprudenciales.....	50
7. Propuesta de nuevos estándares de emisión para termoeléctricas a carbón y fabricación de coque en la actualización de la Resolución 909 de 2008	51
7.1. Propuesta para las termoeléctricas a carbón	52
7.2. Propuesta para el sector de fabricación de coque	60
7.3. Uso de nuevas tecnologías para el control de fuentes.....	64

Índice de figuras

Figura 1.	Comparativa entre normas de jurisdicciones distintas a la colombiana y la Resolución 909 de 2008 en relación con las emisiones de a) MP, b) NO _x y SO ₂ , provenientes de la operación de termoeléctricas a carbón	32
Figura 2.	Concentraciones de emisiones modeladas para termoeléctricas a carbón en 2022: a) MP, b) SO ₂ y c) NO _x	41
Figura 3.	Comparación de concentraciones de emisiones modeladas y mediciones reportadas para las unidades a termoeléctricas a carbón en 2022: a) MP, b) SO ₂ y c) NO _x	42
Figura 4.	Concentración de emisiones máximas reportadas por planta (izquierda) y distribución de emisiones de todas las mediciones reportadas (derecha) para los contaminantes: a) MP, b) SO ₂ y c) HTC	44

Índice de tablas

Tabla 1.	Límites de emisión para termoeléctricas a carbón en Colombia.....	21
Tabla 2.	Límites de emisión para termoeléctricas a carbón en Argentina.....	21
Tabla 3.	Límites de emisión para termoeléctricas a carbón en Brasil.....	22
Tabla 4.	Límites de emisión para termoeléctricas a carbón en Chile.....	23
Tabla 5.	Límites de emisión para termoeléctricas a carbón en China.....	24
Tabla 6.	Límites de emisión para termoeléctricas a carbón en Ecuador.....	24
Tabla 7.	Límites de emisión para termoeléctricas a carbón en la UE.....	25
Tabla 8.	Límites de emisión para termoeléctricas a carbón en la India.....	26
Tabla 9.	Límites de emisión para termoeléctricas a carbón en Indonesia.....	26
Tabla 10.	Límites de emisión para termoeléctricas a carbón en Malasia.....	27
Tabla 11.	Límites de emisión para termoeléctricas a carbón en Myanmar.....	28
Tabla 12.	Límites de emisión para termoeléctricas a carbón en Perú.....	28
Tabla 13.	Límites de emisión para termoeléctricas a carbón en Sudáfrica.....	29
Tabla 14.	Límites de emisión para termoeléctricas a carbón en Turquía.....	30
Tabla 15.	Límites de emisión para termoeléctricas sugeridos por el BM.....	31
Tabla 16.	Límites de emisión para la fabricación de coque en Colombia.....	34
Tabla 17.	Límites de emisión para la fabricación de coque en Brasil.....	35
Tabla 18.	Límites de emisión para la fabricación de coque en India.....	35
Tabla 19.	Límites de emisión para la fabricación de coque en Malasia.....	36
Tabla 20.	Límites de emisión para la fabricación de coque en Sudáfrica.....	36

Tabla 21.	Límites de emisión para la fabricación de coque sugeridos por el BM.....	37
Tabla 22.	Pronunciamientos de tribunales y cortes judiciales.....	47
Tabla 23.	Propuesta detallada de actualización de norma de emisiones para termoeléctricas a carbón.....	52
Tabla 24.	Propuesta de actualización de límites de emisión para termoeléctricas a carbón.....	59
Tabla 25.	Propuesta detallada de actualización de norma de emisiones para fabricación de coque.....	61
Tabla 26.	Propuesta de actualización de límites de emisión para sector de fabricación de coque.....	63

1.

Introducción

La contaminación del aire tiene afectaciones directas sobre la salud de las personas, en especial para población vulnerable, como niños, niñas y adultos mayores. La Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) han resaltado que la contaminación del aire ambiental es una de las áreas focales estratégicas para combatir causas fundamentales de mortalidad y morbilidad en el ámbito mundial¹.

Existen diferentes contaminantes que afectan la calidad del aire que respira la población; los llamados contaminantes criterio corresponden a aquellos más comunes² que tienen asociados impactos demostrados sobre la salud. Estos corresponden al material particulado en sus diferentes tamaños de partículas (PM_{2.5} y PM₁₀), ozono troposférico

(O₃), óxidos de nitrógeno (NO_x), dióxidos de azufre (SO₂) y monóxido de carbono (CO). Otros contaminantes también nocivos y con diferentes impactos ambientales corresponden a los hidrocarburos totales (HCT), dioxinas y furanos, y metales pesados como el mercurio (Hg). En su mayoría, estos contaminantes se generan por el uso de combustibles fósiles, según el último inventario en el ámbito nacional de Colombia³.

Se estima que en el año 2019 la contaminación del aire ambiente exterior en las ciudades y zonas rurales de todo el mundo provocó cerca de 4,2 millones de muertes prematuras⁴; esta mortalidad se debió a la exposición a partículas finas en suspensión, tanto ambiental como doméstica, que causa enfermedades cardiovasculares y respiratorias, así como cánceres.

¹ OMS. (2018). *Air pollution*. <https://www.who.int/airpollution/en/>

² EPA. (2023). *Environments and contaminants - Criteria air pollutants*. <https://www.epa.gov/americaschildrenewenvironment/environments-and-contaminants-criteria-air-pollutants>

³ IDEAM, Fundación Natura, PNUD, MADS, DNP y Cancillería. (2022). *Informe del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 1990-2018 y Carbono Negro 2010-2018 de Colombia*. <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Annex%20BUR3%20COLOMBIA.pdf>

⁴ OMS. (2024). *Contaminación del aire ambiente (exterior) y salud*. [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health#:~:text=Seg%C3%BAAn%20estimaciones%20de%202019%2C%20la,y%20respiratorias%2C%20as%C3%AD%20como%20c%C3%AInceres](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health#:~:text=Seg%C3%BAAn%20estimaciones%20de%202019%2C%20la,y%20respiratorias%2C%20as%C3%AD%20como%20c%C3%AInceres).

En el caso de Colombia, de acuerdo con un estudio desarrollado por el Departamento Nacional de Planeación (DNP) en el año 2015⁶, por la exposición a mala calidad del aire se generan más de 8000 muertes al año y cerca de 68 millones de síntomas y enfermedades asociados. Otra cifra más actualizada para el país (estimada por la OMS⁷) indica que en 2019 se reportaron en promedio 13.082 muertes atribuibles a la contaminación del aire por enfermedades como infecciones respiratorias de vías inferiores, cáncer de tráquea, pulmón o bronquios, cardiopatía isquémica y accidentes cerebrovasculares.

Para encarar esta problemática, los gobiernos cuentan con herramientas como los instrumentos normativos, que permiten establecer la responsabilidad institucional, mecanismos de rendición de cuentas, participación pública y aplicación de la normativa, e institucionalizar procesos para establecer y actualizar estándares sólidos de calidad del aire a medida que evolucionan los conocimientos y las tecnologías⁸. Ante este panorama, un marco normativo actualizado y armonizado con estudios de impacto y necesidades de protección de la salud de la población es fundamental para la mitigación de problemáticas de contaminación del aire.

En el contexto colombiano existe un marco normativo que respalda el seguimiento y control de las fuentes fijas contaminantes; sin embargo, varios de los instrumentos que lo conforman, en especial aquellos que establecen límites específicos de emisión, no han sido revisados ni actualizados por más de 15 años. Esto representa una oportunidad clave para contribuir a la mejora de la calidad de vida de las poblaciones que se encuentran

cerca de las fuentes de emisión. Un ejemplo de esto es el caso de las emisiones generadas por termoeléctricas cuyas concentraciones de PM_{2,5} pueden afectar de forma más significativa poblaciones cercanas⁹.

De acuerdo con lo anterior, este estudio presenta una propuesta de actualización a la Resolución 909 de 2008, correspondiente a la norma vigente colombiana sobre emisiones de fuentes fijas, así como otras recomendaciones, enfocándose en los sectores de generación de energía eléctrica con carbón (termoeléctricas a carbón) y la fabricación de coque. Estos son dos sectores claves en la transición energética del país por su uso intensivo de carbón. La propuesta se basa en un ejercicio de diagnóstico del estado actual del marco normativo nacional comparándolo con jurisdicciones internacionales, algunas de ellas con contextos similares al colombiano. De igual forma, se hace un análisis del cumplimiento de las emisiones reportadas por estos sectores a las autoridades ambientales y su cumplimiento con los límites de emisiones vigentes.

⁵ ONU. (2024). *La contaminación atmosférica causó 8,1 millones de muertes en todo el mundo en 2021*. <https://news.un.org/es/story/2024/06/1530631>

⁶ DNP. (2018). *Calidad del aire, una prioridad de política pública en Colombia*. https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Presntación%20Calidad%20del%20Aire%2015_02_2018.pdf

⁷ OMS. (2019). *The Global Health Observatory. Ambient air pollution attributable deaths*. <https://www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator-details/GHO/ambient-air-pollution-attributable-deaths>

⁸ UNEP. (2023). *Guía sobre legislación en materia de calidad del aire ambiente*. <https://www.unep.org/resources/publication/guide-ambient-air-quality-legislation-air-pollution-series>

⁹ Bell, M. L., Ebisu, K., Peng, R. D. y Dominici, F. (2009). *Adverse health effects of particulate air pollution: Modification by air conditioning*. *Epidemiology*, 20(5), 682-686. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19535984/>

2. Marco normativo sobre emisiones de fuentes fijas y calidad del aire

A continuación, se presenta una revisión de la normativa existente en Colombia en materia de emisiones de fuentes fijas y calidad del aire, en particular en lo relacionado con las emisiones de termoeléctricas a carbón y fabricación de coque.

2.1. Constitución Política

La Constitución Política de Colombia (CP), como norma suprema del ordenamiento jurídico del país, incluye varias disposiciones relacionadas con la protección del ambiente, las cuales están directamente vinculadas con las emisiones atmosféricas y la calidad del aire. A continuación, se presentan las principales disposiciones, agrupadas por temáticas:

- a. Sobre la garantía de derechos y deberes. La CP establece que el Estado tiene como objetivo fundamental garantizar los derechos y deberes de todos los ciudadanos, protegiendo su vida y sus libertades (art. 2.º).
- b. Sobre la protección de riquezas culturales y naturales. Tanto el Estado como los ciudadanos tienen la obligación de salvaguardar las riquezas culturales y naturales de la nación (art. 8.º).
- c. Sobre el derecho a un ambiente sano. La CP consagra el derecho de todas las personas a gozar de un ambiente sano y estipula que la ley debe garantizar la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectar dicho derecho. Asimismo, impone al Estado la obligación de proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para alcanzar estos fines (art. 79). De acuerdo con la jurisprudencia constitucional, el ambiente sano y ecológicamente equilibrado es un derecho constitucional fundamental, pues su violación atenta directamente contra la perpetuación de la especie humana y, en consecuencia, contra el derecho más fundamental del hombre: la vida¹⁰.

¹⁰ Sentencia T-536 de 1992.

- d. Sobre la gestión sostenible de los recursos naturales. Es deber del Estado proteger la diversidad ambiental y gestionar de manera sostenible los recursos naturales, controlando los factores que los deterioran e imponiendo sanciones cuando sea necesario (art. 80). Además, la CP establece que los ciudadanos, en el ejercicio de sus derechos, deben respetar los derechos de los demás y contribuir a la conservación del ambiente (art. 95).
- e. Sobre la limitación de la libertad económica. De acuerdo con la CP, la libertad económica puede restringirse con el fin de proteger el interés social, el ambiente y el patrimonio cultural (art. 333). Además, el Estado tiene la responsabilidad de dirigir la economía para mejorar la calidad de vida, asegurar una distribución equitativa de los recursos y preservar un ambiente sano, interviniendo en el manejo de los recursos naturales y regulando los servicios (art. 334).

2.2. Tratados internacionales

Colombia, como parte de la comunidad internacional, ha suscrito varios tratados que abordan la protección del ambiente y la regulación de las emisiones atmosféricas. A continuación, se presentan los principales tratados internacionales relacionados, en mayor o menor medida, con la calidad del aire y la gestión de emisiones, agrupados por temáticas clave.

2.2.1. Sobre desarrollo sostenible y protección ambiental

- a. Declaración de Río de Janeiro de 1992⁽¹¹⁾. Este tratado establece que el desarrollo

sostenible debe ser un componente central en las políticas y decisiones de los Estados (principios 1, 4, 8), y reconoce la protección ambiental como un elemento esencial para mejorar la calidad de vida de las personas. Asimismo, subraya la necesidad de establecer leyes ambientales efectivas (principio 11) y obliga a los Estados a realizar evaluaciones de impacto ambiental en proyectos con potencial para causar daños significativos (principio 17).

2.2.2. Sobre cambio climático

- a. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)⁽¹²⁾. Indica que los países deben estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) para evitar interferencias peligrosas en el sistema climático (art. 2.º). Reconoce las responsabilidades comunes, pero diferenciadas de los Estados (art. 3.º, principio 1) y promueve la adopción de medidas preventivas, incluso en situaciones de incertidumbre científica (art. 3.º, principio 3). Los países firmantes, como Colombia, también deben mantener inventarios de emisiones, formular políticas para mitigar el cambio climático y promover la gestión sostenible de los recursos naturales (art. 4.º).
- b. Protocolo de Kioto⁽¹³⁾ y Acuerdo de París⁽¹⁴⁾. Aunque el Protocolo de Kioto busca reducir las emisiones de GEI y promover un desarrollo sostenible en los países en desarrollo, el Acuerdo de París de 2015 refuerza el compromiso global para limitar el calentamiento global a menos

⁽¹¹⁾ Introducida al ordenamiento jurídico por medio del inciso 1.º del art. 1.º de la Ley 99 de 1993.

⁽¹²⁾ Aprobada en el ordenamiento interno por medio de la Ley 164 de 1994 y la Sentencia de la Corte Constitucional C-073 de 1995.

⁽¹³⁾ Aprobado por medio de la Ley 629 de 2000 y la Sentencia de la Corte Constitucional C-860 de 2001.

⁽¹⁴⁾ Aprobado por medio de la Ley 1844 de 2017 y la Sentencia de la Corte Constitucional C-048 de 2018.

de 2 °C (idealmente por debajo de 1,5 °C) y fomentar la resiliencia climática. Este acuerdo prioriza la adaptación a los efectos adversos del cambio climático, la reducción de emisiones y la alineación de los flujos financieros con un desarrollo sostenible y bajo en carbono (art. 2.º).

2.2.3. Sobre contaminantes y emisiones específicas

- a. Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes¹⁵. Regula la producción y el uso de sustancias químicas peligrosas que persisten en el medio ambiente y se bioacumulan en la cadena alimentaria, exigiendo la prohibición o adopción de medidas normativas para eliminar una lista extensa de productos químicos peligrosos, enumerados en el anexo A del convenio. En relación con las emisiones de fuentes fijas, el convenio llama a los países a implementar medidas para reducir y controlar las emisiones de contaminantes orgánicos persistentes (COPs) provenientes de procesos industriales y plantas de incineración. Esto incluye la adopción de las mejores técnicas disponibles y mejores prácticas ambientales para minimizar las emisiones y asegurar el manejo adecuado de estos compuestos, con el objetivo de proteger la salud humana y el medio ambiente.
- b. Convenio de Minamata sobre el Mercurio¹⁶. Establece regulaciones estrictas para controlar las emisiones de Hg y define las “fuentes pertinentes” como aquellas identificadas en el anexo D del mismo convenio, que incluye

plantas eléctricas de carbón, calderas industriales, fundiciones de metales no ferrosos, incineradoras de desechos y fábricas de cemento clinker (art. 8.º, párrafo 2.º, literal b). Los países signatarios deben adoptar las mejores técnicas disponibles y las mejores prácticas ambientales para reducir las emisiones en estas fuentes relevantes. Además, deben desarrollar un plan nacional detallado con objetivos y acciones específicos para el control de las emisiones, y presentar dicho plan a la Conferencia de las Partes (COP) en un plazo de cuatro años (art. 8.º, párrafo 3.º). Esta estructura busca proteger la salud humana y el medio ambiente mediante la implementación efectiva de medidas de control y la cooperación internacional en tecnología e investigación.

2.3. Leyes y decretos leyes

2.3.1. Ley 23 de 1973

Esta ley tiene como objetivo principal prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente, promoviendo la conservación y restauración de los recursos naturales renovables para proteger la salud y el bienestar de la población (art. 1.º). Reconoce al medio ambiente como un patrimonio común, cuya conservación y mejoramiento son actividades de utilidad pública en las que deben participar tanto el Estado como la sociedad en su conjunto (art. 2.º). Define los “bienes contaminables” como el aire, el agua y el suelo (art. 3.º), y considera contaminación cualquier alteración del medio ambiente por sustancias o formas de energía que puedan afectar la salud, la fauna, la flora o los recursos naturales (art. 4.º). De

¹⁵ Aprobado por medio de la Ley 1196 de 2008 y la Sentencia de la Corte Constitucional C-944 de 2008.

¹⁶ Aprobado por medio de la Ley 1892 de 2018 y la Sentencia de la Corte Constitucional C-275 de 2019.

acuerdo con esta ley, un contaminante es cualquier elemento, combinación de elementos o forma de energía que pueda generar alteraciones (art. 5.º). La ley faculta al Gobierno nacional para establecer los niveles mínimos permisibles de contaminación y aprovechamiento de los recursos naturales (art. 11). Además, autoriza la inspección de actividades industriales y comerciales que excedan estos límites, con el fin de reducir o eliminar la contaminación (art. 13). La ley también impone la obligación, a todas las personas o entidades que utilicen elementos potencialmente contaminantes, de informar al Gobierno y a los consumidores sobre los riesgos para la salud y el medio ambiente de sus actividades o productos (art. 15).

2.3.2. Decreto Ley 2811 de 1974: Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente

Esta norma define la contaminación como la alteración del ambiente por sustancias o formas de energía introducidas por actividades humanas o naturales en niveles que afectan la salud, el bienestar y los recursos naturales (art. 8.º). Establece un sistema de información ambiental que incluye el monitoreo de los niveles de contaminación por regiones, así como un inventario de las fuentes de emisión (art. 21). De acuerdo con esta norma, el Gobierno (en concreto) es responsable de mantener la atmósfera en condiciones que no perjudiquen la vida humana, animal o vegetal ni los recursos naturales renovables (art. 73). Este código regula la emisión de partículas, vapores y gases, prohibiendo o limitando aquellas descargas que puedan causar daños o molestias si superan los límites permitidos (art. 74). Por otra parte, establece disposiciones específicas para prevenir la

contaminación atmosférica, incluyendo el control de la calidad del aire y la regulación de la concentración de sustancias que puedan afectar la salud o el medio ambiente (art. 75). También consagra la necesidad de adoptar métodos adecuados para reducir las emisiones, restricciones a la importación de vehículos contaminantes y la instalación de estaciones de monitoreo para identificar fuentes contaminantes (art. 75). Asimismo, la norma fomenta la educación pública sobre los efectos negativos de prácticas como las quemas para la limpieza de terrenos y sanciona su persistencia en zonas donde se ha ofrecido asistencia técnica para su reemplazo (art. 76). Además, regula la ubicación de industrias (tanto en zonas urbanas como rurales) para evitar el deterioro ambiental, considerando factores geográficos y la dirección de los vientos (arts. 189 y 191).

2.3.3. Ley 9 de 1979

Esta ley asignó al Ministerio de Salud la responsabilidad de definir las normas sobre calidad del aire, basándose en sus disposiciones y en los artículos del 73 al 76 del Decreto Ley 2811 de 1974 (art. 41). Asimismo, ordenó a este ministerio fijar las normas de emisión de sustancias contaminantes para fuentes individuales y conjuntos de fuentes (art. 42). Por otra parte, esta norma establece las tasas permitidas de descarga de contaminantes, considerando factores topográficos, meteorológicos y otras características regionales (art. 43). Además, prohíbe el vertimiento de contaminantes en concentraciones superiores a las expresamente permitidas (art. 44). Asimismo, consagra la necesidad de implementar sistemas de tratamiento para garantizar el cumplimiento de las regulaciones si una fuente de emisión supera o puede superar los límites permitidos

(art. 45). Las instalaciones que puedan constituir fuentes fijas de emisión requieren autorización del Ministerio de Salud (o la entidad que este delegue) para su funcionamiento, ampliación o modificación, sin eximir a sus propietarios de responsabilidad por los efectos derivados de la contaminación que causen (art. 46). En virtud de esta norma, el Ministerio de Salud puede exigir modificaciones en fuentes móviles para mejorar la calidad de las descargas, prohibir su circulación si son ineficaces y controlar los niveles de ruido (art. 48). Además, la norma prohíbe el uso de combustibles con aditivos que generen emisiones por encima de los límites establecidos; el Ministerio de Salud puede confiscar combustibles que no cumplan con los respectivos parámetros normativos (art. 49).

2.3.4. Ley 99 de 1993

La Ley 99 de 1993, también conocida como Ley General Ambiental de Colombia, establece disposiciones para la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables. Entre estas, se encuentra la creación del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), asignándole determinar las normas ambientales mínimas y las regulaciones de carácter general aplicables a todas las actividades que puedan producir de manera directa o indirecta daños ambientales, y dictar regulaciones de carácter general para controlar y reducir la contaminación atmosférica en el territorio nacional, así como establecer los límites máximos permisibles de emisión, descarga, transporte o depósito de sustancias, productos, compuestos o cualquier otra materia que pueda afectar el medio ambiente o los recursos naturales renovables (art. 5.º).

2.3.5. Ley 136 de 1994

Esta ley regula diversas funciones de los municipios, incluyendo el manejo adecuado de los recursos naturales y el ambiente, conforme al ordenamiento jurídico (art. 3.º, numeral 10.º). Destaca el principio de sostenibilidad en la administración municipal, que busca mejorar la sostenibilidad ambiental y promover la conservación de la biodiversidad con el apoyo del respectivo departamento y la nación (art. 5.º, literal g).

2.3.6. Ley 715 de 2001

Esta ley asigna a los municipios competencias importantes en materia ambiental, incluyendo la vigilancia de condiciones que afectan la salud y el bienestar, como la calidad del aire (art. 44.3.3.3). Indica que los municipios deben realizar acciones, en coordinación con las autoridades ambientales competentes (v. g., las Corporaciones Autónomas Regionales [CAR]), para la preservación, el control y la defensa de la naturaleza (art. 76.5.1). Asimismo, la ley dispone que los municipios deben implementar programas y políticas para mantener un ambiente sano (art. 76.5.2), trabajar coordinadamente con las CAR para el control y vigilancia ambiental (art. 76.5.3) y llevar a cabo obras o proyectos de descontaminación de aguas y control de las emisiones contaminantes del aire (art. 76.5.4).

2.4. Decretos

2.4.1. Decreto 1335 de 1990

Este decreto expide parte del *Manual General de Funciones y Requisitos del Subsector Oficial del Sector Salud*. En su artículo 3.º, especifica que el tecnólogo en control de contaminación ambiental tiene entre sus funciones: (i) participar en la elaboración del diagnóstico y pronóstico del estado de salud de la población en relación con el nivel de contaminación ambiental en el área de influencia; (ii) participar en el diagnóstico y pronóstico de la situación de contaminación ambiental y en la propuesta de acciones preventivas y correctivas; (iii) identificar y registrar fuentes fijas de contaminación del aire y del suelo; (iv) identificar y registrar fuentes de contaminación de aguas superficiales y freáticas.

2.4.2. Decreto 948 de 1995⁽¹⁷⁾

Este decreto, que contiene el Reglamento de Protección y Control de la Calidad del Aire, y se compiló en el Decreto Único Reglamentario 1076 de 2015, es fundamental para la regulación de la calidad del aire y el control de las emisiones en Colombia. Está compuesto por varios capítulos relevantes relacionados, entre otros asuntos, con las disposiciones generales sobre normas de calidad del aire y niveles de contaminación, las emisiones contaminantes y de ruido, las emisiones contaminantes de fuentes móviles, las funciones de las autoridades ambientales en relación con la calidad y el control de la contaminación del aire, los permisos de emisión para fuentes fijas, los mecanismos de evaluación y

certificación para fuentes móviles, las medidas para la atención de episodios de contaminación y planes de contingencia para emisiones atmosféricas, la vigilancia y control del cumplimiento de las normas, y la participación ciudadana en el control de la contaminación atmosférica. Entre sus disposiciones clave se encuentran aquellas que definen los contaminantes de primer y segundo grado: los primeros afectan directamente la calidad del aire (incluyen O₃, CO, material particulado [MP], dióxido de nitrógeno [NO_x], SO₂ y plomo [Pb]) y los segundos intensifican el efecto invernadero o afectan la capa de ozono (art. 3.º). También se destaca el establecimiento de estrategias y procedimientos para atender episodios de contaminación atmosférica (art. 94), así como la clasificación de áreas contaminadas en diferentes tipos (áreas-fuente), con base en la frecuencia de superación de los límites de calidad del aire¹⁸.

En relación con las áreas-fuente, el MADS ha utilizado esta clasificación para reducir las altas concentraciones de contaminantes. Por ejemplo, mediante la Resolución 2176 de 2007, el MADS estableció un Programa de Reducción de la Contaminación para Áreas-Fuente de contaminación media y moderada en el área de explotación minera de carbón del centro del departamento del Cesar. Las medidas incluyen capacitación a la población para protegerse de los efectos nocivos de la mala calidad del aire, riego de carreteras, control de velocidad, planes internos en las empresas mineras, restricción de nuevas industrias que emitan MP, entre otras. La decisión sobre la clasificación de un área como área-fuente se toma a discreción de la autoridad

¹⁷ Modificado por los decretos 2107 de 1995 y 979 de 2006.

¹⁸ Clase I: Áreas de Contaminación Alta (≥ 75 % de la norma anual) con medidas de contingencia extensivas y programas de reducción de emisiones hasta por diez años; clase II: Áreas de Contaminación Media (> 50 % y < 75 % de la norma anual) con medidas de contingencia y programas de reducción hasta por cinco años; clase III: Áreas de Contaminación Moderada (> 25 % y < 50 % de la norma anual) con medidas de prevención y programas de reducción hasta por tres años; y clase IV: Áreas de Contaminación Marginal (> 10 % y < 25 % de la norma anual).

competente, siempre que se cuente con registros técnicos que respalden la necesidad de tal clasificación.

2.4.3. Decreto 423 de 2005

Este decreto regula las exportaciones de sustancias que agotan la capa de ozono, detallando una lista de sustancias afectadas (art. 2.º) y estableciendo que las exportaciones deben contar con autorización del MADS.

2.4.4. Decreto 244 de 2006

Este decreto creó y reglamentó la Comisión Técnica Nacional Intersectorial para la Prevención y el Control de la Contaminación del Aire (Conaire), que tiene como objetivo coordinar las políticas, los planes y los programas nacionales para prevenir y controlar la contaminación del aire (art. 1.º). Aunque sus recomendaciones no son vinculantes (art. 2.º), el Conaire tiene funciones importantes, como recomendar medidas para armonizar la protección ambiental con el desarrollo económico, revisar políticas ambientales y sectoriales, y articular la información entre distintos sectores (art. 5.º).

2.4.5. Decreto Único Reglamentario 1076 de 2015

Este decreto, conocido como Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, consolida diversas normas relacionadas con el medio ambiente, incluyendo el Decreto 948 de 1995 y el Decreto 423 de 2005. Dentro de sus capítulos destaca el titulado “Reglamento de Protección y Control de la Calidad del Aire”, que se aplica en el ámbito nacional. Este reglamento establece normas y principios generales para la protección

atmosférica, y define los mecanismos de prevención, control y respuesta ante episodios de contaminación del aire causados por fuentes fijas y móviles. El capítulo incluye directrices para la fijación de normas de calidad del aire y niveles de inmisión, establece estándares para la emisión y descarga de contaminantes, y regula el control del ruido y olores ofensivos. Además, detalla el proceso de otorgamiento de permisos de emisión y define los instrumentos y medios para la vigilancia y control de la calidad del aire. También aborda la participación ciudadana en el monitoreo de la contaminación atmosférica. El objetivo principal de este reglamento es proporcionar un marco para las acciones y los mecanismos administrativos que las autoridades ambientales pueden utilizar para mejorar y preservar la calidad del aire. Busca prevenir y reducir el deterioro ambiental, proteger los recursos naturales renovables y salvaguardar la salud humana, con el fin de mejorar la calidad de vida y promover el desarrollo sostenible.

2.5. Resoluciones

2.5.1. Resolución 909 de 2008

Esta resolución establece normas y estándares para las emisiones de contaminantes al aire provenientes de fuentes fijas. En este sentido, regula los procesos de medición de emisiones y establece convenios para la reconversión a tecnologías limpias. Dentro de sus disposiciones se destaca el artículo 8.º, que establece los estándares de emisión permitidos para centrales térmicas existentes con capacidad instalada igual o superior a 20 MW, diferenciando entre combustibles sólidos, líquidos y gaseosos. A este respecto, se regulan las emisiones de los contaminantes MP, SO₂ y NO_x. Las disposiciones de esta resolución también se

aplican a termoeléctricas con capacidad inferior a 20 MW (art. 13) y a nuevas termoeléctricas de menos de 20 MW (art. 14) y mayores de 20 MW (art. 10.º). En detalle, estos límites de emisión se presentan en este documento en la tabla 1. De igual forma, se establecen límites de emisión para fuentes fijas puntuales de actividades industriales, que aplican a diferentes sectores, por ejemplo, la fabricación de coque. Estos valores se mencionan en la tabla 16.

2.5.2. Resolución 650 de 2010

Esta resolución adoptó el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire, que incluye dos documentos clave: (i) el *Manual de operación de sistemas de vigilancia de la calidad del aire* y (ii) el *Manual de diseño de sistemas de vigilancia de la calidad del aire*. La resolución fue parcialmente derogada por la Resolución 2254 de 2017, que eliminó secciones específicas de los manuales relacionados con el cálculo de áreas-fuente y el índice de calidad del aire.

2.5.3. Resolución 760 de 2010

Esta resolución adoptó el Protocolo para el Control y Vigilancia de la Contaminación Atmosférica Generada por Fuentes Fijas, estableciendo directrices para la regulación y el monitoreo de emisiones de fuentes fijas.

2.5.4. Resolución 2153 de 2010

Esta resolución ajustó el Protocolo para el Control y Vigilancia de la Contaminación Atmosférica Generada por Fuentes Fijas, adoptado mediante la Resolución 760 de 2010. Además, formalizó la publicación del anexo correspondiente en el diario oficial.

2.5.5. Resolución 2154 de 2010

Esta resolución modificó el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire, adoptado mediante la Resolución 650 de 2010, asegurando la publicación del anexo relevante en el diario oficial.

2.5.6. Resolución 2254 de 2017

Esta resolución adoptó la norma de calidad del aire. Entre sus disposiciones se destaca el parágrafo 4.º del artículo 2.º, en virtud del cual se permite a las autoridades ambientales competentes monitorear las concentraciones en la atmósfera de carbono negro y otros contaminantes climáticos, con el objetivo de identificar fuentes de emisión y soportar investigaciones en salud ambiental y sus efectos sobre el clima. La resolución ordena a las autoridades ambientales competentes identificar el contaminante o los contaminantes que excedan la norma de calidad del aire para la elaboración de los programas de reducción de la contaminación (art. 15). También detalla la metodología para clasificar áreas contaminadas y delimitar zonas basadas en modelos de dispersión y datos de monitoreo (arts. 16 y 17).

2.5.7. Resolución 2267 de 2018

Esta resolución modificó ciertos artículos de las resoluciones 909 de 2008 y 760 de 2010, actualizando aspectos relacionados con las emisiones atmosféricas y el control de la contaminación.

2.5.8. Resolución 839 de 2023

Esta resolución creó el Subsistema de Información sobre Uso de Recursos Naturales

Renovables (SIUR), regulando la información sobre emisiones atmosféricas (art. 3.º). Incluyó el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) como base de datos pública para emisiones y transferencias de contaminantes peligrosos. Este registro cubre datos sobre emisiones al aire, agua, suelo y residuos (art. 18) e información sobre la identificación y ubicación de establecimientos, así como la cantidad de sus emisiones y transferencias (art. 19).

2.6. Políticas públicas

2.6.1. CONPES 3550 de 2008

Este documento CONPES estableció “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”. Proporciona directrices para abordar de manera integral los problemas ambientales relacionados con la salud.

2.6.2. CONPES 3943 de 2018

Este documento CONPES definió la Política para el Mejoramiento de la Calidad del Aire, orientada a mejorar las condiciones del aire mediante estrategias y acciones específicas para reducir la contaminación atmosférica.

2.6.3. Política de Prevención y Control de la Contaminación del Aire (MADS 2010)

Documento del MADS que establece estrategias para prevenir y controlar la contaminación del aire, abordando las fuentes de emisión y proponiendo medidas para mejorar la calidad del aire.

2.6.4. Guía para la elaboración de inventarios de emisiones atmosféricas (MADS 2017)

Proporciona directrices metodológicas para la elaboración de inventarios de emisiones atmosféricas, facilitando la recopilación y gestión de datos sobre contaminantes atmosféricos.

2.6.5. Estrategia Nacional de Calidad del Aire (MADS 2019)

Documento que define la estrategia nacional para mejorar la calidad del aire, incluyendo objetivos, acciones y medidas específicas para reducir la contaminación atmosférica, y proteger la salud pública y el medio ambiente.

2.6.6. Plan Nacional de Emisiones No Intencionales de Mercurio (MADS 2023)

Detalla las estrategias y acciones implementadas para reducir y mitigar las emisiones no intencionales de Hg, cumpliendo con los compromisos del Convenio de Minamata. Algo destacable de este plan es que se realizaron estudios en los departamentos de Norte de Santander, Boyacá y Córdoba sobre la presencia de Hg en el carbón térmico. Allí se encontraron mediciones de Hg en el carbón de hasta 900 µg/kg de Hg (Boyacá) y 721 µg/kg Hg (Norte de Santander), pero con valores promedio por debajo del promedio mundial de 170 µg/kg de Hg. Además, se reconoce que con la quema de carbón como combustible este se evapora por las altas temperaturas y parte del Hg presente en el carbón sale por la chimenea en forma de gas a la atmósfera.

3.

Comparación normativa con otras jurisdicciones en materia de termoeléctricas a carbón

Esta sección presenta un recuento de las normas emitidas en 14 jurisdicciones distintas a Colombia, incluyendo la Unión Europea (UE) y los lineamientos del Banco Mundial (BM). Las jurisdicciones fueron seleccionadas por su relevancia, similitud con las características socioeconómicas de Colombia (algunas corresponden a países del Sur Global) y ambición, en relación con los límites permisibles de emisiones de fuentes fijas, en especial las vinculadas a las termoeléctricas a carbón.

Este recuento, correspondiente a un ejercicio de derecho comparado sobre emisiones atmosféricas, tiene como objetivo identificar y señalar los parámetros específicos establecidos y vigentes en cada jurisdicción de referencia. La finalidad es contrastar estos parámetros con los vigentes en Colombia (tabla 1) e identificar oportunidades para una posible modificación regulatoria con mayor ambición, resaltando que la norma de emisiones colombiana se expidió hace más de 15 años.

Tabla 1. Límites de emisión para termoeléctricas a carbón en Colombia

Contaminante	Termoeléctricas con capacidad inferior a 20 MW		Termoeléctricas con capacidad igual o superior a 20 MW	
	Actividades industriales existentes	Actividades industriales nuevas	Actividades industriales existentes	Actividades industriales nuevas
MP	100	50	100	50
SO ₂	2800	2000	2800	2000
NO _x	760	600	760	600

Fuente: Resolución 909 de 2008⁽¹⁹⁾.

Es importante destacar que en el transcurso del análisis también se revisó la regulación de Estados Unidos sobre la materia; no obstante, dado que las unidades (mg/kWh) empleadas para establecer sus estándares de emisión son diferentes y, por lo tanto, no comparables con los estándares colombianos ni con los de las otras jurisdicciones seleccionadas, dichos parámetros no se incluyeron en el presente documento.

En las siguientes subsecciones, los valores o parámetros que resultan inferiores a los establecidos en la Resolución 909 de 2008 para plantas nuevas en Colombia se marcan en **color verde**, con el fin de facilitar su identificación. Esto permite ofrecer una comparación clara y directa entre los estándares foráneos y la normativa nacional.

3.1. Argentina

En Argentina se regulan las emisiones de los mismos contaminantes que en Colombia, además de incluir algunos adicionales (tabla 2). Para el SO₂, el límite permitido es de 1700 mg/Nm³, es decir, 300 mg/Nm³ menos que

lo establecido por la normativa colombiana. Esto evidencia una diferencia significativa en los estándares de emisiones entre ambos países, resaltando el enfoque más restrictivo que Argentina aplica a este contaminante.

Tabla 2. Límites de emisión para termoeléctricas a carbón en Argentina

Contaminante	Termoeléctricas Turbovapor: carbón mineral o cualquier otro combustible fósil
MP	120 mg/Nm ³
SO ₂	1700 mg/Nm ³
NO _x	900 mg/Nm ³

Fuente: Resolución 108 de 2001⁽²⁰⁾.

¹⁹ Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (5 de junio de 2008). Resolución 909 de 2008, "por la cual se establecen las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas y se dictan otras disposiciones". <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/08/resolucion-909-de-2008.pdf>

²⁰ Secretaría de Energía y Minería de Argentina. (2001). Resolución 108 de 2001. <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resolucion-108-2001-66005/texto>

3.2 Brasil

En el caso de Brasil, los límites para MP son significativamente más altos que los de Colombia, salvo para las generadoras de más de 1000 MW (tabla 3). Respecto al SO₂, los límites brasileños están por debajo de la normativa colombiana para generadoras de más de 70 MW, con un rango decreciente: 1300 mg/Nm³ para generadoras de 70 a 500 MW, 950 mg/Nm³ para generadoras de 500

a 1000 MW y 400 mg/Nm³ para generadoras de más de 1000 MW. Para el NO_x, el límite para generadoras de 500 a 1000 MW es igual al colombiano (600 mg/Nm³), pero para las de más de 1000 MW el límite es más bajo, con un valor de 400 mg/Nm³. Cabe resaltar que, a diferencia de la norma colombiana, la de Brasil se limita las emisiones de CO.

Tabla 3. Límites de emisión para termoeléctricas a carbón en Brasil

Contaminante	Capacidad de las termoeléctricas (MW)				
	Hasta 10	10-70	70-500	500-1000	Mayores de 1000
MP	300 mg/Nm ³	200 mg/Nm ³	80 mg/Nm ³	65 mg/Nm ³	50 mg/Nm ³
SO ₂	2700 mg/Nm ³	2200 mg/Nm ³	1300 mg/Nm ³	950 mg/Nm ³	400 mg/Nm ³
NO _x	1600 mg/Nm ³	800 mg/Nm ³	750 mg/Nm ³	600 mg/Nm ³	400 mg/Nm ³
Hg	No lo considera	No lo considera	No lo considera	No lo considera	No lo considera
CO	500 mg/Nm ³	500 mg/Nm ³	500 mg/Nm ³	250 mg/Nm ³	250 mg/Nm ³

Fuente: Directriz técnica n.º 01/2018⁽²⁾.

3.3 Chile

En el caso de Chile, la normativa incluye el Hg como contaminante criterio, estableciendo un límite de 0,1 mg/Nm³, tanto para fuentes nuevas como para fuentes existentes (tabla 4). En general, los límites chilenos son más restrictivos que los contenidos en la normativa colombiana, salvo en el caso del MP de fuentes existentes, donde el límite es el mismo que en Colombia (50 mg/Nm³). Para

el SO₂, la diferencia es notable; un ejemplo es que, para nuevas generadoras, el límite chileno equivale al 10 % del colombiano. Para los NO_x, la diferencia es también significativa: para plantas existentes, el límite chileno es 100 mg/Nm³, menor a la norma colombiana; para nuevas plantas, es una tercera parte (600 mg/Nm³ vs. 200 mg/Nm³).

² Fundación Estatal para la Protección del Medio Ambiente Henrique Luís Roessler. (2018). Directriz técnica n.º 01/2018. http://ww3.fepam.rs.gov.br/CENTRAL/DIRETRIZES/Diretriz_Tec_N_001_2018_DIRTEC_Lim_de_Emis_de_Poluentes_Atmosf.PDF

Tabla 4. Límites de emisión para termoeléctricas a carbón en Chile

Contaminante	Fuentes emisoras existentes	Fuentes emisoras nuevas
MP	50 mg/Nm ³	30 mg/Nm ³
SO ₂	400 mg/Nm ³	200 mg/Nm ³
NO _x	500 mg/Nm ³	200 mg/Nm ³
Hg	0,1 mg/Nm ³	0,1 mg/Nm ³

Fuente: Decreto 13 de 2011⁽²²⁾.

3.4. China

En China se distinguen dos grupos de límites para las emisiones: uno general, aplicable a plantas nuevas y existentes, y otro especial, que se aplica en áreas específicas determinadas por el Departamento Administrativo de Protección Ambiental del Consejo de Estado Chino (tabla 5). Los límites especiales son más rigurosos que los generales; así, los valores establecidos en China son inferiores a los estándares colombianos. Por ejemplo, para el SO₂, la reducción puede llegar hasta el 90 % en algunas plantas generadoras nuevas o existentes (200 mg/m³ de SO₂) y hasta el 97,5 % en áreas con límites especiales (50 mg/m³ de SO₂). En cuanto a los NO_x, los límites propuestos por China son significativamente

menores, llegando a ser hasta una tercera parte o menos de los establecidos en Colombia (200 mg/m³ o 100 mg/m³ de NO_x). Además, la normativa china considera el Hg y la opacidad del humo, aspectos que no están contemplados en la normativa vigente en Colombia.

Las áreas con límites especiales en China tienen similitud a las áreas-fuente en Colombia. En ambos casos, la autoridad ambiental define las áreas, pero la diferencia radica en que en Colombia la autoridad tiene la discreción de ajustar los límites temporales en cada área-fuente para reducir la contaminación.

²² Ministerio del Medio Ambiente de Chile. (2011). Decreto 13 de 2011. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1026808>

Tabla 5. Límites de emisión para termoeléctricas a carbón en China

Contaminante	Límites generales ²³		Límites especiales ²⁴
	Existentes	Nuevas	Existentes y nuevas
MP	30 mg/m ³	30 mg/m ³	20 mg/m ³
SO ₂	200 mg/m ³ / 400 mg/m ³ (1)	100 mg/m ³ / 200 mg/m ³ (1)	50 mg/Nm ³
NO _x	100 mg/m ³ / 200 mg/m ³ (2)	100 mg/m ³ / 200 mg/m ³ (2)	100 mg/Nm ³
Hg	0,03 mg/m ³	0,03 mg/m ³	0,03 mg/m ³
Opacidad del humo (escala de Ringelmann)	1	1	1

Nota. (1) Las ubicadas en la Región Autónoma Zhuang de Jiangxi, la ciudad de Chongqing, la provincia de Sichuan y la provincia de Guizhou. (2) Calderas de generación de energía térmica mediante hornos de llama tipo W, calderas de generación de energía térmica de lecho fluidizado circulante existentes y aquellas terminadas y puestas en operación antes del 31 de diciembre de 2003

Fuente: GB (13223-2011)²⁵.

3.5. Ecuador

Ecuador solo presenta un límite más restrictivo que Colombia, correspondiente al valor de 600 mg/Nm³ de emisiones de SO₂ para calderas nuevas (tabla 6). Este valor representa un tercio del límite establecido en Colombia para este contaminante. En el caso de la ciudad de Quito, la normativa

municipal (Resolución 002 SA de 2014^[26]) incluye un límite adicional para las emisiones de CO de las termoeléctricas. Este límite es de 1500 mg/Nm³ para termoeléctricas con una capacidad inferior a 750 kW y de 550 mg/Nm³ para aquellas con una capacidad superior a 750 kW.

Tabla 6. Límites de emisión para termoeléctricas a carbón en Ecuador

Contaminante	Límites máximos permisibles de concentración de emisión de contaminantes al aire para fuentes fijas de combustión abierta (sólidos sin contenido de azufre)		Límites máximos permisibles de concentración de emisión de con taminantes al aire para calderas (mg/Nm ³)		
	Existentes	Nuevas	Existentes previas a 2003	Existentes desde 2003 a noviembre de 2015	Nuevas después de 2015
MP	200 mg/Nm ³	100 mg/Nm ³	430 mg/Nm ³	180 mg/Nm ³	142 mg/Nm ³
SO ₂	-	-	2001 mg/Nm ³	2004 mg/Nm ³	600 mg/Nm ³
NO _x	800 mg/Nm ³	650 mg/Nm ³	1030 mg/Nm ³	1030 mg/Nm ³	614 mg/Nm ³

Fuente: Acuerdo n.º 97/A - Norma de emisiones al aire desde fuentes fijas²⁷.

²³ Aplican para todo el territorio de China, con ciertas excepciones correspondientes a: las ubicadas en la Región Autónoma Zhuang de Guangxi, la ciudad de Chongqing, la provincia de Sichuan y la provincia de Guizhou; calderas de generación de energía térmica mediante hornos de llama tipo W, calderas de generación de energía térmica de lecho fluidizado circulante existentes y aquellas terminadas y puestas en operación antes del 31 de diciembre de 2003.

²⁴ Los límites especiales son fijados por la autoridad ambiental competente (Departamento Administrativo de la Protección Ambiental del Consejo de Estado), referente al alcance geográfico y duración temporal de estos límites, teniendo en cuenta la contaminación de cada lugar.

²⁵ Ministerio de Protección Ambiental de China. (2011). GB (13223-2011).

https://english.mee.gov.cn/standards_reports/standards/Air_Environment/Emission_standard1/201201/W020110923324406748154.pdf

²⁶ Véase: <https://www.cip.org.ec/attachments/article/2096/RESOLUCIÓN%20No%20002-SA-2014.pdf>

²⁷ Ministerio de Ambiente de Ecuador. (2015). Acuerdo n.º 97/A. <https://aoalex.fao.org/docs/pdf/ecu155130.pdf>

3.6. Unión Europea

En la normativa de la UE, la mayoría de los límites establecidos son más restrictivos que los de Colombia (tabla 7). En particular, el límite para SO₂ es casi la mitad del permitido por la normativa colombiana, lo cual sugiere que el límite colombiano podría estar significativamente más alto que

el considerado prudente por otros países para proteger la salud humana y el medio ambiente. Además, para el MP, la UE establece varios límites inferiores a los 50 mg/Nm³, clasificados por la antigüedad y capacidad instalada de las termoeléctricas.

Tabla 7. Límites de emisión para termoeléctricas a carbón en la UE

Contaminante	Potencia térmica nominal total de >50 MW Combustible: hulla y lignito, y demás combustibles sólidos ²⁸					
	Instalaciones de combustión con permiso concedido antes del 7 de enero de 2013			Instalaciones de combustión con permiso concedido después del 7 de enero de 2013		
	50-100 MW	100-300 MW	>300 MW	50-100 MW	100-300 MW	>300 MW
MP	30 mg/Nm ³	25 mg/Nm ³	20 mg/Nm ³	20 mg/Nm ³	20 mg/Nm ³	10 mg/Nm ³
SO ₂	400 mg/Nm ³	250 mg/Nm ³	200 mg/Nm ³	400 mg/Nm ³	200 mg/Nm ³	150 mg/Nm ³ / 200 mg/Nm ³ (combustión en lecho fluido circulante o a presión)
NO _x	300 mg/Nm ³ / 450 mg/Nm ³ (caso de lignito pulverizado)	200 mg/Nm ³	200 mg/Nm ³	300 mg/Nm ³ / 400 mg/Nm ³ (caso de lignito pulverizado)	200 mg/Nm ³	150 mg/Nm ³ / 200 mg/Nm ³ (caso de lignito pulverizado)

Contaminante	Potencia térmica nominal total de <50 MW Combustible: hulla y lignito, y demás combustibles sólidos ²⁹					
	1-5 MW Existentes	5-20 MW Existentes	20-50 MW Existentes	1-5 MW Nuevas	5-20 MW Nuevas	20-50 MW Nuevas
MP	50 mg/Nm ³	50 mg/Nm ³	30 mg/Nm ³	50 mg/Nm ³	30 mg/Nm ³	20 mg/Nm ³
SO ₂	1100 mg/Nm ³	1100 mg/Nm ³	400 mg/Nm ³	400 mg/Nm ³	400 mg/Nm ³	400 mg/Nm ³
NO _x	650 mg/Nm ³	650 mg/Nm ³	650 mg/Nm ³	500 mg/Nm ³	300 mg/Nm ³	300 mg/Nm ³

Fuente: Directiva 2015/2193 (plantas con capacidad menor a 50 MW)³⁰ y Directiva 2010/75/UE (plantas con capacidad mayor a 50 MW)³¹.

²⁸ No se toman en consideración la biomasa y la turba.

²⁹ No se toman en consideración la biomasa y la turba.

³⁰ Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. (2015). Directiva 2015/2193. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2015/2193/oj?locale=es>

³¹ Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. (2010). Directiva 2010/75/UE. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/ALL/?uri=CELEX%3A32010L0075>

3.7. India

En la India, la normativa sobre emisiones incluye límites para Hg con un valor de 0,03 mg/Nm³ (tabla 8). Además, los límites para el SO₂ son significativamente más bajos que los colombianos, por lo que todos los valores están por debajo del 50 %, incluso con diferencias en órdenes de magnitud (100 mg/Nm³ en India frente a 2000 mg/Nm³

en Colombia). En cuanto a los NO_x, el límite máximo de emisión es igual al colombiano para las generadoras térmicas a carbón existentes antes del 31 de diciembre de 2003; sin embargo, para las generadoras construidas después de 2017, el límite en India es de 100 mg/Nm³, mientras que en Colombia es de 600 mg/Nm³.

Tabla 8. Límites de emisión para termoeléctricas a carbón en la India

Contaminante	Plantas termoeléctricas instaladas antes del 31 de diciembre de 2003		Plantas termoeléctricas instaladas entre el 1.º de enero de 2004 y el 31 de diciembre de 2016		Plantas termoeléctricas instaladas después del 1.º de enero de 2017	
	Menos de 500 MW	Más de 500 MW	Menos de 500 MW	Más de 500 MW	Menos de 500 MW	Más de 500 MW
MP	100 mg/Nm ³	100 mg/Nm ³	50 mg/Nm ³	50 mg/Nm ³	30 mg/Nm ³	30 mg/Nm ³
SO ₂	600 mg/Nm ³	200 mg/Nm ³	600 mg/Nm ³	200 mg/Nm ³	100 mg/Nm ³	100 mg/Nm ³
NO _x	600 mg/Nm ³	600 mg/Nm ³	450 mg/Nm ³	450 mg/Nm ³	100 mg/Nm ³	100 mg/Nm ³
Hg	No lo considera	0,03 mg/Nm ³	0,03 mg/Nm ³	0,03 mg/Nm ³	0,03 mg/Nm ³	0,03 mg/Nm ³

Fuente: *The Environment (Protection) Rules*³².

3.8. Indonesia

En Indonesia la normativa sobre emisiones establece un límite para Hg de 0,03 mg/Nm³, que coincide con los parámetros de otros países que regulan este contaminante. Salvo

por el caso del MP, Indonesia cuenta con estándares más restrictivos que Colombia para los contaminantes criterio normados (tabla 9).

Tabla 9. Límites de emisión para termoeléctricas a carbón en Indonesia

Contaminante	Existentes antes del 23 de abril de 2019	Nuevas posteriores al 23 de abril de 2019
MP	100 mg/Nm ³	50 mg/Nm ³
SO ₂	550 mg/Nm ³	200 mg/Nm ³
NO _x	550 mg/Nm ³	200 mg/Nm ³
Hg	0,03 mg/Nm ³	0,03 mg/Nm ³

Fuente: P.15/MENLHK/SETJEN/KUM.1/4/2019⁽³³⁾.

³² Departamento de Ambiente, Bosques y Vida Silvestre de la India. (1986). *The Environment (Protection) Rules*. https://upload.indiacode.nic.in/showfile?actid=AC_MP_74_308_00003_00003_1543231806694&type=rule&filename=ep_rules_1986.pdf
³³ Ministro de Medio Ambiente y Silvicultura de Indonesia. (2019). P.15/MENLHK/SETJEN/KUM.1/4/2019. <https://ppki.menlhk.go.id/website/filebox/767/190930180734PERMENLHK%20NOMOR%2015%20TAHUN%202019.pdf>

3.9. Malasia

La normativa de Malasia presenta estándares que resultan relevantes para la actualización de la regulación colombiana, ya que incluye la medición de contaminantes no contemplados en Colombia ni en otros países, como cloruro de hidrógeno (HCl), fluoruro de hidrógeno (HF), dibenzodioxinas policloradas (PCDD) y dibenzofuranos policlorados (PCDF) (tabla 10). Además, Malasia regula Hg y CO con límites de 0,03 mg/Nm³ y 200 mg/Nm³, respectivamente. Salvo en el caso del MP, los límites establecidos en su normativa (por ejemplo, para el SO₂ y el NO_x) son inferiores a

los establecidos por la normativa colombiana.

En cuanto a la frecuencia de medición, la normativa de Malasia distingue entre mediciones periódicas y continuas. Las continuas se realizan en un promedio de media hora por cada hora de funcionamiento, mientras que las periódicas se efectúan una vez al año. La norma no especifica las razones técnicas que soportan la decisión de seleccionar la frecuencia continua para algunos contaminantes y la periódica para otros.

Tabla 10. Límites de emisión para termoeléctricas a carbón en Malasia

Contaminante	Límite
MP	50 mg/Nm ³ (mayores de 10 MW) *
SO ₂	500 mg/Nm ³ (mayores de 10 MW) *
NO _x	500 mg/Nm ³ (mayores de 10 MW) *
Hg	0,03 mg/Nm ³ (mayores de 10 MW) +
CO	200 mg/Nm ³ (mayores de 10 MW) *
HCl	200 mg/Nm ³ (10 -100 MW) y 100 mg/Nm ³ (igual o más de 100 MW) +
HF	30 mg/Nm ³ (10 -100 MW) y 15 mg/Nm ³ (igual o más de 100 MW) +
PCDD y PCDF	0,1 ng TEQ/m ³ +

Nota. *: Mediciones continuas³⁴; +: mediciones periódicas³⁵.
Fuente: Environmental Quality (Clean Air) Regulations 2014⁽³⁶⁾.

³⁴ El tiempo promedio de monitoreo continuo es de 30 minutos. Para que se cumplan los valores límite, la evaluación de los resultados durante un año calendario debe demostrar que no se superan los estándares de emisión en ningún promedio diario. Además, ningún promedio de media hora debe exceder el doble de los estándares de emisión. La evaluación diaria se realiza por cada hora de operación.

³⁵ Se deben hacer una vez por año por parte del propietario del lugar, por parte de persona competente y con el aval de un laboratorio certificado.

³⁶ Ministerio de Recursos Naturales y Ambiente de Malasia. (2014). Environmental Quality (Clean Air) Regulations 2014. <https://faolex.fao.org/docs/pdf/mal176891.pdf>

3.10. Myanmar (Birmania)

En general, la normativa de Myanmar en materia de límites de emisión es más estricta que la colombiana (tabla 11), salvo por el MP, cuyo límite coincide con el establecido en Colombia. En el caso del SO₂, el límite superior en Myanmar es de 900 mg/Nm³, lo que representa una reducción de más del 50% en comparación con el límite colombiano (2000 mg/Nm³).

Cabe resaltar que Myanmar cuenta con un importante régimen de límites de emisiones para plantas procesadoras de carbón, en el que se analizan las emisiones de los siguientes contaminantes: SO_x, sulfuro de hidrógeno (H₂S), NO_x, PM, CO, CO₂, TVOC (compuestos orgánicos volátiles), O₃ y Pb.

Tabla 11. Límites de emisión para termoeléctricas a carbón en Myanmar

Contaminante	Capacidad (MW)	
	Entre 50 y 600	Más de 600
MP	50 mg/Nm ³	50 mg/Nm ³
SO ₂	900 mg/Nm ³	200 mg/Nm ³
NO _x	510 mg/Nm ³	510 mg/Nm ³

Fuente: National Environmental Quality (Emission) Guidelines³⁷.

3.11. Perú

En Perú la normativa sobre límites de emisiones, vigente desde 2021 (tabla 12), es más estricta para las termoeléctricas con una capacidad superior a 20 MW. Para Hg, se establece un límite de 0,03 mg/Nm³, en línea con los estándares de otros países que

regulan este contaminante. Es importante señalar que el límite para el SO₂ en Perú es considerablemente más estricto que en Colombia: 200 mg/Nm³, que representa solo el 10 % del límite colombiano (2000 mg/Nm³).

Tabla 12. Límites de emisión para termoeléctricas a carbón en Perú

Contaminante	Termoeléctricas con capacidad de 0,5 a 20 MW	Termoeléctricas con capacidad superior a 20 MW
MP	50 mg/Nm ³	30 mg/Nm ³
SO ₂	400 mg/Nm ³	200 mg/Nm ³
NO _x	650 mg/Nm ³	200 mg/Nm ³
Hg	0,03 mg/Nm ³	0,03 mg/Nm ³

Fuente: Decreto Supremo n.º 030-2021⁽³⁸⁾.

³⁷ Ministerio de Recursos Naturales y Conservación Ambiental de Myanmar. (2015). National Environmental Quality (Emission) Guidelines. https://www.myanmar-responsiblebusiness.org/pdf/2015-12-29-National-Environmental-Quality_Emission_Guidelines_en.pdf

³⁸ Ministerio de Ambiente de Perú. (2021). Decreto Supremo n.º 030-2021. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2358616/DS.%20030-2021-MINAM%20con%20anexos.pdf.pdf?v=1635958250>

Cabe destacar que Perú es el **único país analizado que plantea la medición del vanadio y el níquel**. Aunque la normativa peruana no establece un límite específico de emisión para estos metales, sí justifica su inclusión en el monitoreo. Antes de la emisión del Decreto Supremo vigente, en Perú existía un decreto de 2011, cuyo anteproyecto incluía límites de emisiones de níquel (1,0 mg/m³) y vanadio (5,0 mg/m³) en relación con carbón y/o petcoke. Sin embargo, estos límites se eliminaron en el Decreto Supremo de 2021, pero se permite que la autoridad competente determine la frecuencia de monitoreo de estos contaminantes, basándose en lo que se establezca en el Instrumento de Gestión Ambiental (art. 3.º de las disposiciones complementarias).

La importancia del vanadio se debe a que sus emisiones superan las emisiones naturales, principalmente provenientes de actividades industriales como refinerías de petróleo y plantas de energía. El vanadio puede permanecer en el aire por períodos prolongados, aumentando el riesgo de exposición para la población, en especial

cerca de plantas que utilizan *fuel oil*. La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) clasifica el vanadio como posiblemente cancerígeno para los humanos. De manera similar, el níquel, liberado durante la combustión en termoeléctricas y otras fuentes, presenta riesgos significativos, incluido su potencial cancerígeno I. Además, el níquel tiene la capacidad de causar reacciones alérgicas en una parte considerable de la población, lo que subraya la necesidad de su monitoreo.

En cuanto a los valores establecidos para el SO₂, NO_x, Hg y MP, la exposición de motivos de la norma peruana revela que se analizaron los estándares de varios países y se seleccionaron valores que se sitúan en la mitad o por debajo de la media, con excepción del NO_x. Para el SO₂, el rango de valores en combustibles sólidos es de 93 a 839 mg/Nm³. Se seleccionaron límites entre 400 mg/Nm³ y 200 mg/Nm³. Para el NO_x, el rango en combustibles sólidos es de 93 a 606 mg/Nm³, con valores seleccionados entre 650 mg/Nm³ y 200 mg/Nm³.

3.12. Sudáfrica

Sudáfrica cuenta con una norma de emisiones que fue expedida hace 20 años (tabla 13). Su falta de actualización hace evidente que los estándares establecidos en ella se encuentran muy por encima de los reportados en otros países. A pesar de lo anterior, el límite que esta

norma establece para las emisiones de SO₂ provenientes de termoeléctricas nuevas que utilizan combustibles fósiles sólidos para generar electricidad es 25 % menor que el establecido por la normatividad colombiana.

Tabla 13. Límites de emisión para termoeléctricas a carbón en Sudáfrica

Contaminante	Nuevas	Existentes
MP	50 mg/Nm ³	100 mg/Nm ³
SO ₂	500 mg/Nm ³	3500 mg/Nm ³
NO _x	750 mg/Nm ³	1100 mg/Nm ³

Fuente: National Environmental Management: Air Quality Act (39/2004)³⁹.

³⁹ Ministerio de Agua y Medio Ambiente de Sudáfrica. (2004). National Environmental Management: Air Quality Act (39/2004). <https://faolex.fao.org/docs/pdf/saf128820.pdf>

3.13. Turquía

Turquía tiene una norma de emisiones expedida hace diez años (tabla 14), la cual, a diferencia de la norma colombiana, considera la medición de CO. Además, la norma establece límites más restrictivos que los de Colombia, en especial para nuevas termoeléctricas. En particular, el límite para el

SO₂ en Turquía corresponde a menos de la mitad del límite colombiano, mientras que el límite para los NO_x representa un tercio del límite colombiano (200 mg/Nm³ en Turquía frente a 600 mg/Nm³ en Colombia para generadoras de más de 100 MW).

Tabla 14. Límites de emisión para termoeléctricas a carbón en Turquía

Contaminante	Nuevas		Existentes		
	50-100 MW	Mayores de 100 MW	50-100 MW	100-500 MW	Mayor de 500 MW
MP	50 mg/Nm ³	30 mg/Nm ³	100 mg/Nm ³	100 mg/Nm ³	50 mg/Nm ³
SO ₂	850 mg/Nm ³	200 mg/Nm ³	2000 mg/Nm ³	2000 mg/Nm ³ - 400 mg/Nm ³ (disminución lineal)	400 mg/Nm ³
NO _x	400 mg/Nm ³	200 mg/Nm ³	600 mg/Nm ³	600 mg/Nm ³	200 mg/Nm ³
CO	150 mg/Nm ³	200 mg/Nm ³	200 mg/Nm ³	200 mg/Nm ³	200 mg/Nm ³

Fuente: RG-20/12/2014-29211⁽⁴⁰⁾.

3.14. Banco Mundial

La tabla 15 resume los límites establecidos en la guía publicada por el BM en 2008, la cual pretende servir como una "referencia técnica que contiene ejemplos generales y específicos de la práctica internacional recomendada para la industria en cuestión" (p. 1)⁴¹. Esta guía establece los límites de emisión en función del estado de la cuenca atmosférica en la que se encuentra la fuente de emisión. Si la cuenca está degradada, los límites se vuelven más restrictivos; sin embargo, la propuesta

del BM para cuencas degradadas resulta más rigurosa que la normativa colombiana en todos los componentes analizados. Así, por ejemplo, para el SO₂ el límite inferior propuesto por el BM para termoeléctricas con una potencia igual o superior de 600 MW corresponde al 10 % del límite establecido en Colombia, si la fuente de emisión está en una cuenca atmosférica degradada (200 mg/Nm³, según la guía del BM, frente a 2000 mg/Nm³ en Colombia).

³⁷ Ministerio de Medio Ambiente y Urbanismo. (2014). RG-20/12/2014-29211. <https://haliccevre.com/wp-content/uploads/2017/10/sangyikaynakli-ek.pdf>

⁴¹ Banco Mundial. (2008). Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para las plantas de energía térmica. <https://www.ifc.org/content/dam/ifc/doc/2000/2008-thermal-power-ehs-guidelines-es.pdf>

Tabla 15. Límites de emisión para termoeléctricas sugeridos por el BM

Contaminante	Para cuencas atmosféricas no degradadas ⁴²		Para cuencas atmosféricas degradadas (mala calidad del aire) ⁴³	
	Plantas con potencia entre 50 y 600 MW	Plantas con potencia igual o superior a 600 MW	Plantas con potencia entre 50 y 600 MW	Plantas con potencia igual o superior a 600 MW
MP	50 mg/Nm ³	50 mg/Nm ³	30 mg/Nm ³	30 mg/Nm ³
SO ₂	900 – 1500 mg/Nm ³	200 – 850 mg/Nm ³	400 mg/Nm ³	200 mg/Nm ³
NO _x	500 – 1100 mg/Nm ³	500 – 1100 mg/Nm ³	200 mg/Nm ³	200 mg/Nm ³

Fuente: Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para las plantas de energía térmica⁴⁴.

La propuesta del BM resulta interesante, ya que sugiere aplicar límites más restrictivos en áreas (cuencas atmosféricas) con mala calidad del aire como una medida para mejorarla a lo largo del tiempo. Este enfoque

de elaboración de la norma de emisiones es similar al establecido en China, donde se fijan límites especiales para áreas determinadas por las autoridades competentes.

⁴² Según el documento del BM, se consideran no degradadas cuando están por debajo de los límites de calidad del aire de cada país o, a falta de estos, de las guías de calidad del aire de la OMS.

⁴³ Las cuencas atmosféricas deben considerarse degradadas cuando se superan los niveles de calidad del aire establecidos en la legislación nacional o, en ausencia de dichas leyes, cuando exceden considerablemente las guías de calidad del aire de la OMS.

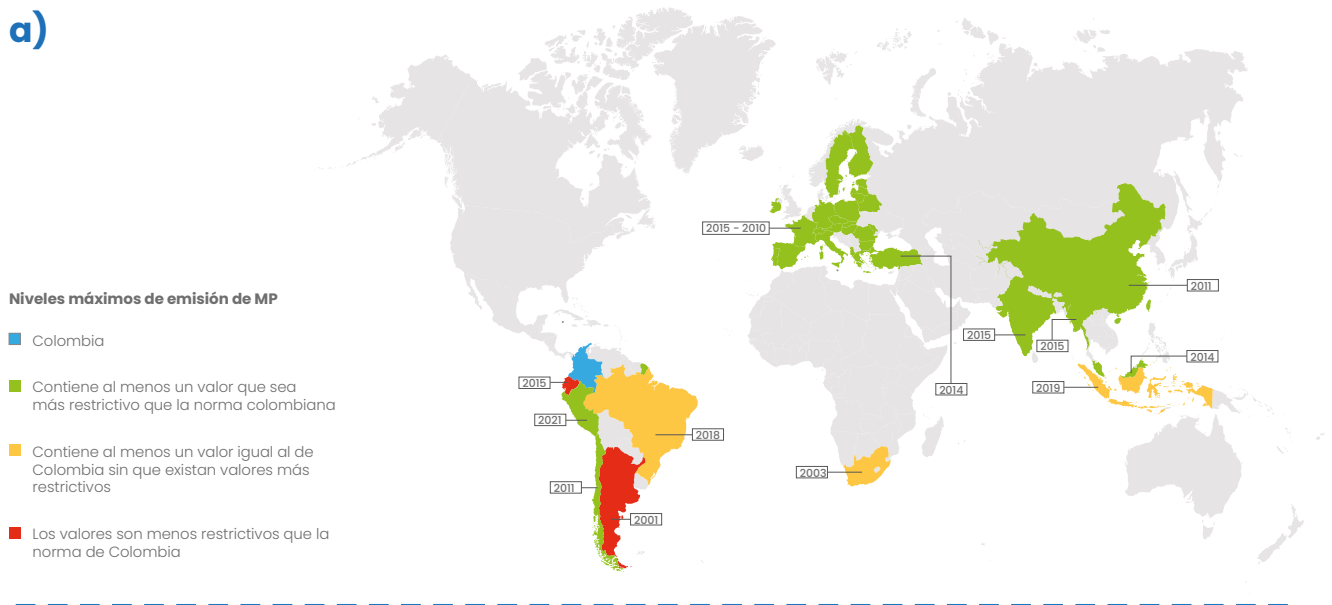
⁴⁴ Banco Mundial. (2008). *Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para las plantas de energía térmica*. <https://www.ifc.org/content/dam/ifc/doc/2000/2008-thermal-power-ehs-guidelines-es.pdf>



3.15. Conclusiones generales de la comparación normativa con otras jurisdicciones en materia de emisiones de termoeléctricas a carbón

A continuación, la figura 1 sintetiza los principales hallazgos del análisis contenido en las secciones de la 3.1 a la 3.14 del presente documento.

a)



b)

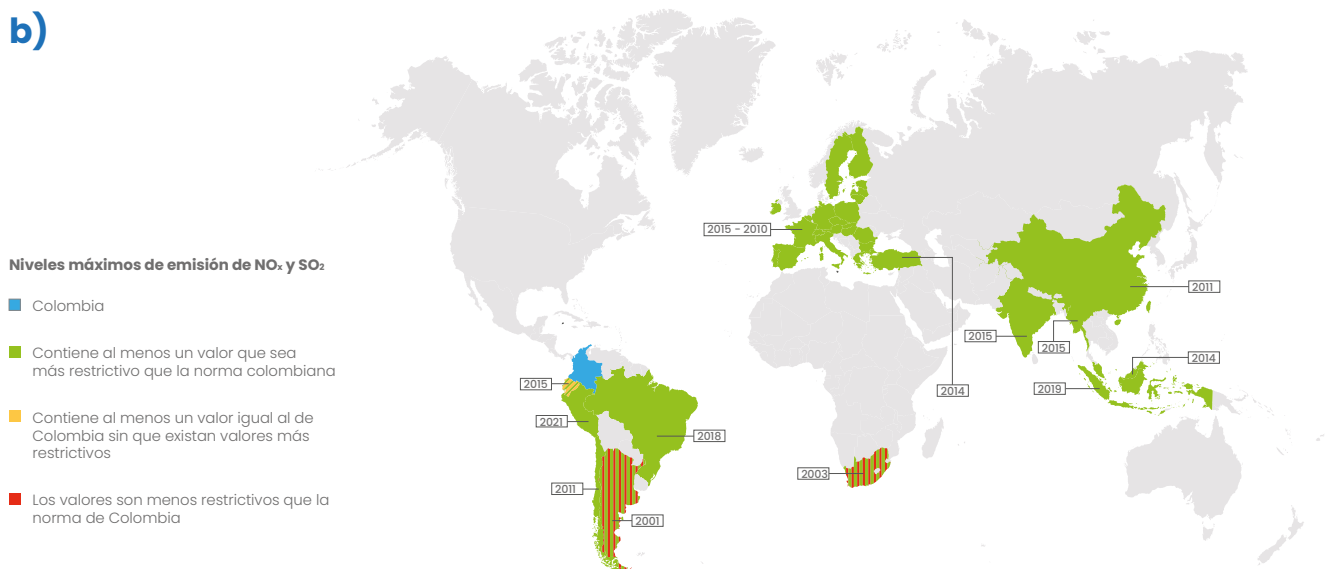


Figura 1. Comparativa entre normas de jurisdicciones distintas a la colombiana y la Resolución 909 de 2008 en relación con las emisiones de a) MP y b) NO_x y SO₂ provenientes de la operación de termoeléctricas a carbón

Nota. Los países que presentan rayas verticales de un color diferente al verde indican las diferencias respecto a la norma colombiana de NO_x. En cuanto al SO₂, todos los países evaluados tienen límites de emisión más restrictivos que Colombia, bajo la Resolución 909 de 2008. Los números que se muestran para cada país corresponden al año de aprobación que define el límite de emisiones en esa jurisdicción.

Fuente: elaboración propia.

De la comparación normativa con otras jurisdicciones en materia de emisiones de termoeléctricas a carbón se pueden extraer las siguientes conclusiones al considerar el valor más restrictivo de la norma colombiana:

- **Límites de MP.** De los países analizados, casi el 60 % tiene al menos un valor más restrictivo que el estipulado en la norma colombiana. La UE y China presentan los límites más bajos para MP, con valores de 10 mg/m³ y 20 mg/m³, respectivamente.
- **Límites de SO₂.** El límite en Colombia (2000 mg/m³) es notablemente alto en comparación con la mayoría de los países analizados. Argentina, por ejemplo, tiene un límite de 1700 mg/m³, que es un 15 % menor que el colombiano. China e India también tienen límites más bajos para el SO₂, con valores de 50 mg/m³ y 100 mg/m³, respectivamente.
- **Límites de NO_x.** Del total de países analizados, el 78 % presentan al menos un valor inferior para este contaminante en comparación con la norma colombiana. China e India tienen los límites más bajos para NO_x, con valores de hasta 100 mg/m³.
- **Límites de CO.** La normativa de la ciudad de Quito incluye una regulación municipal con un valor de 1500 mg/m³, mientras que en los otros países analizados el límite alcanza los 150 mg/m³.
- **Límites de Hg.** Desde la suscripción del Convenio de Minamata, aprobado por medio de la Ley 1892 de 2018, para Colombia cobra mayor relevancia y urgencia establecer límites a las emisiones de este contaminante. Sin embargo, no se encuentra actualmente contenido

en la Resolución 909 de 2008, por lo que sería recomendable una modificación para incluirlo. La mayoría de los países analizados que establecen un límite para este contaminante han adoptado el límite de 0,03 mg/m³.

• **Otros contaminantes.** Las normas vigentes en Malasia y la UE establecen límites a las emisiones de otros contaminantes ácidos, como HCl y HF, así como contaminantes tóxicos, por ejemplo, dioxinas y furanos, que no están contemplados para las termoeléctricas en Colombia.

• **Estándares basados en la calidad del aire.** China y el BM⁴⁵ proponen estándares de zonificación según el estado de la calidad del aire. En Colombia, esto podría relacionarse con las áreas-fuente.

• **Normativa menos estricta en Colombia.** Los límites de emisiones vigentes en Colombia son, en general, menos rigurosos que los de la mayoría de los países analizados. Esto sugiere que la normativa colombiana podría beneficiarse de una revisión y actualización para adoptar estándares más estrictos, lo que contribuiría a mejorar la calidad del aire, las condiciones ambientales y la salud pública en el país.

⁴⁵ Banco Mundial. (2008). *Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para las plantas de energía térmica*. <https://www.ifc.org/content/dam/ifc/doc/2000/2008-thermal-power-ehs-guideli nes-es.pdf>

4.

Comparación normativa con otras jurisdicciones en materia de fabricación de coque

Esta sección presenta un recuento de las normas emitidas en varias jurisdicciones distintas a Colombia, seleccionadas por su relevancia y ambición, en relación con los límites permisibles de emisiones de fuentes fijas para la fabricación de coque. Este recuento corresponde a un ejercicio de derecho comparado sobre emisiones atmosféricas, el cual tiene como objetivo identificar y señalar los parámetros específicos establecidos y vigentes en cada jurisdicción de referencia. La finalidad es contrastar estos parámetros con los vigentes en Colombia e identificar oportunidades para una posible modificación regulatoria con mayor ambición.

Al igual que en el ejercicio anterior, relacionado con las emisiones provenientes de termoeléctricas, los valores o parámetros que resultan inferiores a los establecidos en la Resolución 909 de 2008 para plantas nuevas en Colombia se marcan en color verde para facilitar su identificación. De esta manera, se busca ofrecer una comparación clara y directa entre los estándares foráneos y la normativa nacional. La tabla 16 señala los límites vigentes en Colombia para las emisiones de fuentes fijas puntuales industriales que aplican para la fabricación de coque.

Tabla 16. Límites de emisión para la fabricación de coque en Colombia

Contaminante	Baterías de hornos de coque (existentes)	Baterías de hornos de coque (nuevas)
MP*	250 mg/Nm ³ (i) / 150 mg/Nm ³ (ii)	150 mg/Nm ³ (i) / 50 mg/Nm ³ (ii)
SO ₂	550 mg/Nm ³	500 mg/Nm ³
HCT	50 mg/Nm ³	50 mg/Nm ³
Dioxinas y furanos	0,5 ng-TEQ/m ³ (iii)	0,5 ng-TEQ/m ³ (iii)

*Nota. (i): flujo de contaminante (kg/h) menor o igual a 0,5; (ii): flujo de contaminante (kg/h) mayor a 0,5; (iii): aplica para procesos en los que no se cuenta con sistema de lavado de gases (sean nuevas o existentes). *Entendiéndose como partículas totales suspendidas, que corresponden a partículas con diámetro igual o menor a 100 µm. Fuente: Resolución 909 de 2008⁽⁴⁶⁾.*

⁴⁶ Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (5 de junio de 2008). Resolución 909 de 2008, "por la cual se establecen las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas y se dictan otras disposiciones". <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/08/resolucion-909-de-2008.pdf>

4.1. Brasil

En Brasil el límite de emisiones de MP para fábricas de coque con sistema de control de emisiones (SCE) es menor al límite vigente en Colombia (tabla 17). Cuando las plantas no cuentan con SCE, el límite de las emisiones de MP es igual al de Colombia. Por otra parte,

la normativa de Brasil, a diferencia de la colombiana, fija un límite para las emisiones de NO_x. Se resalta que Colombia sí contempla los hidrocarburos totales y las dioxinas y furanos, a diferencia de Brasil.

Tabla 17. Límites de emisión para la fabricación de coque en Brasil

Contaminante	Con sistema de control de emisiones de partículas*	Cámara de combustión de un horno de coque**
MP	40 mg/Nm ³	50 mg/Nm ³
SO ₂	No lo considera	800 mg/Nm ³
NO _x	No lo considera	700 mg/Nm ³

Nota. *: periodicidad anual; **: periodicidad trimestral durante tres años y luego anual.

Fuente: Directriz técnica n.º 01-2018⁽⁴⁷⁾.

4.2. India

La normativa en India establece un límite para las emisiones de MP igual al más bajo existente en Colombia (50 mg/m³) (tabla 18). Sin embargo, en el caso de los NO_x, India

propone una medición que no se contempla en la normativa colombiana, con uno de los valores más bajos, compartido con Malasia: 500 mg/m³.

Tabla 18. Límites de emisión para la fabricación de coque en India

Contaminante	Hornos*
MP	50 mg/Nm ³
SO ₂	800 mg/Nm ³
NO _x	500 mg/Nm ³

Nota. *: aplica para plantas en campos verdes, plantas reconstruidas y plantas existentes.

Fuente: The Environment (Protection) Rules⁴⁸.

⁴⁷ Fundación Estatal para la Protección del Medio Ambiente Henrique Luis Roessler. (2018). Directriz técnica n.º 01-2018. http://ww3.fepam.rs.gov.br/CENTRAL/DIRETRIZES/Diretriz_Tec_N_001_2018_DIRTEC_Lim_de_Emis_de_Poluentes_Atmosf.PDF

⁴⁸ Departamento de Ambiente, Bosques y Vida Silvestre de la India. (1986). *The Environment (Protection) Rules*. https://upload.indiacode.nic.in/showfile?actid=AC_MP_74_308_00003_00003_1543231806694&type=rule&filename=ep_rules_1986.pdf

4.3. Malasia

La normativa de Malasia establece un límite realmente bajo en comparación con los demás países analizados, ya que representa solo la quinta parte del valor más restrictivo para MP establecido frente a la fabricación de coque en Colombia (tabla 19). En el caso de los NO_x, Malasia comparte con India un valor más restrictivo que el de los demás países,

recordando que Colombia no establece un límite de emisión para este contaminante. Además, Malasia cuenta con sistemas específicos de medición según el contaminante: para el MP, las mediciones deben ser continuas, mientras que para el resto de los contaminantes las mediciones son periódicas.

Tabla 19. Límites de emisión para la fabricación de coque en Malasia

Contaminante	Plantas
MP	10 * mg/Nm ³
SO ₂	800 + mg/Nm ³
NO _x	500 + mg/Nm ³

Nota. *: mediciones continuas⁴⁹; +: mediciones periódicas⁵⁰.

Fuente: Environmental Quality (Clean Air) Regulations 2014⁽⁵¹⁾.

4.4. Sudáfrica

La normativa sudafricana (tabla 20) divide los valores, al igual que Colombia, dependiendo de la antigüedad de los hornos. En este caso, los valores para MP son iguales entre ambos países. Además, Sudáfrica regula el NO_x, a diferencia de Colombia, donde no se

establece un límite para este contaminante en este sector. Es importante destacar que Sudáfrica, junto con la propuesta del BM, es el único país que fija un límite de emisión para el H₂S, contaminante asociado a olores ofensivos.

Tabla 20. Límites de emisión para la fabricación de coque en Sudáfrica

Contaminante	Plantas existentes	Plantas nuevas
MP	100 mg/Nm ³	50 mg/Nm ³
NO _x	2000 mg/Nm ³	700 mg/Nm ³
H ₂ S	10 mg/Nm ³	7 mg/Nm ³

Fuente: National Environmental Management: Air Quality Act (39/2004)⁵².

⁴⁹ El tiempo promedio de monitoreo continuo es de 30 minutos. Para que se cumplan los valores límite, la evaluación de los resultados durante un año calendario debe demostrar que no se superan los estándares de emisión en ningún promedio diario. Además, ningún promedio de media hora debe exceder el doble de los estándares de emisión. La evaluación diaria se realiza por cada hora de operación.

⁵⁰ Se deben hacer una vez por año por parte del propietario del lugar, por parte de persona competente y con el aval de un laboratorio certificado.

⁵¹ Ministerio de Recursos Naturales y Ambiente de Malasia. (2014). Environmental Quality (Clean Air) Regulations 2014. <https://taolex.fao.org/docs/pdf/mal176891.pdf>

⁵² Ministerio de Agua y Medio Ambiente de Sudáfrica. (2004). National Environmental Management: Air Quality Act (39/2004). <https://taolex.fao.org/docs/pdf/saf128820.pdf>

4.5. Banco Mundial

La tabla 21 presenta los límites de emisión sugeridos por el BM. En relación con las acerías integradas, entre las que se encuentra la fabricación del coque, el BM propone que se establezcan límites de emisión para los siguientes contaminantes: niebla de aceite, compuestos orgánicos volátiles, CO, cromo, cadmio, Pb, níquel, HCl, fluoruro, HF, amoníaco, benzo(a)pireno y humo de alquitrán.

Además, esta propuesta del BM, al igual que la normativa de Sudáfrica, fija un límite a las

emisiones de H₂S, pero la propuesta del BM (5 mg/Nm³) es menor que la de Sudáfrica (10 y 7 mg/Nm³). Por otro lado, en relación con el MP, la propuesta del BM se refiere a un rango que es menor al de Colombia. La propuesta también establece un límite a las emisiones de NO_x, contaminante que la norma colombiana no contempla. Finalmente, la propuesta fija un valor para dioxinas y furanos que resulta cinco veces menor al límite vigente en Colombia.

Tabla 21. Límites de emisión para la fabricación de coque sugeridos por el BM

Contaminante	Plantas
MP	20 mg/Nm ³ - 50 mg/Nm ³ (i)
SO ₂	500 mg/Nm ³
NO _x	750 mg/Nm ³
Dioxinas y furanos	0,1 ng TEQ/m ³
H ₂ S	5 mg/Nm ³

Nota. (i): valor inferior en presencia de metales tóxicos.

Fuente: Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad Acerías Integradas (2008)⁵³.

⁵³ Banco Mundial. (2008). *Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para las plantas de energía térmica.* <https://www.ifc.org/content/dam/ifc/doc/2000/2007-integrated-steel-mills-ehs-guidelines-es.pdf>



4.6. Conclusiones generales para el sector de la fabricación de coque

Partiendo de la información presentada en la sección anterior, se pueden extraer las siguientes conclusiones al analizar el valor más restrictivo de la norma colombiana:

- **Límites de MP.** La regulación colombiana establece valores más altos (laxos) en comparación con las demás jurisdicciones analizadas. Al comparar el límite más restrictivo que la Resolución 909 de 2008 establece para la fabricación de coque, que corresponde a 150 mg/m^3 , se observa que Sudáfrica (con el estándar más laxo) y Malasia (el país más restrictivo en cuanto al límite de MP) tienen estándares inferiores a la norma colombiana, en un 33,3 % y 93 %, respectivamente.
- **Límites de NO_x .** En la actualidad, este contaminante no está contemplado en la regulación colombiana; sin embargo, todas las jurisdicciones analizadas han establecido límites a sus emisiones. Sudáfrica, por ejemplo, que tiene el límite más laxo, establece un valor de 2000 mg/m^3 para plantas existentes, mientras que países como India y Malasia han adoptado valores más estrictos, de 500 mg/m^3 .
- **Límites de SO_2 .** Los límites contenidos en la norma colombiana para este contaminante son más restrictivos que los de las jurisdicciones analizadas.
- **Límites de HCT.** De los países analizados, ninguno presenta estándares para este contaminante en la fabricación de coque.
- **Límites de dioxinas y furanos.** Estos contaminantes son monitoreados, en general, en plantas de fabricación que no cuentan con un sistema de lavado de gases, independientemente de su antigüedad. Colombia y la propuesta del BM son los únicos en reconocerlos, aunque la propuesta del BM es cinco veces más restrictiva que la norma colombiana.
- **Límites de Hg.** Ninguno de los países analizados incluye un límite para las emisiones de Hg. Sin embargo, dada la obligación internacional adquirida por Colombia con la ratificación del Convenio de Minamata, se debe considerar el establecer un límite para este contaminante.
- **Otros contaminantes.** Malasia ha adoptado límites a las emisiones de H_2S , asociadas a olores ofensivos. Además, el BM propone estándares para otros contaminantes, como niebla de aceite, compuestos orgánicos volátiles, CO, cromo, cadmio, Pb, níquel, HCl, HF, amoníaco, benzo(a)pireno y humo de alquitrán.

5. Análisis de emisiones de fuentes fijas del sector carbón en Colombia

Se llevó a cabo un análisis de las emisiones generadas por las termoeléctricas a carbón y las fábricas de coque, con el objetivo de identificar el estado de cumplimiento de la norma vigente, lo que a su vez puede facilitar la elaboración de una propuesta para la actualización de la norma.

5.1. Termoeléctricas a carbón

5.1.1. Metodología

Las concentraciones de emisiones generadas por las 14 unidades de termoeléctricas a carbón en Colombia se analizaron en principio con dos ejercicios. El primero correspondió a una modelación a partir de factores de emisión, ya que al momento del análisis no se contaba aún con la información reportada por

las termoeléctricas ante la autoridad ambiental, y el segundo análisis incluyó las emisiones reportadas luego por la autoridad ambiental.

Para el primer análisis se estimaron las emisiones en g/día a partir de la ecuación 1, utilizando los factores de emisión

reportados en las guías de la UE⁵⁴, misma fuente de información empleada para los inventarios de emisiones de contaminantes criterio en el ámbito nacional, y los consumos de carbón para cada unidad de las termoeléctricas reportados por XM SA ESP⁵⁵ para 2022, el cual es el último año con información disponible que presenta el mayor consumo de carbón para la generación de energía eléctrica en el país:

$$E=CC*FE \quad \text{ecuación 1}$$

Donde,

E: emisión (g/día).
 CC: consumo de carbón (GJ/día).
 FE: factor de emisión (g/GJ).

Estimadas las emisiones, se prosiguió al cálculo del nivel de emisión o concentración de emisión (mg/m³), que corresponde a la métrica con la que se debe comparar contra la norma. Este ejercicio requirió hacer varias suposiciones, dado que no se contaba con información específica de flujo o dimensiones de chimeneas para cada una de las fuentes. A continuación, se listan los supuestos incluidos en la estimación de las emisiones:

- Flujo volumétrico constante, correspondiente un valor de 98.95 m³/s⁵⁶.
- Funcionamiento de las plantas durante todo el día.
- Factor de corrección (FC) obtenido a partir de la comparación con mediciones reales de algunas termoeléctricas de las cuales en el momento se contaba con información.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, se aplicó la ecuación 2 para estimar un valor promedio de niveles de emisión:

$$NE=E*Conv *FC*FV \quad \text{ecuación 2}$$

Donde,

NE: nivel de emisión (mg/m³).
 FC: factor de corrección de 2.2 para MP, 0.6 para SO₂ y 1.18 para NO_x.
 FV: flujo volumétrico (m³/s).
 Conv: factor de conversión entre g/día y mg/s con valor de 0.0116.

Este ejercicio fue una aproximación a las emisiones reales y estas podrían diferir dependiendo de los sistemas de control de emisiones u otros parámetros que influyan de forma individual en cada unidad; sin embargo, representó un ejercicio preliminar que permitió dar un acercamiento a las magnitudes de los valores reales medidos por las termoeléctricas, los cuales fueron proporcionados por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) como respuesta al derecho de petición con radicado 20242200808621.

5.1.2. Resultados

La figura 2 presenta los resultados obtenidos de la aplicación del primer análisis. Se observa que el promedio de las emisiones de MP para todas las unidades del país se encuentra por debajo de los límites de la norma, tanto las unidades nuevas como las antiguas, por lo que a simple vista se puede pensar en que valores más estrictos pueden ser alcanzables. Por su parte, para SO₂ y NO_x, en algunas unidades nuevas, tanto los valores promedio como los valores máximos exceden los estándares de estos contaminantes. La mayoría de las unidades son antiguas, por lo que les aplican los límites de emisión más laxos; en promedio, están lejos de ser sobrepasados para la mayoría de los contaminantes.

⁵⁴ El factor de emisión utilizado corresponde al indicado en la UE: European Environmental Agency. (2023). *Guidebook 2023. Category 1.A.1. Energy industries*. <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2023/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-1-energy-industries-2023/view>

⁵⁵ XM. (2024). *Oferta y Generación - Históricos*. <https://sinergox.xm.com.co/oferta/Paginas/Historicos/Historicos.aspx>

⁵⁶ Corresponde al promedio de flujos reportados por las termoeléctricas.



Figura 2. Concentraciones de emisiones modeladas para termoeléctricas a carbón en 2022: a) MP, b) SO₂ y c) NO_x. Nota. El intervalo, representado por las barras negras, indica la desviación estándar de los datos modelados. Fuente: elaboración propia.

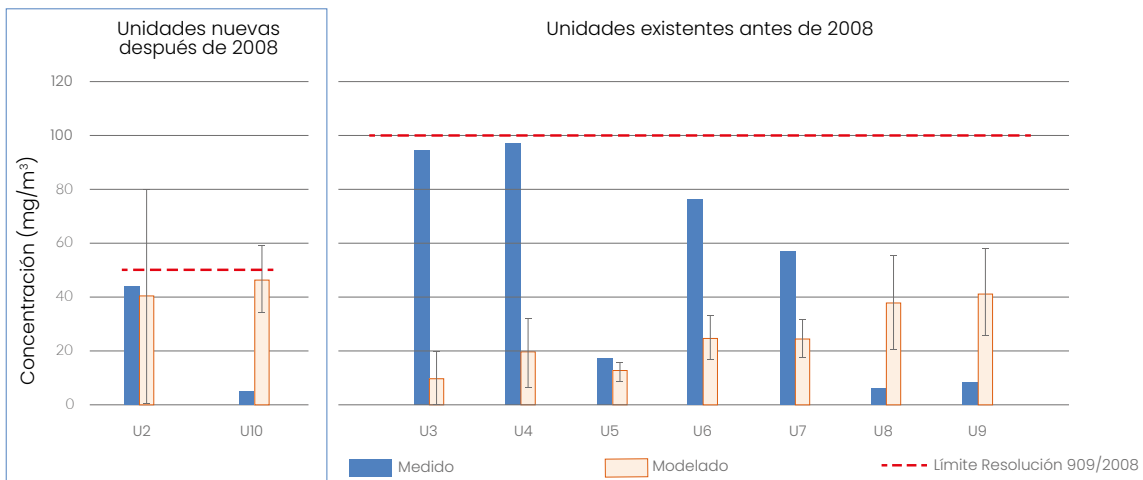
Lo anterior se corrobora al analizar los promedios de las mediciones reales de isocinéticos reportadas por las empresas ante la ANLA. Estas se presentan en la figura 3 en comparación con las estimaciones modeladas. Por disponibilidad de información, esta figura presenta el análisis de nueve de las 14 unidades de las termoeléctricas en el país para MP y SO₂ y para seis de las unidades en el caso de NO_x.

En general, para el contaminante MP, las modelaciones se encuentran subestimadas con respecto a las reales en varias de las unidades tanto nuevas como antiguas. Aquí se destaca que dos de las unidades antiguas (U3 y U4) están muy cerca del límite de emisiones que se les aplica (100 µg/m³), al igual que la U2 para el caso de las nuevas (50 µg/m³). Este es

un punto para destacar, puesto que el seguimiento de este tipo de fuentes debe ser riguroso si se plantea una actualización de los límites más restrictivos.

En el caso los valores para los gases SO₂ y NO_x para la mayoría de las unidades los valores reales se encuentran dentro de los rangos de incertidumbre de los valores modelados. Se corroboró que todos los valores de unidades antiguas están muy por debajo de los límites de emisión de la norma que les aplica (2800 µg/m³ para SO₂ y 760 µg/m³ para NO_x). Por su parte, en el caso de las unidades nuevas, para ambos contaminantes la unidad U10 presenta un valor de niveles de emisión cercano al límite aplicable (2000 µg/m³ para SO₂ y 600 µg/m³ para NO_x).

a)



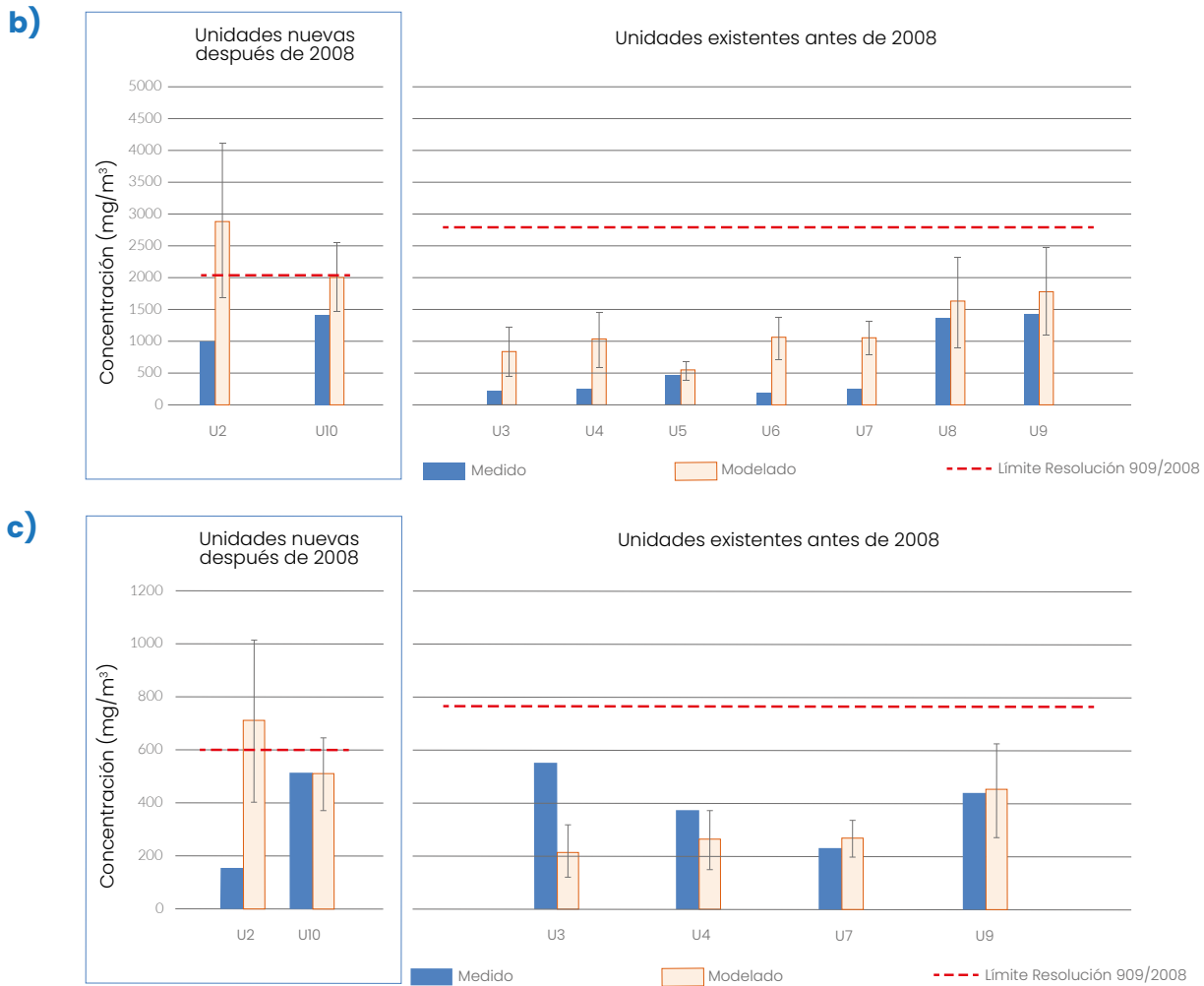


Figura 3. Comparación de concentraciones de emisiones modeladas y mediciones reportadas para las unidades a termoeléctricas a carbón en 2022: a) MP, b) SO₂ y c) NO_x.
 Nota. El intervalo, representado por las barras negras, indica la desviación estándar de los datos modelados.
 Fuente: elaboración propia.

En conclusión, estos análisis de emisiones respaldan la necesidad de una revisión detallada de los límites actuales, considerando que todas las unidades se encuentran por debajo de los límites de emisiones para el caso de los gases contaminantes. Además,

tres de las unidades están cerca del límite para partículas (correspondiente a la misma termoeléctrica), lo cual requiere de una revisión cuidadosa de sus sistemas de control de emisiones.

5.2. Industria de la fabricación de coque

5.2.1 Metodología

Para el caso de la industria de la fabricación de coque, se realizó el análisis de la información de concentraciones de emisiones reportadas en el Registro Único Ambiental (RUA)⁵⁷ para este sector, el cual es una actividad que hace parte de la cadena productiva del carbón en el país. Esta información fue proporcionada por el Ministerio de Ambiente y el IDEAM

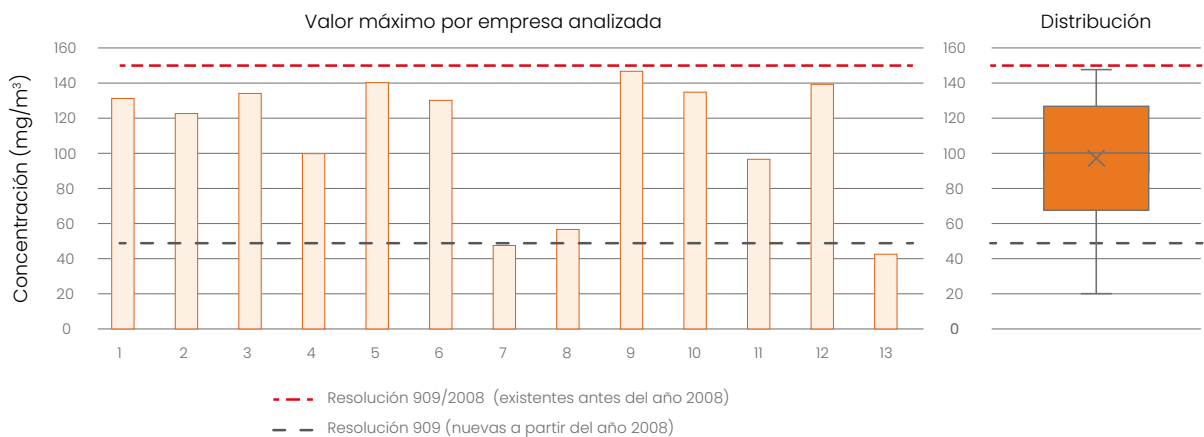
como respuesta al radicado 2024E1036677. Esta información reportó los niveles de emisiones para 13 establecimientos con código CIU 1910- Fabricación de productos de hornos de coque, correspondiente al 72% de los establecimientos existentes en Colombia en 2023 (según la encuesta de industria manufacturera de 2023 del DANE⁵⁸ son 18 establecimientos).

5.2.2 Resultados

A diferencia del caso de las termoeléctricas, para el sector de fabricación de coque el carbón es utilizado como materia prima y no combustible. El análisis acá realizado corresponde a las emisiones generadas principalmente por el uso de los hornos de coquización. Los resultados se presentan en la figura 4, donde se reporta el valor máximo de concentración de emisiones para las 13 empresas analizadas, así como la distribución total de la concentración,

incluyendo todas las mediciones. Además, se muestran los límites estándar de emisión según la norma colombiana. En este caso, no se realizó la distinción hecha por la norma entre empresas creadas antes o después de 2018, ya que la información proporcionada no contenía el año de creación de la empresa. Sin embargo, en las figuras se presentan ambos valores para no descartar su análisis.

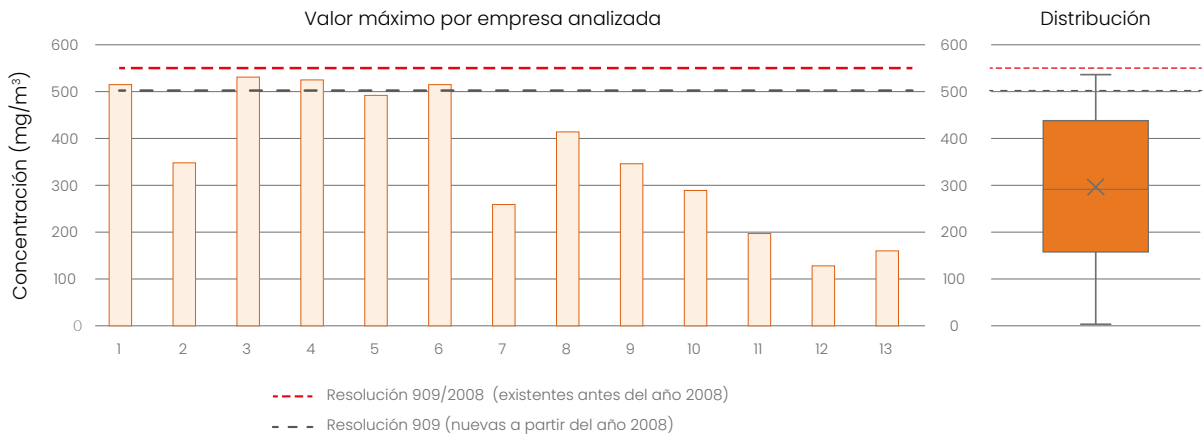
a)



⁵⁷ Información obtenida a partir de la solicitud con número de radicado del IDEAM 20249910082954.

⁵⁸ DANE. (2022). Encuesta Anual Manufacturera. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/industria/encuesta-anual-manufacturera-enam>

b)



c)

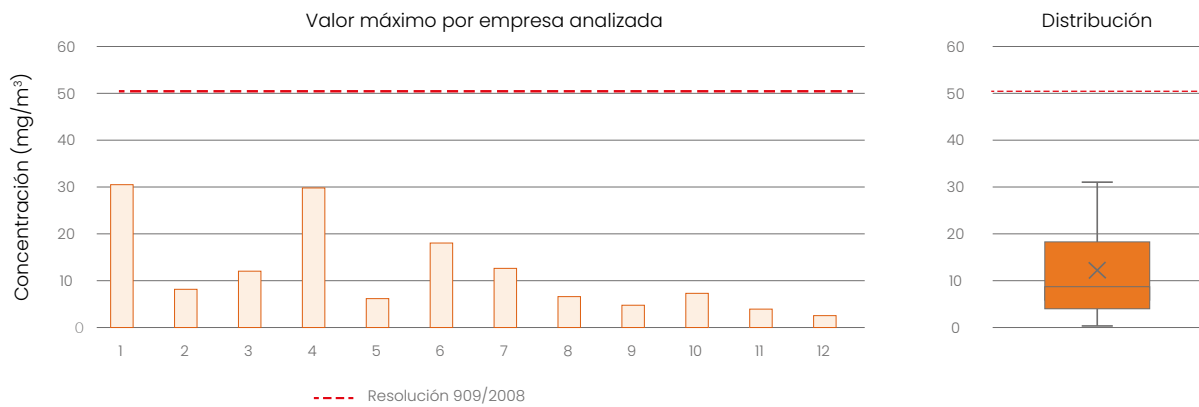


Figura 4. Concentración de emisiones máximas reportadas por planta (izquierda) y distribución de emisiones de todas las mediciones reportadas (derecha) para los contaminantes: a) MP, b) SO₂ y c) HCT
Fuente: elaboración propia.

En resumen, se observa que para MP, tanto los valores máximos de emisiones como la distribución de todas las mediciones reportadas, se encuentran por debajo del estándar de emisión para empresas creadas antes de 2008 (150 mg/m³) y muy por encima de las emisiones para empresas creadas después de 2008 (50 mg/m³). Lo contrario ocurre para los gases contaminantes SO₂ y HCT, dado que la mayoría de los valores máximos por empresas y la distribución de emisiones están por debajo de los estándares

establecidos para estos contaminantes, sin importar la antigüedad del establecimiento (550-500 mg/m³ para SO₂ y 50 mg/m³ para HCT).

Este ejercicio permitió establecer un panorama general del cumplimiento de la norma aplicable a dicho sector. Reflejó que los valores actuales de los límites de la norma colombiana para este sector son permisibles para los gases SO₂ y HCT, y para MP en el caso de las empresas creadas antes de 2008.

6.

Justificaciones jurisprudenciales

Existen múltiples pronunciamientos de tribunales y cortes judiciales en Colombia que respaldan y justifican la modificación y actualización de las normas sobre emisiones, así como el establecimiento de límites más rigurosos. Estos pronunciamientos, plasmados en sentencias ejecutoriadas, ofrecen fundamentos sólidos para fortalecer las normas de emisión en el país, incluyendo la Resolución 909 de 2008. A efectos de este documento, algunos de los pronunciamientos relevantes se presentan en la tabla 22.

Tabla 22. Pronunciamentos de tribunales y cortes judiciales

#	Sentencia	Tipo de acción	Autoridad judicial	Hechos relevantes	Argumentos de la autoridad – <i>Ratio decidendi</i>	Decisión	Aspectos clave de la decisión para impulsar modificaciones y endurecer normas sobre emisiones y límites
1	Sentencia del 12 de noviembre de 2020, Rad. 05001-23-33-000-2018-00501-02	Acción popular – Sentencia	Consejo de Estado	Los demandantes argumentaron que se estaban violando derechos colectivos debido a las altas concentraciones de MP de 10 y 2,5 micrómetros en el municipio de Girardota. Atribuyeron esta contaminación a las industrias locales, dado que el municipio no tenía un alto flujo vehicular. A pesar de las alertas rojas por alta contaminación, alegaron que las autoridades no habían tomado medidas para prevenir la apertura de nuevas industrias.	El Consejo de Estado realizó una juiciosa compilación normativa sobre temas de emisiones y cambio climático en el país. Debido a las diversas omisiones de las autoridades en relación con sus deberes sobre la calidad del aire y el control de las emisiones en el municipio de Girardota, se consideró procedente ordenar medidas para remediar las afectaciones a los derechos colectivos vulnerados en dicho municipio.	Se ampararon los derechos colectivos al ambiente sano y a la salud pública. Se ordenó analizar la viabilidad de aplicar el rigor subsidiario y de crear una norma más estricta sobre la calidad del aire municipal. Además, se ordenaron varias medidas para remediar las falencias de los diversos actores estatales y se dispuso la actualización de los usos del suelo para garantizar una adecuada distancia entre las industrias y otros usos.	Al detectar diversas falencias en la gestión de la calidad del aire, se ordenó aplicar el rigor subsidiario para considerar la posibilidad de implementar una normativa más estricta sobre la calidad del aire en las jurisdicciones, ya sea de forma provisional o permanente . Se subrayó que las autoridades deben adoptar medidas eficaces en todo momento. En el corto plazo, se requiere que estas medidas produzcan mejoras concretas en la calidad del aire, más allá de solo tomar muestras y divulgar la información.
2	Sentencia del 13 de febrero de 2019, Rad. 11001-03-24-000-2015-00464-00	Nulidad por inconstitucionalidad – Auto de súplica	Consejo de Estado	Se demandó la nulidad de la Resolución 909 de 2008 en cuanto a los artículos que establecían diferenciaciones entre los límites de emisión aplicables a plantas nuevas y existentes, argumentando que esto violaba el principio de igualdad.	El principio de progresividad permite que las medidas de policía ambiental sean más estrictas para las nuevas industrias, dado que siempre existirán tecnologías y técnicas más avanzadas para reducir el impacto ambiental.	Se revocó la suspensión provisional de los efectos de la Resolución 909 de 2008 en lo relativo a los límites para nuevas industrias.	Se reafirmó que las autoridades tienen la facultad de adoptar medidas más rigurosas con el pasar del tiempo y las mejoras tecnológicas. Se destacó que el principio de progresividad ambiental exige que las medidas sean cada vez más estrictas. Además, se mencionó que la Resolución 909 de 2008 contempla convenios de reconversión tecnológica para permitir que las industrias se adapten gradualmente a los nuevos estándares de emisión.

#	Sentencia	Tipo de acción	Autoridad judicial	Hechos relevantes	Argumentos de la autoridad – <i>Ratio decidendi</i>	Decisión	Aspectos clave de la decisión para impulsar modificaciones y endurecer normas sobre emisiones y límites
3	Sentencia T-614 de 2019	Acción de tutela	Corte Constitucional	Se instauró una acción de tutela contra la empresa Cerrejón por presuntas vulneraciones al derecho a la salud de los habitantes del Resguardo Indígena Provincial en La Guajira.	Aunque no se logró establecer una causalidad única y directa de las afectaciones en cabeza de la empresa demandada, se cumplió con los requisitos para aplicar el principio de precaución, que son: (i) existencia de un peligro de daño; (ii) representación de un perjuicio grave e irreversible; y (iii) valoración científica del riesgo. Se demostró que las acciones de la empresa tienen impactos significativos en la salud humana y en los ecosistemas cercanos a la mina, algunos de los cuales son mortales, con un robusto acervo probatorio.	Se ordenó a la empresa cumplir con el estándar habitual de calidad del aire mientras, en colaboración con el MADS y las comunidades, se define un estándar específico para el área, adaptado a sus particularidades y a la histórica afectación. Se establecieron medidas transitorias para la empresa y las autoridades públicas, incluyendo la creación de una mesa técnica, una estación de monitoreo de la calidad del aire y agua del resguardo, entre otras medidas.	La decisión subraya que el cumplimiento de los límites de emisión no garantiza la ausencia de afectaciones al ambiente sano o a la salud humana. Se enfatiza que el control ambiental y la evaluación de los impactos nocivos de una actividad contaminante no deben limitarse a la verificación matemática del cumplimiento de los valores límite. Se aclara que acreditar estos parámetros no implica necesariamente que no se hayan causado daños ambientales, rechazando la idea de que cumplir con los límites sea equivalente a un “dictamen pericial anticipado”.
4	Sentencia T-733 de 2017	Acción de tutela	Corte Constitucional	Se interpusieron dos acciones de tutela contra la empresa Cerro Matoso por la explotación de níquel en un resguardo indígena del Sinú. Las demandas alegaban que la empresa no contaba con un plan de manejo ambiental y no había realizado una consulta previa con la comunidad.	La sentencia aborda varios problemas jurídicos, siendo uno de ellos la cuestión de la consulta previa, que no es relevante para el análisis en este caso. En cuanto al licenciamiento ambiental, se observa que, aunque no se revisa la vigencia del plan ambiental aprobado desde la década de 1980, se concluye que los estándares del plan no están en consonancia con la normativa y los parámetros constitucionales	Se ordenó la toma de medidas relacionadas con la consulta previa y la actualización del plan de manejo ambiental. Además, se emitió una importante orden dirigida al MADS para que, en un plazo de seis meses, expidiera una norma sobre las emisiones máximas permitidas de níquel y hierro en el aire y agua, y ajustara las normas necesarias para alinearse con los estándares de la OMS.	La sentencia resaltó que el ordenamiento jurídico colombiano no establece valores límite claros, específicos y suficientes para los contaminantes producidos por el complejo minero de Cerro Matoso. Aclaró que el cumplimiento de los estándares de emisión no garantiza la ausencia de afectaciones al medio ambiente. Indicó que, para evaluar el impacto ambiental, es necesario considerar todos los aspectos

#	Sentencia	Tipo de acción	Autoridad judicial	Hechos relevantes	Argumentos de la autoridad – <i>Ratio decidendi</i>	Decisión	Aspectos clave de la decisión para impulsar modificaciones y endurecer normas sobre emisiones y límites
					actuales. Esto constituye una vulneración de derechos fundamentales, por lo tanto, se ordena la actualización del plan de manejo ambiental para que cumpla con la normativa vigente y los parámetros constitucionales.		probatorios y analizar el contexto social y ecológico del lugar. El fallo enfatiza que los valores de la OMS deben ser referencia para el país, ordenando al MADS ajustar los instrumentos normativos para alinearse con las pautas de la OMS.
5	Sentencia T-704 de 2016	Acción de tutela	Corte Constitucional	La comunidad de Media Luna Dos instauró una acción de tutela contra el MADS, la ANLA y la empresa Cerrejón, en relación con la expedición de la Resolución 0428 del 7 de mayo de 2014, que modificó el Plan de Manejo Ambiental Integral previamente establecido mediante la Resolución 2097 del 16 de diciembre de 2005 para el Cerrejón. La comunidad alegó que esta modificación no se sometió a consulta previa y que las actividades de la empresa estaban generando afectaciones a la salud.	La Corte determinó que existió una afectación debido a la falta de consulta previa en la aprobación del Plan de Manejo Ambiental Integral, modificado mediante la Resolución 0428 del 7 de mayo de 2014, sin que se consultara a las comunidades afectadas.	La Corte dejó sin efectos la Resolución 0428 del 7 de mayo de 2014, que había actualizado el Plan de Manejo Ambiental Integral establecido en la Resolución 2097 del 16 de diciembre de 2005. Además, ordenó a Cerrejón la implementación de un plan inmediato de mitigación de daños ambientales relacionados con la actividad carbonífera.	En este pronunciamiento, la Corte concluyó que las actividades relacionadas con el carbón en la región estaban afectando la salud de las personas. Con base en los estudios analizados, ordenó la implementación de un plan inmediato para mitigar los daños ambientales, subrayando la necesidad de que los planes de manejo ambiental se sometan a consulta previa cuando afecten a comunidades.

Fuente: elaboración propia.

6.1. Resumen de las justificaciones jurisprudenciales

Los aspectos clave extraídos de las decisiones judiciales presentadas y descritas en la tabla 22 se resumen a continuación:

- **Normas más estrictas basadas en el principio de progresividad ambiental.** Las autoridades deben implementar límites más rigurosos a las emisiones y ajustarlos de modo progresivo conforme avancen las tecnologías, garantizando que las nuevas industrias cumplan con estándares elevados para minimizar el impacto ambiental.
- **Evaluación integral.** Es fundamental evaluar de manera exhaustiva los impactos que las distintas actividades industriales y comerciales (incluidas la generación de electricidad y la fabricación de coque) tienen sobre la salud y el medio ambiente, más allá de la simple verificación del cumplimiento de los límites de emisión. Esta evaluación integral de impactos debe orientar la actualización de las normas, con el fin de asegurar una protección adecuada.
- **Alineación internacional.** La regulación colombiana en materia de emisiones de contaminantes atmosféricos debe estar alineada con estándares internacionales, adoptando las mejores prácticas globales.
- **Consulta y mitigación.** Los planes ambientales se deben construir junto con las comunidades afectadas y deben incluir medidas inmediatas de mitigación de daños, asegurando que las preocupaciones locales sean atendidas.

7.

Propuesta de nuevos estándares de emisión para termoeléctricas a carbón y fabricación de coque en la actualización de la Resolución 909 de 2008

Con base en el análisis jurídico y técnico presentado en este documento, en esta sección se propone la actualización de los estándares de emisión aplicables a (1) las termoeléctricas a carbón y (2) la fabricación de coque. A continuación, se detallan los apartados de la Resolución 909 de 2008 que se modificarían, la propuesta sugerida y los argumentos que la sustentan, tanto desde el punto de vista jurídico como técnico.

7.1. Propuesta para las termoeléctricas a carbón

Teniendo en cuenta la revisión comparativa de las normas aplicables en otras jurisdicciones, el análisis de las emisiones modeladas a partir de factores de emisión de las termoeléctricas a carbón y las mediciones

de isocinéticos reportadas a las autoridades ambientales, en la tabla 23 se presenta la propuesta detallada de actualización de la norma para este sector.

Tabla 23. Propuesta detallada de actualización de norma de emisiones para termoeléctricas a carbón

Parámetros que el MADS planea actualizar	Propuesta	Argumentos
Artículo 6.º. Tabla 3. Sección – “Preparación de carbón” donde solo se analiza el MP.	Incorporar límites para los siguientes contaminantes adicionales, además del MP: Hg, NO _x , SO ₂ y compuestos orgánicos volátiles, siguiendo el ejemplo de Myanmar (Birmania) en su normativa.	Diversas sentencias de tutela han documentado afectaciones a la salud asociadas a la exposición a partículas de carbón en el aire y estudios académicos respaldan estos hallazgos. Por ejemplo, investigaciones como las de León-Mejía <i>et al.</i> (2011) ⁵⁹ indican que la inhalación crónica de mezclas complejas, que incluyen metales pesados, cenizas, hierro, hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs) y azufre, puede llevar a trastornos pulmonares graves como neumociosis, fibrosis masiva progresiva, bronquitis, pérdida de función pulmonar, enfisema e incluso cáncer. Estos hallazgos subrayan la necesidad urgente de que el Estado regule estos contaminantes para proteger la salud pública y el medio ambiente. Al implementar límites para estos componentes peligrosos, se reducirán las afectaciones a derechos individuales y colectivos, y se evitarán costos sociales significativos a futuro.
Artículo 9.º. Tabla 6. Para termoeléctricas existentes con capacidad de más de 20 MW de combustible sólido: MP = 100 mg/m ³ , SO ₂ = 2800 mg/m ³ y NO _x = 760 mg/m ³ .	Aplicar a las plantas existentes los mismos límites establecidos para las nuevas (como lo ha señalado el MADS). Esto implica los siguientes valores: MP = 50 mg/m ³ , SO ₂ = 2000 mg/m ³ y NO _x = 600 mg/m ³ . Además, se propone la inclusión de otros contaminantes que, aunque no están contemplados en la Resolución 909 de 2008, deben ser considerados, como: <ul style="list-style-type: none"> • CO: de 500 mg/m³ a 150 mg/m³. • Hg: 0,03 mg/m³. 	Estas medidas estarían amparadas por lo expresado por el Consejo de Estado en relación con el principio de progresividad ambiental , que impone a las autoridades el deber de adoptar estándares más estrictos en materia de contaminación con el paso del tiempo. Imponer a las plantas existentes los valores establecidos para las nuevas desde 2008 no es desproporcionado, ya que las industrias han estado al tanto de estos valores desde el año de emisión de la norma. Además, es razonable que, después de 16 años, todas las plantas adopten límites de emisión más estrictos, dado que en este período se han producido avances tecnológicos que permiten una mejor evitación de los impactos ocasionados por las actividades industriales.

⁵⁹ León-Mejía, G., Espitia-Pérez, L., Hoyos-Giraldo, L. S., Da Silva, J., Hartmann, A., Henriques, J. A. P. y Quintana, M. (2011). Assessment of DNA damage in coal open-cast mining workers using the cytokinesis-blocked micronucleus test and the comet assay. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21215992/>

Parámetros que el MADS planea actualizar	Propuesta	Argumentos
	<p>Se sugiere la inclusión de un párrafo que establezca un plazo ambicioso, claro y específico para que las plantas existentes se adapten a los nuevos límites de los contaminantes no considerados en la norma de 2008 (CO y Hg).</p>	<p>Asimismo, se debe considerar la función ecológica de la propiedad, como ha descrito la Corte Constitucional (en múltiples sentencias, incluyendo la C-194 de 2023), que establece que la protección del medio ambiente es un límite legítimo al ejercicio de la propiedad y las libertades económicas relacionadas. En este contexto, aunque es legítimo que las personas inviertan y desarrollen actividades industriales, el Estado tiene la facultad de imponer restricciones para proteger el derecho al ambiente sano, la salud pública y otros derechos e intereses tanto individuales como colectivos.</p> <p>Es fundamental agregar que, como lo señalan diversas sentencias de tutela sobre la calidad del aire, el hecho de que las industrias cumplan con los estándares normativos no garantiza que no se generen posibles afectaciones a la salud o al ambiente sano. La Corte Constitucional, en la Sentencia T-733 de 2017, indicó: “Los valores límites no son concebidos en términos de ‘autorización para contaminar’; por el contrario, su fijación apunta a ‘evitar, prevenir o reducir’ los efectos perjudiciales que causan en los seres humanos y el medio ambiente determinadas sustancias”. Esto implica que, basándose en la progresividad ambiental y en la función ecológica de la propiedad, está justificada la imposición de estos valores para todas las termoeléctricas existentes.</p> <p>En cuanto al cumplimiento de los límites, según el análisis realizado en la sección 5.1. de este documento, se observa que todas las termoeléctricas a carbón se encuentran por debajo de los límites establecidos en la Resolución 909, en especial para los contaminantes gaseosos (SO₂ y NO_x). En el caso de MP, hay dos unidades existentes al año 2008, cerca del límite de emisión, que se encuentran por encima de los 35 años de antigüedad. Esto respalda la necesidad de actualizar dichos límites, estableciendo valores más acordes con las emisiones actuales de las unidades y en línea con los objetivos de mitigación de la contaminación atmosférica y climática del país. Cabe señalar que la Resolución 909 ya menciona planes de reconversión a tecnologías limpias y, durante más de 15 años de vigencia, se han implementado mecanismos</p>

Parámetros que el MADS planea actualizar	Propuesta	Argumentos
		<p>legales, como los descritos en los artículos 82 y 83, para facilitar la reconversión tecnológica y la transición progresiva hacia energías renovables. Por lo tanto, exigir un estándar más riguroso para las termoeléctricas no resulta desproporcionado en este contexto.</p> <p>En cuanto a la inclusión de Hg y CO, debe aclararse que el hecho de que estos no se hayan contemplado inicialmente en la Resolución 909 no impide que puedan regularse ahora para las industrias existentes. Con base en el principio de prevención, el Estado está legitimado para exigir un estándar mínimo de emisión de compuestos cuya afectación a la salud está científicamente comprobada. Como se ha indicado, el interés general y la función ecológica de la propiedad facultan al Estado para imponer nuevas medidas que prevengan el deterioro ambiental o de la salud pública. Respecto a los valores propuestos para el Hg y CO, estos se fundamentan en un análisis comparado que evidenció que cinco de los seis países que regulan el mercurio lo establecen en un límite de 0,03 mg/m³. En cuanto al CO, los valores normativos internacionales varían en el rango de 500 mg/m³ a 150 mg/m³.</p> <p>Se sugiere una etapa de transición durante la cual se implementarán y verificará el cumplimiento de los nuevos límites para estos contaminantes, permitiendo a las industrias un tiempo prudencial para adaptarse técnica y presupuestalmente a las nuevas exigencias, las cuales son necesarias para proteger el interés general y ambiental.</p>
<p>Artículo 10.º. Tabla 7. Para termoeléctricas nuevas con capacidad de más de 20 MW de combustible sólido:</p> <p>MP = 50 mg/m³, SO₂ = 2000 mg/m³ y NO_x = 600 mg/m³.</p>	<p>Incluir en la norma límites para los siguientes contaminantes, además de los ya existentes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • CO: de 500 mg/m³ a 150 mg/m³. • Hg: 0,03 mg/m³. • HCl: entre 200 mg/m³ y 100 mg/m³. • HF: entre 30 mg/m³ y 15 mg/m³. • PCDD y PCDF: 0,1 ng TEQ/m³. 	<p>En concordancia con lo indicado en los argumentos que soportan las propuestas anteriores, en este caso también es aplicable el principio de progresividad ambiental, que justifica medidas cada vez más rigurosas para el control de emisiones atmosféricas. La función ecológica de la propiedad faculta al Estado para establecer estándares más estrictos, en especial para las industrias que generen energía basada en combustibles fósiles como el carbón, en pro del interés general, la protección del ambiente sano y la salud pública.</p>

Parámetros que el MADS planea actualizar	Propuesta	Argumentos
	<p>Además, se propone establecer valores más estrictos para los contaminantes ya existentes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • MP: entre 50 mg/m³ y 10 mg/m³. • SO₂: entre 400 mg/m³ y 50 mg/m³. • NO_x: entre 200 mg/m³ y 100 mg/m³. <p>Todos estos rangos deberían propender a ser lo más restrictivos posibles, dada la mayor capacidad de las plantas termoeléctricas que generan más de 20 MW.</p>	<p>En línea con las propuestas anteriores, es fundamental considerar nuevos contaminantes ya regulados en otros países, como Malasia, que incluye Hg, CO, HCl, HF, PCDD y PCDF. No obstante, la inclusión de contaminantes sin antecedentes claros debe ir acompañada de un estudio sobre la disponibilidad de técnicas analíticas y laboratorios certificados en el país, así como de un análisis de los costos adicionales para las empresas. Se propone también realizar campañas de medición piloto para estos contaminantes, con el fin de establecer los valores actuales de emisión y evaluar la pertinencia de su inclusión en la norma.</p> <p>Al igual que en las termoeléctricas existentes para el año 2008, según el análisis realizado en la sección 5.1.2 de este documento, todas las termoeléctricas a carbón que cumplen con este criterio se encuentran por debajo de los límites establecidos en la Resolución 909, en especial para los contaminantes NO_x. Aunque para los demás contaminantes (MP y SO₂) una de las unidades constituidas después de 2008 se encuentra cerca del límite, estas termoeléctricas que no tienen más de diez años poseen oportunidades de mejoramiento en términos de eficiencia energética y transición progresiva a energías renovables.</p> <p>Por otra parte, los valores propuestos en la columna de la izquierda se fundamentan igualmente en estándares internacionales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Para Hg, la mayoría de los países que regulan este contaminante lo fijan en un límite de 0,03 mg/m³. • En el caso del MP, los valores propuestos se basan en los límites más restrictivos aplicados en la UE y China. • Para SO₂, los valores son los más estrictos observados en China e India. • Los límites para NO_x también se derivan de los estándares más rigurosos de China e India.

Parámetros que el MADS planea actualizar	Propuesta	Argumentos
<p>Artículo 13. Tabla 9. Para termoeléctricas existentes con capacidad de menos de 20 MW y cogeneradoras existentes de combustible sólido: MP = 100 mg/m³, SO₂ = 2800 mg/m³ y NO_x = 760 mg/m³.</p>	<p>Aplicar a las plantas existentes los mismos límites que se establecieron para las nuevas en la norma de 2008, según lo propuesto por el MADS, que son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • MP: 50 mg/m³. • SO₂: 2000 mg/m³. • NO_x: 600 mg/m³. <p>Además, se propone analizar otros contaminantes que, aunque no están contemplados en la normativa de 2008, deberían ser considerados, al menos los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • CO: de 500 mg/m³ a 150 mg/m³. • Hg: 0,03 mg/m³. <p>Se sugiere incluir un párrafo que estipule un plazo ambicioso, máximo, claro y específico para que las fuentes existentes puedan adaptarse a los nuevos contaminantes que no estaban contemplados en la norma de 2008 (CO y Hg).</p>	<p>El principio de progresividad ambiental otorga al Estado la facultad de implementar medidas más ambiciosas y estrictas para proteger la calidad del aire y garantizar un ambiente sano. Es importante aclarar que con esta propuesta no se sugiere imponer nuevos valores desconocidos por la sociedad, sino aplicar de forma generalizada a todas las plantas existentes un estándar que ya se aplicaba a las plantas nuevas desde 2008. Esto no representa una medida desproporcionada, ya que la sociedad (incluyendo las empresas propietarias de termoeléctricas) ha conocido estos estándares durante más de 15 años. Además, el avance de las tecnologías y su mayor accesibilidad facilitan que las industrias existentes se adapten a los nuevos rangos de emisión. Esta propuesta responde al interés general de proteger el ambiente y la salud humana, y no es arbitraria; la función ecológica de la propiedad impone límites en cuanto a los derechos de propiedad, en especial en lo relacionado con cuestiones ambientales. Por lo tanto, los agentes industriales (incluyendo las empresas propietarias de termoeléctricas) deberán adoptar tecnologías para mitigar los impactos de sus actividades, ajustándose a estos estándares más rigurosos y cumpliendo con las nuevas regulaciones para CO y Hg.</p>
<p>Artículo 14. Tabla 10. Para termoeléctricas nuevas con capacidad de menos de 20 MW y cogeneradoras existentes de combustible sólido: MP = 50 mg/m³, SO₂ = 2000 mg/m³ y NO_x = 600 mg/m³.</p>	<p>Se propone analizar, además de los tres contaminantes mencionados, los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • CO: de 500 mg/m³ a 150 mg/m³. • Hg: 0,03 mg/m³. • HCl: entre 200 mg/m³ y 100 mg/m³. • HF: entre 30 mg/m³ y 15 mg/m³. • PCDD y PCDF: 0,1 ng TEQ/m³. <p>Además, se propone establecer valores más estrictos para los contaminantes existentes:</p>	<p>Los mismos argumentos aplicables al artículo 10.º deben considerarse aquí. Estos incluyen, por ejemplo, la existencia del principio de progresividad ambiental, que autoriza a las autoridades a adoptar medidas más estrictas para mejorar la calidad del aire y garantizar un ambiente sano, y la función ecológica de la propiedad, que legitima al Estado para limitar la propiedad y las libertades económicas para proteger intereses superiores relacionados con el bien común.</p> <p>La inclusión de nuevos compuestos no compromete la certeza de las personas sobre las exigencias para operar una planta termoeléctrica, ya que estas disposiciones solo entrarían en</p>

Parámetros que el MADS planea actualizar	Propuesta	Argumentos
	<ul style="list-style-type: none"> • MP: rango menor de 50 mg/m³ y superior a 10 mg/m³. • SO₂: entre 400 mg/m³ y 50 mg/m³. • NO_x: entre 200 mg/m³ y 100 mg/m³. 	<p>vigor después de la publicación de la norma, tras un riguroso proceso que incluye la recepción de comentarios. Esto significa que no se estaría imponiendo de manera abrupta una regulación que pudiera afectar desproporcionadamente los derechos de las personas. En el caso de las plantas no construidas al momento de la entrada en vigor de la norma, podrían conocer dicha reglamentación antes de su operación y, con ello, realizar anticipadamente todas las gestiones técnicas necesarias para su cumplimiento, como lo afirmó el Consejo de Estado en un caso de súplica, lo cual refuerza que esta propuesta no es desproporcionada.</p> <p>Los valores propuestos para los nuevos contaminantes se basan en estándares internacionales. Por ejemplo, el límite para Hg de 0,03 mg/m³ es consistente con la mayoría de los países que lo regulan. En cuanto a los demás contaminantes, se establecen rangos basados en los valores de emisión más restrictivos adoptados por países como los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • MP: UE y China. • SO₂: China e India. • NO_x: China e India. <p>Estos valores propuestos buscan ser lo más estrictos posible, tomando en cuenta la capacidad tecnológica actual y la necesidad de mitigar los impactos ambientales de las termoeléctricas.</p>
<p>Propuesta de nuevo artículo</p>	<p>Se propone la creación de un límite o de rangos especiales de emisiones que deberán aplicarse en aquellas zonas del país donde se declaren alertas por emergencia (o similares, según aplique) debido a la mala calidad del aire. Esta medida implicaría que, en los casos en que se declare una calamidad pública (o situación similar, según aplique) por la mala calidad</p>	<p>La propuesta busca proteger de manera inmediata y efectiva la salud pública y el medio ambiente en situaciones de emergencia (o similares, según aplique) por la mala calidad del aire. En estos casos, la implementación de límites más restrictivos para los contaminantes clave, como MP, SO₂, NO_x, CO, Hg, HCl, HF y PCDD y PCDF, es crucial para mitigar los efectos nocivos inmediatos y para prevenir mayores daños o afectaciones a la salud de la población y al entorno.</p> <p>La propuesta se basa en el principio de precau-</p>

Parámetros que el MADS planea actualizar	Propuesta	Argumentos
	<p>del aire, se analicen y regulen los mismos contaminantes mencionados en los artículos anteriores, pero con un rango de emisión más restrictivo. Estos límites más estrictos se mantendrían vigentes mientras persista la declaratoria de calamidad (o similares, según aplique) y se continuarían aplicando hasta que la calidad del aire vuelva a niveles considerados normales o aceptables. Todo con la posibilidad de que la autoridad ambiental competente declare un rango más restrictivo.</p>	<p>ción, que justifica la adopción de medidas preventivas estrictas en situaciones en que la salud y el bienestar de la población están en riesgo. En este contexto, establecer límites de emisión más estrictos durante períodos de emergencia es una medida necesaria para reducir la exposición a contaminantes peligrosos y minimizar el impacto negativo sobre la salud pública y el medio ambiente.</p> <p>Además, esta medida no solo sería temporal y excepcional, sino también estaría directamente vinculada a las condiciones de calidad del aire. Es decir, solo se aplicaría en casos de emergencia declarada, lo cual asegura que la industria y otras fuentes emisoras solo tendrían que cumplir con estos límites más restrictivos en el tiempo que dure la crisis. Esto equilibra la necesidad de protección de la salud pública con la viabilidad económica y operativa de las industrias afectadas.</p> <p>En resumen, la propuesta se justifica plenamente por la necesidad de una respuesta ágil y eficaz en situaciones de crisis ambiental, donde la prioridad debe ser la protección de la vida y la salud de las personas, así como la preservación del entorno natural (medio ambiente). La implementación de estos límites especiales garantizaría que, durante las emergencias, se tomen todas las medidas posibles para reducir la contaminación y restaurar la calidad del aire a niveles seguros lo más rápido posible.</p>

Fuente: elaboración propia.

Tabla 24. Propuesta de actualización de límites de emisión para termoeléctricas a carbón

Contaminante	Norma actual Res. 909/2008 (mg/m ³)		Propuesta (mg/m ³)*	
	Existentes antes de 2008	Nuevas después de 2008	Existentes	Nuevas
MP	100	50	50	10
SO ₂	2800	2000	2000 - 500	200
NO _x	760	600	600	200
CO	NE**	NE	200	
Hg	NE	NE	0,03	
Dioxinas y furanos	NE	NE	0,1***	
HCl	NE	NE	100	
HF	NE	NE	15	

Nota. *: rango propuesto del cual puede establecerse el valor puntual del estándar. **: no establece valores. ***: ng TEQ/m³. Fuente: elaboración propia.

En la tabla 24 se presenta de forma resumida la propuesta de la tabla 23, priorizando los estándares más bajos encontrados en países con condiciones similares a Colombia en términos de extracción de carbón, como Sudáfrica e India. La propuesta incluye la incorporación de nuevos contaminantes, como Hg, dioxinas, furanos, CO, entre otros.

Asimismo, se sugiere establecer un plazo no superior a cuatro años para que las termoeléctricas a carbón existentes se adapten a los nuevos estándares propuestos, tanto para contaminantes nuevos como para los ya establecidos en la Resolución 909 de 2008. Un ejemplo claro es el estándar de emisión de SO₂, que se propone actualizar al inicio a 2000 mg/m³ (correspondiente al límite actual para unidades existentes), con una reducción progresiva hasta alcanzar 500 mg/m³ para

2028, alineándose con los estándares de otras jurisdicciones.

Este enfoque se enmarca en la transición energética justa y tiene como objetivo cumplir con los instrumentos de política pública existentes, como la Hoja de Ruta para la Transición Energética Justa y el Plan Energético Nacional, que buscan limitar de modo progresivo el uso de carbón para la generación de electricidad y promover las fuentes no convencionales de energía renovable.

Además, se propone hacer obligatoria la declaración de las emisiones de contaminantes de las termoeléctricas en el RUA, en especial para aquellas que utilizan carbón, con un reporte anual obligatorio dada la alta carga contaminante de estas fuentes.

7.2. Propuesta para el sector de fabricación de coque

En la tabla 25 se presenta la justificación extendida de la propuesta de actualización de la Resolución 909 de 2008 para el sector de fabricación de coque y en la tabla 26 se resume la propuesta. Se propone incluir estándares de emisiones específicos para este sector, basados en una revisión comparativa de normas internacionales y en el análisis de las emisiones reportadas en el RUA para 2022, priorizando los estándares más bajos encontrados en países con condiciones similares a Colombia en términos de extracción de carbón.

Se sugiere establecer un plazo claro y ambicioso para que las fuentes existentes se adapten a los nuevos contaminantes no contemplados en la Resolución 909 de 2008. Además, se recomienda implementar rangos escalonados a largo plazo para evitar que los estándares se mantengan sin cambios durante más de diez años, como ha sucedido con la normativa actual.

Asimismo, se propone la inclusión de un límite para el Hg, en cumplimiento con las obligaciones adquiridas por Colombia al ratificar el Convenio de Minamata, y la incorporación de límites para los NO_x , dado su impacto significativo, sobre todo en hornos de gran tamaño, donde se forman entre 0,1 y 0,5 kg de NO_x por cada 100 kg de coque.

Tabla 25. Propuesta detallada de actualización de norma de emisiones para fabricación de coque

Parámetros que el MADS planea actualizar	Propuesta	Argumentos
<p>Artículo 4.º. Tabla 1. Sección - Estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para actividades industriales existentes:</p> <p>MP ≤0,5: 250 mg/m³, MP >0,5: 150 mg/m³, SO₂: 550 mg/m³, hidrocarburos totales: 50 mg/m³, dioxinas y furanos: 0,5 ng TEQ/m³.</p>	<p>Se sugiere reemplazar los valores para coquerías existentes por los siguientes:</p> <p>MP ≤0,5: 150 mg/m³, MP >0,5: 50 mg/m³, SO₂: 500 mg/m³, NO_x: 500 mg/m³, dioxinas y furanos: 0,1 ng TEQ/m³.</p> <p>También se recomienda analizar la inclusión de un valor específico para la medición del Hg en la producción de coque.</p>	<p>Como se mencionó en el apartado correspondiente a las termoeléctricas, estas propuestas se fundamentan y amparan en el principio de progresividad ambiental, que obliga a las autoridades a establecer estándares de contaminación más estrictos con el tiempo. La exigencia de aplicar a las plantas existentes los valores establecidos para las nuevas desde 2008 no es desmedida, ya que las industrias han tenido conocimiento de estos parámetros desde la emisión de la norma. Además, después de 16 años, resulta razonable que todas las plantas se ajusten a límites de emisión más rigurosos, considerando los avances tecnológicos alcanzados que permiten mitigar mejor los impactos generados por las actividades industriales. La función ecológica de la propiedad también es relevante, ya que, aunque las personas tienen derecho a invertir y desarrollar actividades industriales, el Estado está facultado para imponer restricciones que garanticen un ambiente sano, la salud pública y otros derechos tanto individuales como colectivos.</p> <p>En este contexto, el cumplimiento de los estándares normativos por parte de las industrias no asegura la ausencia de impactos sobre la salud o el medio ambiente, lo que justifica la aplicación de valores más estrictos a todas las plantas termoeléctricas existentes, basados en la progresividad ambiental y la función ecológica de la propiedad. En cuanto al cumplimiento de los límites de emisión de la Resolución 909 de 2008, el análisis realizado en la sección 5.2.2 muestra que los valores medios de las mediciones de isocinéticos reportados por las empresas del sector están por debajo de los límites establecidos en la norma para empresas existentes antes de 2008 para los contaminantes MP, SO₂ y HCT. Esto evidencia que los actuales límites son laxos y requieren actualización para ajustarse a las emisiones actuales.</p> <p>Desde 2008, la Resolución 909 ha previsto planes de reconversión hacia tecnologías limpias y durante más de 15 años se han brindado mecanismos legales, como los artículos 82 y 83 de dicha resolución, para facilitar la transición tecnológica. Por lo tanto, exigir ahora estándares más estrictos no es desproporcionado. Además,</p>

Parámetros que el MADS planea actualizar	Propuesta	Argumentos
		<p>aunque la regulación de las emisiones de Hg no se consideró en la normativa de 2008, su regulación actual es válida, ya que Colombia ratificó el Convenio de Minamata y, basándose en el principio de prevención, el Estado tiene la legitimidad para establecer límites a la emisión de compuestos cuya afectación a la salud está científicamente comprobada. El hecho de no haberse regulado antes no invalida la necesidad de hacerlo ahora, dado que el interés general y la función ecológica de la propiedad avalan nuevas medidas para prevenir el deterioro ambiental y la afectación a la salud pública.</p> <p>Para asegurar una implementación equilibrada, se propone una fase de transición para que las industrias se adapten a los nuevos límites, permitiéndoles un plazo razonable para ajustar sus procesos técnicos y presupuestarios a las nuevas exigencias, esenciales para salvaguardar el interés general y el medio ambiente.</p>
<p>Artículo 4.º. Tabla 1. Sección - Estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para actividades industriales existentes:</p> <p>MP $\leq 0,5$: 250 mg/m³, MP $> 0,5$: 150 mg/m³, SO₂: 550 mg/m³, hidrocarburos totales: 50 mg/m³, dioxinas y furanos: 0,5 ng TEQ/m³.</p>	<p>Se recomienda modificar los valores para coquerías existentes por los siguientes:</p> <p>MP $\leq 0,5$: 10 mg/m³, MP $> 0,5$: 10 mg/m³, SO₂: 200 mg/m³, NO_x: < 500 mg/m³, dioxinas y furanos: 0,1 ng TEQ/m³.</p> <p>También se recomienda analizar la inclusión de un valor específico para la medición del Hg en la producción de coque.</p>	<p>En cuanto al cumplimiento de los límites de emisión de la Resolución 909, aunque el análisis de la sección 5.2.2 no distinguió la antigüedad de los establecimientos, se observa que para los casos de SO₂ y HCT el valor medio de las emisiones y más del 98 % de los valores reportados están por debajo del límite de emisión para las empresas establecidas después de 2008. Esto indica que los límites actuales no son acordes con las emisiones actuales del sector, lo que justifica una actualización más restrictiva para fomentar el uso de estrategias de mitigación de contaminantes. Además, el principio de progresividad respalda que el Estado adopte valores más rigurosos en favor de un ambiente sano y la salud pública.</p> <p>Los valores propuestos se fundamentan en estándares internacionales, así:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Para MP, se ha tomado el caso de Malasia, un país del Sur Global que fija un valor de 10 mg/m³. • Los límites para NO_x se incluyen debido a que casi todas las jurisdicciones analizadas para coquerías establecen límites a sus emisiones. • El valor de 0,1 ng TEQ/m³ para dioxinas y furanos se ha elegido teniendo en cuenta la propuesta del BM.

Parámetros que el MADS planea actualizar	Propuesta	Argumentos
<p>Artículo 4.º. Tabla 3. Actividades industriales y contaminantes para monitorear por actividad industrial, sección de coquería:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Producción de coque. Baterías de hornos de coque: MP, SO₂ y HCT. • Producción de coque. Procesos en los que no se cuente con un sistema de lavado de gases: MP, SO₂, HCT, dioxinas y furanos. 	<p>Se propone la inclusión de Hg y NO_x para ambos procesos de producción de coque:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Baterías de hornos de coque: MP, SO₂, Hg, NO_x y HCT • Procesos en los que no se cuente con un sistema de lavado de gases: MP, SO₂, HCT, NO_x, Hg, dioxinas y furanos. 	<p>Los argumentos expuestos sobre la progresividad ambiental, la función ecológica de la propiedad y la protección del ambiente sano justifican la inclusión de los valores de NO_x y Hg en la norma, para medirlos en la producción de coque. Además, respecto al Hg, es importante recordar que Colombia ratificó el Convenio de Minamata.</p>

Fuente: elaboración propia.

Tabla 26. Propuesta de actualización de límites de emisión para sector de fabricación de coque

Contaminante	Flujo contaminante (kg/h)	Norma actual para actividades industriales (art. 4.º - Res. 909/2008)		Propuesta (mg/m ³)*	
		Existentes antes de 2008	Nuevas después 2008	Existentes	Nuevas
MP	≤0,5	250	150	150	10
	>0,5	150	50	50	
SO ₂	Todos	550	500	500	200
NO _x	Todos	NE	NE**	500	<500
Dioxinas y furanos***	Todos	0,5 ng TEQ/m ³		0,1 ng TEQ/m ³	

Nota. *: rango propuesto del cual puede establecerse el valor puntual del estándar; **: no establece valores; ***: ng TEQ/m³.
Fuente: elaboración propia.

7.3. Uso de nuevas tecnologías para el control de fuentes

Además de las propuestas antes detalladas para modificar los límites de emisión, se sugiere fortalecer el seguimiento y control de las fuentes mediante la obligatoriedad del uso de tecnologías avanzadas, como el monitoreo continuo de emisiones (CEMS), sobre todo en sectores clave como el de las termoeléctricas. Esta propuesta podría ir acompañada de un estudio de factibilidad económica y del mercado, si se considera necesario. La importancia de este tema radica en que varios países ya han adoptado esta estrategia en sus normativas, permitiendo a las autoridades ambientales realizar un

seguimiento efectivo y a las empresas tomar acciones de mejora en sus unidades.

Asimismo, en relación con la inclusión de nuevos contaminantes como el Hg, podría resultar conveniente realizar un estudio sobre la disponibilidad de laboratorios certificados en el país con técnicas de medición válidas. Esto podría acompañarse de campañas de medición piloto para establecer los valores actuales de emisión y evaluar la mejor manera de incluir límites a las emisiones de estos contaminantes en la norma.

pol·en

Transiciones Justas



@polentjcol



@polentjcol



POLEN Transiciones Justas



www.polentj.org

Con el apoyo de:

 HEINRICH BÖLL STIFTUNG
BOGOTÁ
Colombia

 SEI Stockholm
Environment
Institute