ANÁLISIS DE LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA EL CONTROL Y DISMINUCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE.

RUTH MIREYA ROJAS SALDARRIAGA

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURA

INGENIERIA AMBIENTAL

2021

ANÁLISIS DE LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA EL CONTROL Y DISMINUCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE.

RUTH MIREYA ROJAS SALDARRIAGA

MSC HECTOR URIEL RIVERA ALARCON

DIRECTOR

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURA

INGENIERIA AMBIENTAL

2021

Tabla de Contenido

AGRADECIMIENTO 8

1 PRÓLOGO 9

2 INTRODUCCIÓN 11

3 CAPÍTULO 1: CONTAMINACIÓN DEL AIRE Y LA AFECTACIÓN A LA SALUD PUBLICA 13

3.1 Datos y cifras 13

3.2 Contaminación y salud publica en Colombia 13

3.2.1 Principales actividades y procesos de emisión 15

3.3 Antecedentes del monitoreo de la calidad del aire. 18

4 CAPÍTULO 2: NIVELES MÁXIMOS PERMISIBLES Y ESCALA DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AIRE EN COLOMBIA (RESOLUCIÓN 2254 DEL 2017). 20

4.1 Escala del índice de calidad del aire 22

5 CAPÍTULO 3 ÍNDICES DE MEDICIÓN DEL AIRE 25

5.1 Escala de medición 25

5.2 Parámetros a monitorear 25

5.3 Fuentes de los principales contaminantes 26

6 CAPÍTULO 4 INFORME DE CALIDAD DEL AIRE 27

6.1 Ciudad de Bogotá 27

6.2 Ciudad de Medellín 31

6.3 Brasil 33

6.4 Chile 34

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

7 CAPÍTULO 5: NORMATIVIDAD 37

7.1 Convenios Internacionales 37

7.2 Norma constitucional 38

7.3 Normatividad a nivel nacional 39

8 CAPÍTULO 6 CONTROL Y MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE 44

8.1 Sistemas de control de emisiones 60

8.2 Métodos de Control de la Calidad del Aire 63

8.3 Energía Limpias 65

9 CONCLUSIONES 69

10 GLOSARIO 71

11 BIBLIOGRAFÍA 78

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Niveles máximos permisibles de contaminantes criterio. 20

Tabla 2 Niveles máximos permisibles de contaminantes tóxicos del aire. 21

Tabla 3 Rangos de concentración para la declaratoria de los niveles de prevención, alerta o emergencia. 21

Tabla 4 Escala de índice de calidad del aire y leyenda de colores. 23

Tabla 5 Puntos de corte del ICA. 24

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1 Calculo del ICA. 24

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 El Impacto de la contaminación en la salud de los colombianos.: ..14

Ilustración 2 Definición y efectos de los contaminantes criterio.....15

Ilustración 3 Emisiones totales de material particulado PM2.5 en toneladas para el año 2014.. 16

Ilustración 4 Número de SVCA.....19

Ilustración 5 Definición de escalas para la realización de monitoreo ambiental..25

Ilustración 6 Parámetros a monitorear.....26

Ilustración 7 Contaminantes a monitorear en función a las principales fuentes. .26

Ilustración 8 Distribución de las estaciones de monitoreo de contaminantes de la RMCAB en el año-2019.....27

Ilustración 9 Estadísticas de las concentraciones anuales de PM10 registradas en el año 2019. 28

Ilustración 10 Estadísticas de las concentraciones anuales de PM2.5 registradas en el año 2019. 29

Ilustración 11 ICA por estación para PM10 y PM2.5 año 2019.....30

Ilustración 12 ICA por estación para O3, NO2, SO2 y CO. Año 2019.....31

Ilustración 13 Porcentaje de días según ICA PM10, 2015-2017 del Valle de Aburrá.....32

Ilustración 14 Porcentaje de días según ICA PM2,5, 2015-2016 del Valle de Aburrá.....33

Ilustración 15 Estimación teórica de mortalidad y morbilidad por exposición a material particulado fino (MP2,5).....35

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

Ilustración 16 Composición de las emisiones al aire de MP2,5, NOx y SO2 a nivel nacional por tipo de fuente. 36

Ilustración 17 Proceso general de operación de un SVCA Manual. 44

Ilustración 18 flujo de proceso de un SVCA Manual..... 45

Ilustración 19 Principales contaminantes emitidos a la atmósfera por subcategorías de fuentes fijas. 46

Ilustración 20 Flujo de Pre-muestreo..... 46

Ilustración 21 pasos del Muestreo. 47

Ilustración 22 Proceso general de operación de un SVCA Automático..... 48

Ilustración 23 Ejemplo captura y manejo de la información..... 48

Ilustración 24 Esquema de entradas y salidas de un sistema para la evaluación por balance de masas. 52

Ilustración 25 Muestreador Hi Vol MP10 54

Ilustración 26 Muestreador Semiautomatico 56

Ilustración 27 Cabinas de Monitoreo equipos automáticos.....57

Ilustración 28 Comparación de tamaño de las partículas de PM..... 76

Ilustración 29 Contaminación Atmosférica. 77

Ilustración 30 Fuentes de emisión de contaminantes y su interacción en la atmosfera. 77

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

AGRADECIMIENTO

A Dios por regalarme la vida para vivir esta experiencia.

a mi familia por brindarme el soporte, la confianza y el acompañamiento.

a cada uno de los docentes, por compartirnos sus conocimientos, por su gran apoyo, compromiso y dedicación, todo lo cual le aportó al aprendizaje personal.

Agradecer a mi director Msc Héctor Uriel Rivera Alarcón por brindarme su apoyo y orientación para la realización del trabajo de grado.

1 PRÓLOGO

El aire es una mezcla de gases compuesta Nitrógeno, Oxigeno, Dióxido de Carbono, Neón y Helio, todos ellos de gran importancia para las funciones vitales de los seres vivos, respiración, fotosíntesis, existencia de las nubes, lluvias, entre otras. Un aire más limpio beneficia la salud humana, representando un aspecto importante para la salud humana y contribuye a combatir el cambio climático. “Las preocupaciones por la problemática ambiental surgen de la observación de las consecuencias negativas que ciertas actividades humanas han producido en el ambiente, alterando substancialmente la calidad de vida. Las políticas sobre el uso racional de los recursos naturales y la aplicación de pautas ambientales para la contaminación atmosférica dependen, en buena medida, del correcto manejo del impacto que produzcan las acciones del ámbito público y privado” ((OMS), 2018).

Según investigaciones de la OMS,1 de cada 8 del total de muertos en el mundo mueren como consecuencia de la exposición a la contaminación atmosférica, confirma que la contaminación atmosférica constituye en la actualidad, por sí sola, el riesgo ambiental para la salud más importante del mundo, si se redujera la contaminación atmosférica podrían salvarse millones de vidas.

En relacion a lo anterior y a la gran cobertura de territorio, en Colombia operan a nivel nacional más de 175 estaciones de monitoreo, las cuales calculan los niveles presentes de cada contaminante; teniendo en cuenta los niveles máximos permisibles que se regulan en la Resolución 2254 del 2017, se logra dar aviso oportuno a la población y autoridades competentes para implementar medidas de control y mitigación, sin embargo actualmente hay municipios y departamentos que no cuentan con sistemas de monitoreo, o que ya son obsoletos, ocasionando déficit en el mismo. Es importante implementar estas medidas de control ya que se pueden conocer los contaminantes presentes en el aire, de igual manera la incidencia del mismo en el ambiente.

La recopilación de la información sobre las nuevas tecnologías para el control y disminución de la contaminación del aire, la identificación de las principales fuentes de emisión, la legislación que regula la protección de la calidad del aire, y la afectación que trae a la salud pública. Son los objetivos a tener en cuenta para el desarrollo del documento.

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

2 INTRODUCCIÓN

La contaminación del aire es actualmente uno de los problemas ambientales más severos a nivel mundial, y constituye un fenómeno que tiene particular incidencia sobre la salud del hombre. históricamente, “la revolución industrial marcó un dramático y decisivo punto de cambio entre la actividad económica y el ambiente. Los requerimientos de energía de una tecnología basada en el hierro y el acero, condujeron a la contaminación del aire más generalizada, así como a concentraciones locales de contaminantes cerca del sitio de las fábricas” (Romero Placeres, Olite, & Álvarez Toste, 2006).

“La creciente urbanización, el congestionamiento vehicular y los grandes costos de los medios de control han convertido en un problema crucial la contaminación del aire. Los contaminantes y sus derivados pueden producir efectos adversos a la salud, e interactuar y alterar las moléculas indispensables para los procesos bioquímicos y fisiológicos del cuerpo humano” (Instituto Nacional de Higiene, 2006).

Según la (OMS) “Más de la mitad de la carga de enfermedades causadas por la contaminación del aire se observa en personas de países en desarrollo”. “Cada año, cientos de millones de personas sufren de enfermedades respiratorias y otras asociadas con la contaminación del aire” (Lic. Francisca , Dr.Romero Placeres, , & Dra. Álvarez Toste, 2006).

“El comportamiento de los gases en la atmósfera depende no sólo de las características químicas del componente y del ambiente donde se encuentra, sino además de condiciones físicas y meteorológicas donde se emiten” (Bohórquez, Bocarejo Suescún, & Velásquez, 2013), Por ende, se han implementado a nivel mundial instrumentos de monitoreo como un conjunto de acciones que permiten medir los valores de los parámetros meteorológicos y de la calidad del aire en una región. “Las estaciones de monitoreo atmosférico son indispensables para generar información confiable, y para la formulación de normas de calidad del aire y la verificación de su cumplimiento” ((IDEAM), 2018).

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

Las entidades regulatorias ambientales toman las decisiones de estandarizar unos niveles máximos permisibles de concentración para cada uno de los contaminantes criterio. De aquí que las normas de calidad del aire en el mundo están siendo cada vez más exigentes y tienen mayor similitud a nivel global. Los desafíos del cambio climático se han traducido en compromisos de mitigación por parte de las naciones. Cada país examina qué tipo de acciones llevar a cabo con el propósito de reducir las emisiones de gases efecto invernadero (GEI).

"Los avances tecnológicos están cambiando significativamente la forma de vivir, trabajar, y relacionarse, la tecnología impregna todos los sectores industriales, empresariales, académicos y, en definitiva, sociales para convertirse en el factor clave impulsor de los adelantos más significativos en estas respectivas áreas" (Rodríguez Bertheau, Martínez Varona, Martínez Rodríguez, Fundora Hernández, & Guzmán Armenteros, 2011). Por eso, es necesario conocer las nuevas tecnologías para optimizar los recursos existentes y mejorar la protección ambiental, ya que pueden ser una herramienta realmente eficaz y resolutiva.

Por tal motivo en el presente trabajo se denota las nuevas tecnologías para el control y disminución de la calidad el aire, los diferentes instrumentos de monitoreo, la identificación de las principales fuentes de emisión, la legislación que regula la protección de la calidad del aire, y la afectación que trae a la salud pública.

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

3 CAPÍTULO 1: CONTAMINACIÓN DEL AIRE Y LA AFECTACIÓN A LA SALUD PUBLICA

3.1 Datos y cifras

"La contaminación del aire representa un importante riesgo medioambiental para la salud. Mediante la disminución de los niveles de contaminación del aire los países pueden reducir la carga de morbilidad derivada de accidentes cerebrovasculares, cánceres de pulmón y neumopatías crónicas y agudas, entre ellas el asma. Cuanto más bajos sean los niveles de contaminación del aire mejor será la salud cardiovascular y respiratoria de la población, tanto a largo como a corto plazo"((OMS), 2018).

"Las Directrices de la OMS sobre la Calidad del Aire ofrecen una evaluación de los efectos sanitarios derivados de la contaminación del aire, así como de los niveles de contaminación perjudiciales para la salud. En 2016, el 91% de la población vivía en lugares donde no se respetaban las Directrices de la OMS sobre la calidad del aire. Según estimaciones de 2016, la contaminación atmosférica en las ciudades y zonas rurales de todo el mundo provoca cada año 4,2 millones de defunciones prematuras" ((OMS), 2018).

Además de la contaminación del aire exterior, el humo en interiores representa un grave riesgo sanitario para unos 3000 millones de personas que cocinan y calientan sus hogares con combustibles de biomasa y carbón ((OMS), 2018).

3.2 Contaminación y salud publica en Colombia

En la actualidad, "todos los municipios cuya población sea mayor a 50.000 habitantes o aquellos en los cuales se evidencie una problemática de contaminación del aire, deben contar con un Sistema de Vigilancia (Resolución 650/2010 del entonces Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial)"(MAVDT, 2010).

Según estudio realizado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) "El material particulado principalmente PM2.5 (partículas con tamaño menor a 2.5 micras) afecta la salud de la población, especialmente de los grupos sensibles como las mujeres embarazadas, los niños, los adultos mayores y las personas con enfermedades cardiovasculares y pulmonares; A menor tamaño del material particulado, mayor es su penetración al organismo, causando obstrucción de las vías respiratorias. Cuanto mayor sea el tiempo de exposición, mayor es la afectación" (IDEAM, 2018).

"Por exposición a aire y agua de mala calidad ocurren cada año en Colombia 17,549 muertes, es decir el 8% del total de la mortalidad anual en Colombia. los investigadores del INS encontraron que del total de muertes ocasionadas por 7 enfermedades de alta ocurrencia en el país (ilustración 1) como lo son: la enfermedad isquémica del corazón, el accidente cerebro-vascular, la enfermedad pulmonar obstructiva (EPOC), las infecciones respiratorias agudas, el cáncer de pulmón, la enfermedad diarreica aguda (EDA) y la enfermedad renal crónica" ((INS), 2019).

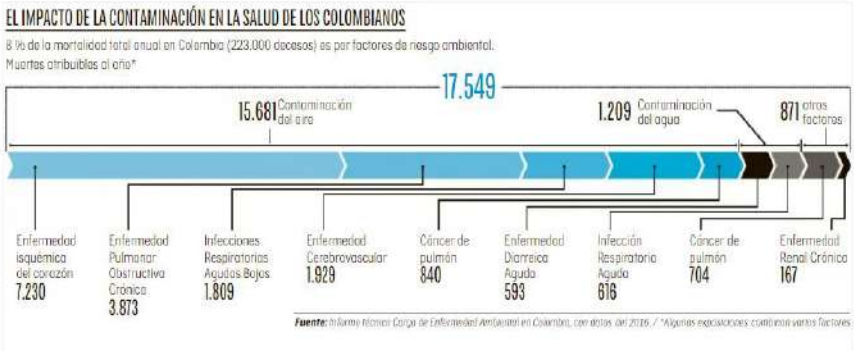


Ilustración 1 *El Impacto de la contaminación en la salud de los colombianos.:*
Fuente: *Ronny Suárez, junio 22, 2019* ***Tomado de:*** *https://www.ins.gov.co/Noticias/Paginas/Informe-Carga-de-Enfermedad-Ambiental-en-Colombia.pdf*

En la (ilustración 2) se muestran los efectos sobre la salud humana, producidos por las partículas y gases que son resultado de fuentes de contaminación del aire.

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

Ilustración 2 *Definición y efectos de los contaminantes criterio..*
Fuente: *IDEAM, 2018* ***Tomado de:*** *http://www.ideam.gov.co/web/contaminacion-y-calidad-ambiental/informes-del-estado-de-la-calidad-del-aire-en-colombia.pdf*

3.2.1 Principales actividades y procesos de emisión

"El Inventario Indicativo Nacional de Contaminantes Criterio y Carbono Negro 2010-2014, realizado por IDEAM y la Coalición del Clima y el Aire Limpio, revelo que en el año 2014 fueron emitidas a la atmósfera 241.605 Toneladas de material particulado menor a 2.5 micras, siendo los procesos relacionados con los Incendios de Bosques y Praderas, y las actividades residenciales y comerciales (determinadas dentro de la categoría 1A4 -a, b y c- de Otros sectores del IPCC), los que mayor cantidad emiten PM2.5", (ilustración 3) ((IDEAM), 2018).

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

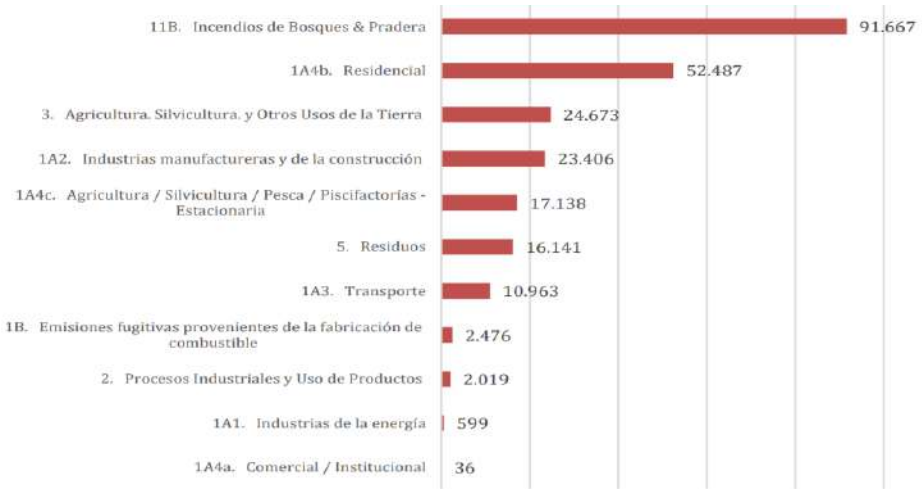


Ilustración 3 *Emisiones totales de material particulado PM2.5 en toneladas para el año 2014..*
Fuente: *IDEAM, 2018* ***Tomado de:*** *http://www.ideam.gov.co/web/contaminacion-y-calidad-ambiental/informes-del-estado-de-la-calidad-del-aire-en-colombia.pdf*

La industria

"El PNUMA apunta que, en varios países, la generación de energía constituye una fuente de contaminación del aire, las centrales eléctricas que queman carbón son un emisor importante. Los procesos industriales y el uso de solventes en las industrias químicas y mineras también producen contaminantes en el aire" (Ambiente M. d., 2013).

El transporte

"El transporte es responsable de casi una cuarta parte de todas las emisiones de dióxido de carbono que se relacionan con la energía, este sector se encuentra en crecimiento y casi 400 mil muertes están relacionas con esta fuente de contaminación. Alrededor de la mitad de todas las muertes por contaminación del aire causadas por el transporte se deben a las emisiones de diésel"(Ambiente M. d., 2013).

"Reducir las emisiones de los vehículos es una intervención importante para mejorar la calidad del aire, especialmente en las áreas urbanas. Las políticas y normas que requieren el uso de combustibles más limpios y estándares avanzados de emisiones de los vehículos pueden ayudar a

minimizar la contaminación causada por el transporte hasta en 90 por ciento o más" (PNUMA, 2021).

La agricultura

"Las fuentes más importantes de contaminación atmosférica procedentes de actividades agrícolas son el ganado, cuyos desechos generan metano y amoníaco, así como la quema de residuos agrícolas. Estas emisiones de metano favorecen a la creación de ozono a nivel del suelo, este contaminante produce asma y otras enfermedades respiratorias. A su vez, el metano es un gas de efecto invernadero más potente que el dióxido de carbono en un período de 100 años" (GAITÁN VARÓN & CÁRDENAS RUÍZ, 2017) .

Los residuos

"Se estima que a nivel global 40 por ciento de los residuos se queman al aire libre, este problema es más frecuente en los países en desarrollo y en regiones en proceso de urbanización"(PNUMA, 2021).

Los hogares

"Una de las principales fuentes de contaminación del aire adentro de los hogares es la quema combustibles fósiles o basados en biomasa para cocinar o calentar, así como la combustión de madera. El PNUMA señala que aproximadamente 3.8 millones de muertes prematuras son causadas por la contaminación atmosférica en interiores cada año, la mayoría de ellas acontecen en naciones en desarrollo"(PNUMA, 2021).

Otras fuentes

"La contaminación del aire también tiene otras fuentes naturales, por ejemplo, las erupciones volcánicas o las tormentas de polvo. Las partículas finas de polvo pueden recorrer miles de millas junto con estas tormentas, que también pueden trasladar sustancias perjudiciales vinculadas a problemas respiratorios" (Ambiente M. d., 2013).

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

3.3 Antecedentes del monitoreo de la calidad del aire.

"La Red Panamericana de Muestreo Normalizado de la Contaminación del Aire (REDPANAIRE) inició sus operaciones en junio de 1967, con la recolección de muestras mensuales de polvo sedimentable (PS) y muestras diarias de partículas totales en suspensión (PTS) y de SO2. La REDPANAIRE comenzó con ocho estaciones y a fines de 1973 tenía un total de 88 estaciones distribuidas en 26 ciudades de 14 países. Hasta diciembre de 1973 se habían recogido más de 350,000 datos sobre la calidad del aire, los que indicaban que varias ciudades duplicaban y triplicaban los niveles de referencia recomendados. Algunas ciudades mostraban además una tendencia al incremento de los niveles de contaminación, sin embargo, En 1980 la REDPANAIRE desapareció como tal y pasó a formar parte del Programa Global de Monitoreo de la Calidad del Aire, iniciado en 1976 por la OMS y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), como parte de un sistema global de monitoreo ambiental llamado GEMS por sus siglas en inglés -Global Environmental Monitoring System. Durante la década de 1980, varias de las áreas urbanas de la Región operaron redes extensas de monitoreo de la calidad del aire. Estas redes midieron los contaminantes del aire más comunes, incluidos el SO2, NO2, CO, ozono, plomo y PTS. En la década de 1990, la OMS organizó, con carácter global, el Sistema de Información para el Control de la Calidad del Aire llamado AMIS por sus siglas en inglés-Air Management Information System. En 1997"(E. Korc & Sáenz, 1999).

"Actualmente, según lo contemplado en el literal d) del artículo 2.2.5.1.6.2. del Decreto 1076 de 2015, las Autoridades Ambientales competentes dentro de la órbita de su competencia y en el territorio de su jurisdicción, deben realizar la observación y seguimiento constante, medición, evaluación y control de los fenómenos de contaminación del aire y definir los programas regionales de prevención y control. Por tal motivo, y a partir de los lineamientos contemplados en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire, se han venido implementando y operando diversas estaciones de monitoreo agrupadas en Sistemas de Vigilancia de Calidad del Aire" ((IDEAM), 2018).

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

Con base en esta información, durante el año 2019, operaron a nivel nacional 175 estaciones de monitoreo, 99 cuentan con tecnologías de monitoreo manuales, 56 automáticas y 20 mixtas (ilustración 4).

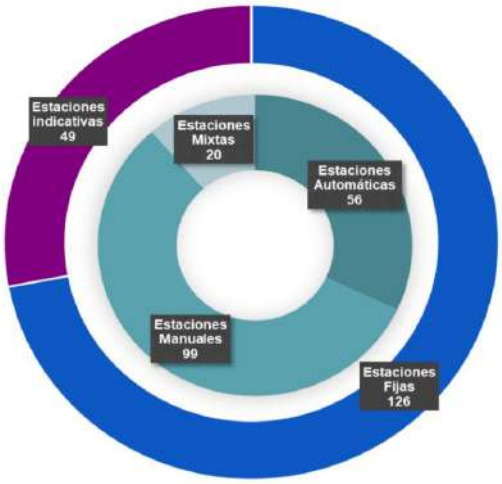


Ilustración 4 *Número de SVCA..*
Fuente: *IDEAM, 2019* ***Tomado de:****http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023898/InformeCalidadAire_2019.pdf*

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

4 CAPÍTULO 2: NIVELES MÁXIMOS PERMISIBLES Y ESCALA DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AIRE EN COLOMBIA (RESOLUCIÓN 2254 DEL 2017).

Niveles máximos permisibles de contaminantes criterio

La (tabla 1) se establecen los Niveles máximos permisibles a condiciones de referencia para contaminantes criterio.

Tabla 1 *Niveles máximos permisibles de contaminantes criterio.*

Contaminante	Nivel máximo Permisible ($\mu g/m^3$)	Tiempo de Exposición
PM_{10}	50	Anual
	100	24 horas
$PM_{2.5}$	25	Anual
	50	24 horas
SO_2	50	24 horas
	100	1 hora
NO_2	60	Anual
	200	1 hora
O_3	100	8 horas
CO	5.000	8 horas
	35.000	1 hora

Fuente: *Resolucion 2254 de 2017****Tomado de:*** *https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/96-res%202254%20de%202017.pdf*

Niveles máximos permisibles de contaminantes tóxicos del aire

En la (tabla 2) se establecen niveles máximos permisibles a condiciones de referencia para contaminantes tóxicos del aire teniendo en cuenta sus efectos adversos en la salud humana y el ambiente.

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

Tabla 2 *Niveles máximos permisibles de contaminantes tóxicos del aire.*

Contaminante	Nivel máximo Permisible (µg/m³)	Tiempo de Exposición
PM_{10}	50	Anual
	100	24 horas
$PM_{2.5}$	25	Anual
	50	24 horas
SO_2	50	24 horas
	100	1 hora
NO_2	60	Anual
	200	1 hora
O_3	100	8 horas
CO	5.000	8 horas
	35.000	1 hora

Fuente: *Resolucion 2254 de 2017****Tomado de:*** *https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/96-res%202254%20de%202017.pdf*

Rangos de concentración para la declaratoria de los niveles de prevención, alerta o emergencia.

"Los rangos de concentración y el tiempo de exposición bajo los cuales se deben declarar por parte de las autoridades ambientales competentes los niveles de prevención, alerta o emergencia se establecen en la (tabla 3)" (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible , 2017).

Tabla 3 *Rangos de concentración para la declaratoria de los niveles de prevención, alerta o emergencia.*

Contaminante	Tiempo de exposición	Prevención	Alerta	Emergencia*
PM_{10}	24 horas	155 - 254	255 - 354	≥355
$PM_{2.5}$**	24 horas	38 – 55	56 – 150	≥151
O_3	8 horas	139 – 167	168 - 207	≥208
SO_2	1 hora	198 – 486	487 – 797	≥798
NO_2	1 hora	190 – 677	678 – 1221	≥1222
CO	8 horas	10820 - 14254	14255 – 17688	≥17689

Fuente: *Resolucion 2254 de 2017****Tomado de:*** *https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/96-res%202254%20de%202017.pdf*

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

4.1 Escala del índice de calidad del aire

"El ICA es un valor adimensional para reportar el estado de la calidad del aire en función de un código de colores al que están asociados unos efectos generales que deben ser tenidos en cuenta para reducir la exposición a altas concentraciones por parte de la población este índice también será utilizado en el pronóstico de la calidad del aire" (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible , 2017), como se observa en (tabla 4).

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

Tabla 4 *Escala de índice de calidad del aire y leyenda de colores.*

Rango	Color	Estado de la Calidad del Aire	Efectos
0- 50	**Verde**	Buena	La contaminación atmosférica supone un riesgo bajo para la salud.
51 -100	**Amarillo**	Aceptable	Posibles síntomas respiratorios en grupos poblacionales sensibles
101-150	**Naranja**	Dañina a la salud de grupos sensibles	Los grupos poblacionales sensibles pueden presentar efectos sobre la salud. **Ozono troposferico:** personas con enfermedades pulmonares niños adultos mayores y las que constantemente realizan actividades físicas al aire libre deben reducir su exposición a los contaminantes del aire. **Material particulado:** Las personas con enfermedad cardíaca o pulmonar los adultos mayores y los niños se considerando sensibles y por lo tanto en mayor riesgo.
151-200	**Rojo**	Dañina para la Salud	Todos los individuos pueden comenzar a experimentar efectos sobre la salud. Los grupos sensibles pueden experimentar efectos más graves para la salud.
201-300	**Purpura**	Muy Dañina para la Salud	Estado de alerta qué significa que todos pueden experimentar efectos más graves para la salud
300+	**Marron**	Peligroso	Advertencia sanitaria. Toda la población puede presentar efectos adversos graves en la salud humana y estar propensos a verse afectados por graves efectos sobre la salud.

Fuente: *Resolucion 2254 de 2017****Tomado de:*** *https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/96-res%202254%20de%202017.pdf*

Puntos de corte del ICA

En la (tabla 5) se representan los puntos de corte del índice de calidad del aire respecto a los contaminantes criterio.

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

Tabla 5 *Puntos de corte del ICA.*

Índice de Calidad del Aire			Puntos de corte del ICA						
ICA	Color	Categoría	PM_{10} µg/m³ 24 horas	$PM_{2.5}$ µg/m³ 24 horas	CO µg/m³ 8 horas	SO_2 µg/m³ 1hora	NO_2 µg/m³ 1 hora	O_3 µg/m³ 8 horas	O_3 µg/m³ 1 hora (1)
0-50	Verde	Buena	0 – 54	0 – 12	0 – 5094	0 – 93	0 – 100	0 – 106	.....
51-100	Amarillo	Aceptable	55 – 154	13 – 37	5095 – 10819	94 – 197	101 – 189	107 – 138	.....
101 - 150	Naranja	Dañina a la salud de Grupos Sensibles	155 – 254	38 – 55	10820 – 14254	198 - 486	190 – 677	139 - 167	245 – 323
151 - 200	Rojo	Dañina a la salud	255 – 354	56 – 150	14255 – 17688	487 – 797	678 - 1221	168 - 207	324 – 401
201 - 300	Púrpura	Muy dañina a la salud	355 – 424	151 – 250	17689 – 34862	798 – 1583	1222 – 2349	208 - 393	402 – 794
301 - 500	Marrón	Peligrosa	425 - 604	251 – 500	34863 - 57703	1584 - 2629	2350 - 3853	394(2)	795 – 1185

Fuente: *Resolucion 2254 de 2017****Tomado de:*** *https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/96-res%202254%20de%202017.pdf*

Calculo del ICA

Ecuación 1 *Calculo del ICA.*

$$ICA_p = \frac{I_{Alto} - I_{bajo}}{PC_{Alto} - PC_{bajo}} x \left(C_p - PC_{bajo}\right) + I_{bajo}$$

En donde:

ICA_p = Índice de Calidad del Aire para el contaminante p.
C_p = Concentración medida para el contaminante p.
PC_{alto} = Punto de corte mayor o igual a C_p
PC_{bajo} = Punto de corte menor o igual a C_p
I_{alto} = Valor del ICA correspondiente al PC_{alto}
I_{bajo} = Valor del ICA correspondiente al PC_{bajo}

Fuente: *Resolucion 2254 de 2017****Tomado de:*** *https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/96-res%202254%20de%202017.pdf*

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

5 CAPÍTULO 3 ÍNDICES DE MEDICIÓN DEL AIRE

5.1 Escala de medición

Categoría de Escala	Definición
Microescala	Define las concentraciones en volúmenes de aire asociados con dimensiones de área de algunos metros hasta 100 metros.
Escala Media	Define concentraciones típicas de áreas que pueden comprender dimensiones desde 100 metros hasta 0.5 kilómetros.
Escala Local	Define concentraciones en un área con uso de suelo relativamente uniforme, cuyas dimensiones abarcan de 0.5 a 4.0 kilómetros.
Escala Urbana	Define todas las condiciones de una ciudad con dimensiones en un rango de 4 a 50 kilómetros.
Escala Regional	Define generalmente un área rural de geografía razonablemente homogénea y se extiende desde decenas hasta cientos de kilómetros.
Escala Nacional o Global	Las mediciones que corresponden a esta escala representan concentraciones características de la nación o del mundo como un todo.

Ilustración 5 *Definición de escalas para la realización de monitoreo ambiental.*
Fuente: *digesa, 2005* ***Tomado de:*** *http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma_consulta/Protocolo-de-Calidad-del-Aire.pdf*

5.2 Parámetros a monitorear

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

Grupo	Parámetro
Material particulado	– Material particulado respirable de diámetro menor a 10 µm (PM-10) – Material particulado respirable de diámetro menor a 2.5 µm (PM-2.5)
Gases	– Dióxido de azufre – Monóxido de carbono – Dióxido de nitrógeno – Ozono – Sulfuro de hidrógeno
Metales pesados	– Plomo
Meteorológicos	– Dirección del viento – Velocidad del viento – Temperatura – Humedad relativa – Precipitación – Radiación Solar – Altitud – Perfil vertical de temperatura – Nubosidad

Ilustración 6 *Parámetros a monitorear.*
Fuente: *digesa, 2005* ***Tomado de:*** *http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma_consulta/Protocolo-de-Calidad-del-Aire.pdf*

5.3 Fuentes de los principales contaminantes

Fuente	Contaminante
Vehículos (tráfico intenso)	Dióxido de nitrógeno Monóxido de carbono Dióxido de azufre PM-10 / PM-2.5
Domicilios / consumo de leña	PM-10 / PM-2.5 Monóxido de carbono
Industrias y domésticas / consumo de carbón	PM-10 / PM-2.5 Dióxido de azufre
Industrias / consumo de combustible residual	PM-10 / PM-2.5 Dióxido de azufre
Pesqueras	Sulfuro de hidrógeno; PM
Fundición	Dióxido de azufre
Cemento	PM-10 / PM-2.5
Generación eléctrica / consumo de carbón, residual y diesel	Dióxido de azufre PM-10 / PM-2.5
Generación eléctrica / consumo de gas	Dióxido de nitrógeno

Ilustración 7 *Contaminantes a monitorear en función a las principales fuentes.*
Fuente: *digesa, 2005* ***Tomado de:*** *http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma_consulta/Protocolo-de-Calidad-del-Aire.pd*

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

6 CAPÍTULO 4 INFORME DE CALIDAD DEL AIRE

6.1 Ciudad de Bogotá

"El Distrito Capital cuenta con la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB, la cual permite recolectar información sobre la concentración de contaminantes y variables meteorológicas de forma continua en diferentes lugares de la ciudad. El proceso inicia con la medición de los parámetros en cada estación y el almacenamiento de los mismos en un datalogger, luego cada hora se actualizan los datos y son transmitidos hacia el servidor central, donde se almacena la información en una base de datos" (Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá, (RMCAB), 2020). La (ilustración 8) corresponde a la distribución espacial de las estaciones en la ciudad de Bogotá Colombia para el año 2019.

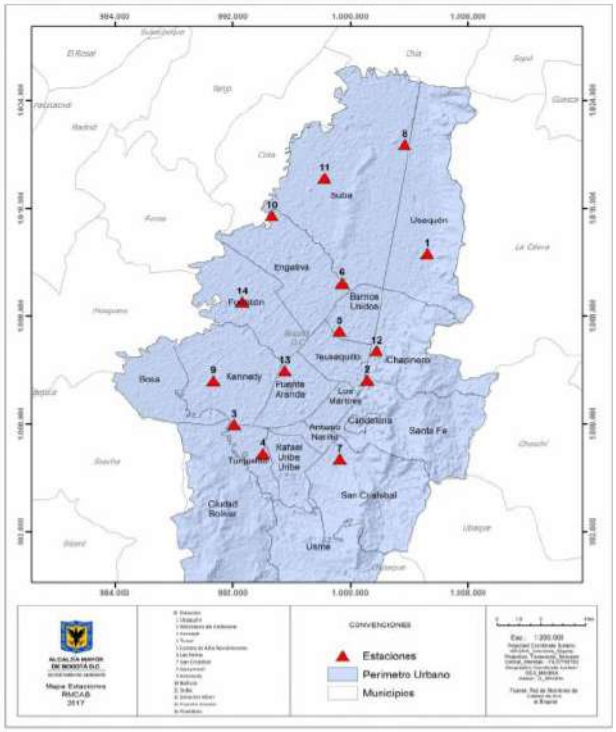
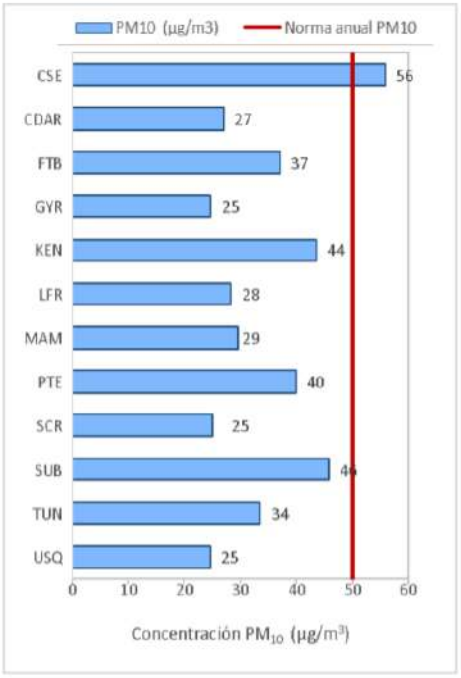


Ilustración 8 *Distribución de las estaciones de monitoreo de contaminantes de la RMCAB en el año-2019.*
Fuente: *RMCAB, 2020.****Tomado de:*** *https://oab.ambientebogota.gov.co/?post_type=dlm_download&p=14095.pdf*

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

Comportamiento anual de PM10 por estación

En la (ilustración 9) se observan "los promedios anuales de PM10 registrados por las estaciones de la RMCAB durante el 2019, además de incluir las estadísticas respecto a promedios, valores máximos diarios y excedencias a la norma. Solamente la estación Carvajal-Sevillana (CSE) excedió el valor de la norma anual, con 56.0 µg/m3, siendo además la concentración más alta registrada en la ciudad; por otro lado, las estaciones Guaymaral y Usaquén, ubicadas en la zona norte de la ciudad, registraron las concentraciones más bajas, con 24.7 µg/m3" (Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá, (RMCAB), 2020).



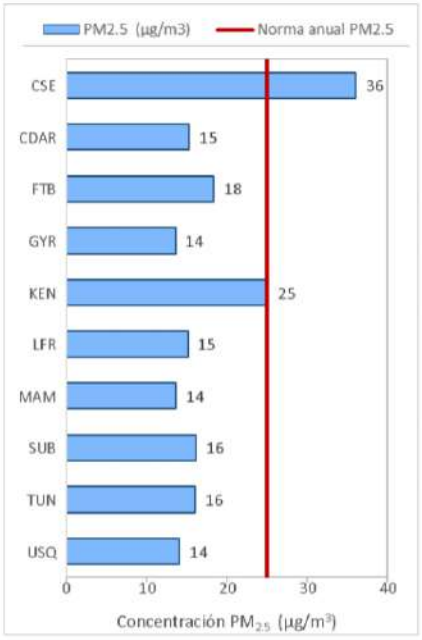
Estación	Promedio anual PM_{10} ($\mu g/m^3$)	% datos válidos	Conc. Máxima ($\mu g/m^3$)	No. Exced. 24h
Norma anual: 50 $\mu g/m^3$ Norma diaria: 75 $\mu g/m^3$				
CSE	56.0	86%	125.4	39
CDAR	27.0	98%	87.5	1
FTB	37.1	100%	92.8	5
GYR	24.7	98%	70.3	0
KEN	43.7	98%	97.7	12
LFR	28.3	97%	95.1	2
MAM	29.5	97%	76.6	1
MOV*	51.6	70%	114.8	22
PTE	40.0	99%	100.6	14
SCR	25.0	98%	67.1	0
SUB	45.8	99%	95.3	5
TUN	33.6	98%	85.0	3
USQ	24.7	89%	85.7	1

Ilustración 9 *Estadísticas de las concentraciones anuales de PM10 registradas en el año 2019.*
Fuente: *RMCAB, 2020.****Tomado de:*** *https://oab.ambientebogota.gov.co/?post_type=dlm_download&p=14095.pdf*

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

Comportamiento anual de pm2.5 por estación

En la (ilustración 10) se relacionan "los promedios anuales de PM2.5 registrados en el año 2019, los valores máximos, porcentaje de datos válidos y excedencias al nivel máximo permisible en resolución temporal diaria. Las concentraciones más altas corresponden a las estaciones del suroccidente de la ciudad, Carvajal-Sevillana (CSE) y Kennedy, registrando una excedencia a la norma anual en la primera estación. Carvajal-Sevillana (CSE) también registró el mayor número de excedencias diarias, con lo cual el 40% del año la concentración diaria superó los 37 µg/m3 permitidos. El promedio anual más bajo fue de 14.1, en la estación Usaquén" (Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá, (RMCAB), 2020).



Estación	Promedio anual $PM_{2.5}$ (µg/m³)	% datos válidos	Conc. Máxima (µg/m³)	No. Exced. 24h
Norma anual: 25 µg/m³ Norma diaria: 37 µg/m³				
CSE	36.1	96%	78.5	149
CDAR	15.3	100%	59.0	6
FTB	18.4	98%	46.3	7
GYR	13.6	98%	53.4	3
KEN	25.1	98%	66.9	44
LFR	15.1	94%	59.0	5
MAM	13.7	98%	52.7	4
MOV*	28.3	72%	73.1	64
PTE*	18.1	73%	50.5	4
SCR*	11.9	68%	50.0	2
SUB	16.2	98%	56.5	5
TUN	16.0	97%	50.8	11
USQ	14.1	99%	50.6	6

Ilustración 10 *Estadísticas de las concentraciones anuales de PM2.5 registradas en el año 2019.*
Fuente: *RMCAB, 2020.****Tomado de:*** *https://oab.ambientebogota.gov.co/?post_type=dlm_download&p=14095.pdf*

ICA

En la (ilustración 11) se muestran "los porcentajes por condición de calidad del aire del ICA para los contaminantes PM10 y PM2.5 durante el año 2019, las franjas en gris indican el porcentaje de datos faltantes en la estación. Se puede observar que para el PM10 predominan las condiciones Buena y Aceptable en la mayoría de las estaciones. Carvajal-Sevillana presentó el estado más desfavorable, con un 43% del año en la condición Aceptable, mientras que la estación Guaymaral presentó la mejor condición durante el año, con un 97% en condición Buena. Para el caso del PM2.5, los límites de cada condición son más restrictivos, dados sus efectos adversos en la salud, por lo cual se observa que se registró la condición Dañina a la salud durante un 5% del año en la estación CarvajalSevillana, y en todas las estaciones se registró entre un 1 a 33% de la condición Dañina a la salud para grupos sensibles, en especial en las estaciones Carvajal-Sevillana, Kennedy y Móvil 7ma" (Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá, (RMCAB), 2020).

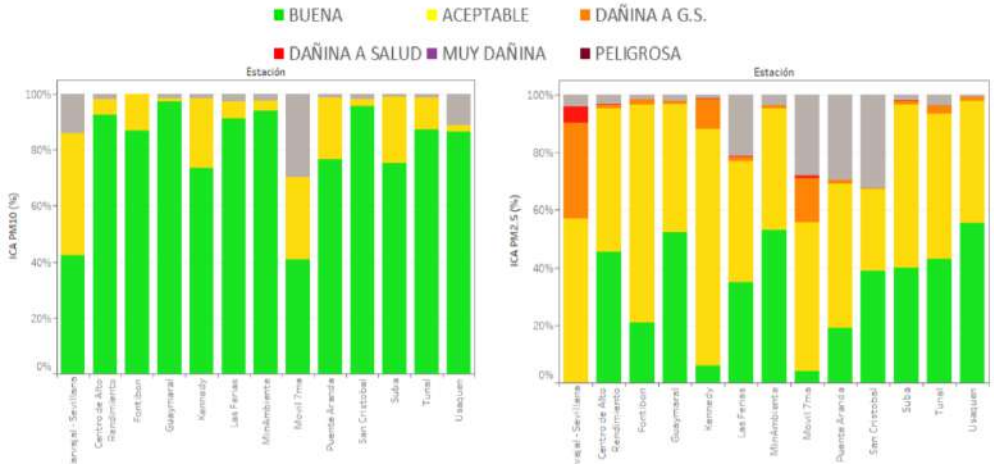


Ilustración 11 *ICA por estación para PM10 y PM2.5 año 2019.*

Fuente: *RMCAB, 2020.* ***Tomado de:*** *https://oab.ambientebogota.gov.co/?post_type=dlm_download&p=14095.pdf*

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

ICA por estación para O3, NO2, SO2 y CO

La (ilustración 12) "muestra las gráficas de los porcentajes de tiempo en que se registraron las condiciones del ICA para los gases. Se evidencia que en todas las estaciones y para todos los gases prevaleció la condición Buena durante todo el año, con lo cual las concentraciones de estos contaminantes en la atmósfera no incidieron en ser un factor de riesgo para la salud de las personas" (Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá, (RMCAB), 2020).

Ilustración 12 *ICA por estación para O3, NO2, SO2 y CO. Año 2019..*
Fuente: *RMCAB, 2020.****Tomado de:*** *https://oab.ambientebogota.gov.co/?post_type=dlm_download&p=14095.pdf*

6.2 Ciudad de Medellín

"El valle de Aburrá cuenta con 25 estaciones de monitoreo en los 10 municipios distribuidas por sus características topográficas y climatológicas delimitando el volumen de aire determinando un comportamiento similar dando fenómenos de transporte y transformación de los contaminantes de manera generalizada mostrando patrones de circulación de vientos" (AMVA, 211).

"*Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz*"
Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

Comportamiento anual de PM10 por estación

La (ilustración 13), muestra "la relación de las exposiciones de PM10 cada 24 horas según el Índice de Calidad del Aire (ICA) para 2015 y 2016, ninguna de las estaciones tuvo días con registros en niveles peligrosos, muy dañina, dañina o dañina para grupos sensibles. Se destaca el comportamiento similar en todas las estaciones, pasando de niveles aceptable a días leves de contaminación sin generar riesgos a la salud" (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2017).

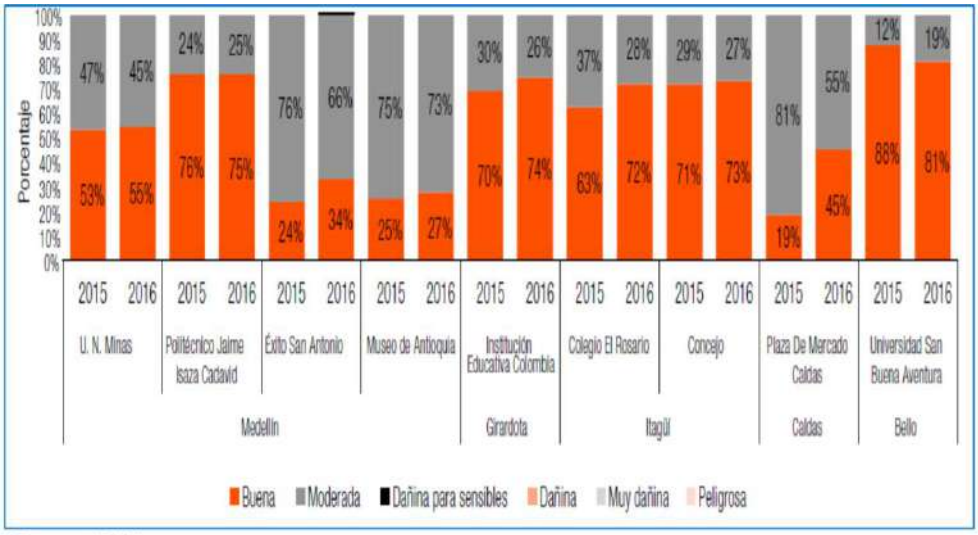


Ilustración 13 *Porcentaje de días según ICA PM10, 2015-2017 del Valle de Aburrá.*
Fuente: *unimilitar,2017* ***Tomado de:*** *https://oab.ambientebogota.gov.co/?post_type=dlm_download&p=14095.pdf*

Comportamiento anual de pm2.5 por estación

La (ilustración 14) "indica que Casi en todas las estaciones se observó la proporción de días con calidad dañina de aire siendo la estación de la Universidad Lasallista y Casa de la Justicia de Itagüí las de más bajo porcentaje, con un incremento de 2% y3 % respectivamente. En 2015 casi todas las estaciones la calidad del aire fue de buena, pero se resalta Tanques de Medellín y SOS Aburrá Norte Girardota que fue excelente" (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2017).

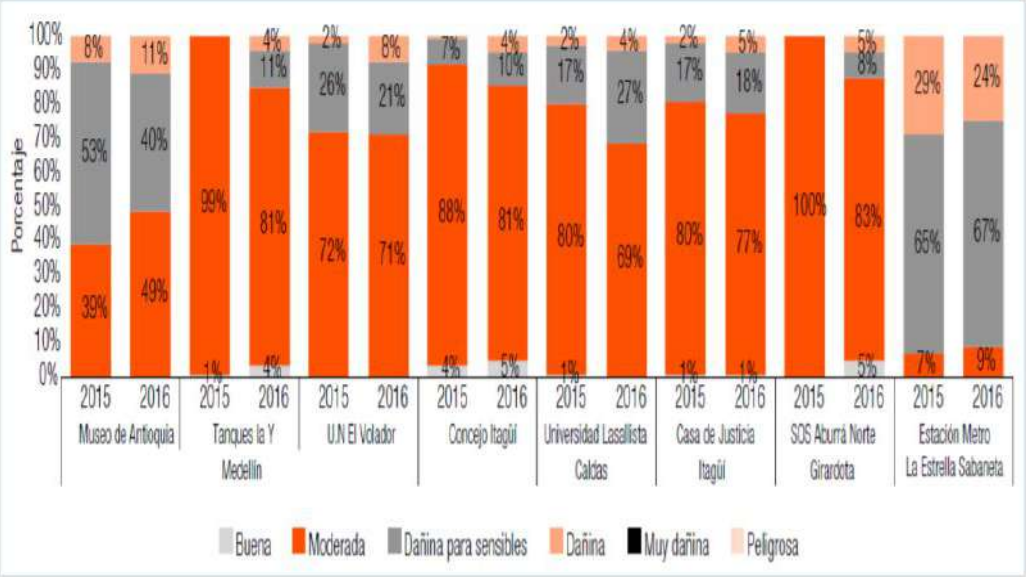


Ilustración 14 *Porcentaje de días según ICA PM2,5, 2015-2016 del Valle de Aburrá.*
Fuente: *AMVA, 2019* ***Tomado de:*** *http://oppcm.concejodemedellin.gov.co/sites/oppcm/files/2019-08/calidad-del-aire-2017.pdf*

Según el informe de Contaminación del aire en Medellín por pm10 y pm2.5 y sus efectos en la salud, "la contaminación de aire en el caso de Medellín es más grave debido a su condición topográfica que actúa como un tapón impidiendo la libre circulación del aire y, por ende, cualquier tipo de combustión que se presente puede quedarse detenida por días en la atmosfera incrementando notablemente la vulnerabilidad de las personas frente a afecciones respiratorias"(Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2017).

6.3 Brasil

"Brasil se ubica entre las diez potencias que más emiten GEI del mundo. Al mismo tiempo, es uno de los países más urbanizados del planeta, constituyendo la contaminación de sus ciudades un grave problema de salud pública. Si bien existe legislación, políticas y programas que abordan

por separado la contaminación del aire y el cambio climático, no hay nada específico para tratar los CCVC"(AIDA, 2016).

"Históricamente, la fuente más importante de emisiones de GEI en Brasil ha sido la deforestación, relacionada con la agricultura y ganadería, parte de las principales actividades económicas del país, de igual manera está entre los cinco principales países emisores de metano. Las emisiones provienen principalmente de sus grandes rebaños de ganado. Las emisiones asociadas a la quema de combustibles fósiles para la producción de energía han aumentado proporcionalmente al crecimiento económico del país. Luego de los recientes descubrimientos de petróleo en el país, es posible que en las siguientes décadas la quema de combustibles fósiles pase a ser la principal fuente de emisiones"(Ortúzar & Tornel (AIDA) , 2016).

Sao Paulo

"Es la ciudad más poblada del Brasil, junto con los municipios que la rodean e integran, constituye no sólo el mayor grupo de población sino también el mayor conjunto industrial de América del Sur. El desarrollo acelerado de la industria, aparte de traer prosperidad al Estado y a todo el país, ha creado innumerables problemas. La contaminación del aire va en aumento, con las ineludibles consecuencias para la economía, el bienestar y la salud de sus habitantes"(ING. HADDAD , 1963).

6.4 Chile

"El 2018, a nivel nacional el 63% (24 de 38) de las estaciones de monitoreo con representatividad poblacional presentaron concentraciones superiores al valor de la norma primaria anual para $MP_{2,5}$ (20 µg/m3). Las estaciones ubicadas en la zona sur del país registraron las mayores concentraciones, debido principalmente a la combustión de leña residencial. Para el Caso del MP10 (50 µg/m3N), El 53% (19 de 36) de las estaciones de monitoreo con representatividad poblacional sobrepasaron el límite normativo anual"(sinia, 2018) .

"Entre los efectos de la exposición crónica de la población a la contaminación por PM2,5 se consideran la mortalidad cardiorrespiratoria, admisiones hospitalarias por diversas causas, visitas a salas de emergencia por bronquitis agudas y restricciones de actividad que incluyen días de pérdida de trabajo y días de actividad restringida" (sinia, 2018).

TIPO DE EFECTO	CAUSA	GRUPO DE EDAD	CASOS (2018)	COSTOS SOCIALES (MM USD) (2018)
MORTALIDAD PREMATURA	Cardiopulmonar	Mayores de 30 años	3.640	2.437
ADMISIONES HOSPITALARIAS	Ataques de asma	Entre 0 y 64 años	130	0,15
	Cardiovasculares	Mayores de 18 años	1.563	3,9
	Pulmonar crónica	Mayores de 18 años	223	0,36
	Neumonía	Mayores de 65 años	984	1,7
VISITA A SALA DE EMERGENCIAS	Bronquitis aguda	Entre 0 y 17 años	88.635	5
RESTRICCIÓN DE ACTIVIDAD	Días de pérdida de trabajo	Entre 18 y 64 años	728.434	27
	Días de actividad restringida	Entre 18 y 64 años	3.212.560	36

Ilustración 15 *Estimación teórica de mortalidad y morbilidad por exposición a material particulado fino (MP2,5).*
Fuente: *sinia, 2018* ***Tomado de:*** *https://sinia.mma.gob.cl/iema-2020/calidad-del-aire-2/.pdf*

Composición de las emisiones al aire de $PM_{2,5}$, NO_x y SO_2 a nivel nacional por tipo de fuente

En la (Ilustración 16) se observan que "las emisiones nacionales totales en el 2017 de MP2,5, NOx y SO2 alcanzaron 115.659, 168.905 y 296.584 toneladas, respectivamente. En el caso del MP2,5 la combustión de leña residencial fue la principal fuente emisora (85,2%), seguido del transporte en ruta (6,5%). Respecto a las emisiones de óxidos de nitrógeno (NOx), el transporte en ruta (33,2%), otros procesos industriales (25,7%) y termoeléctricas (21,5%) fueron las principales fuentes. Las emisiones de dióxido de azufre (SO2) fueron generadas principalmente por las fundiciones (79,3%)" (sinia, 2018).

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

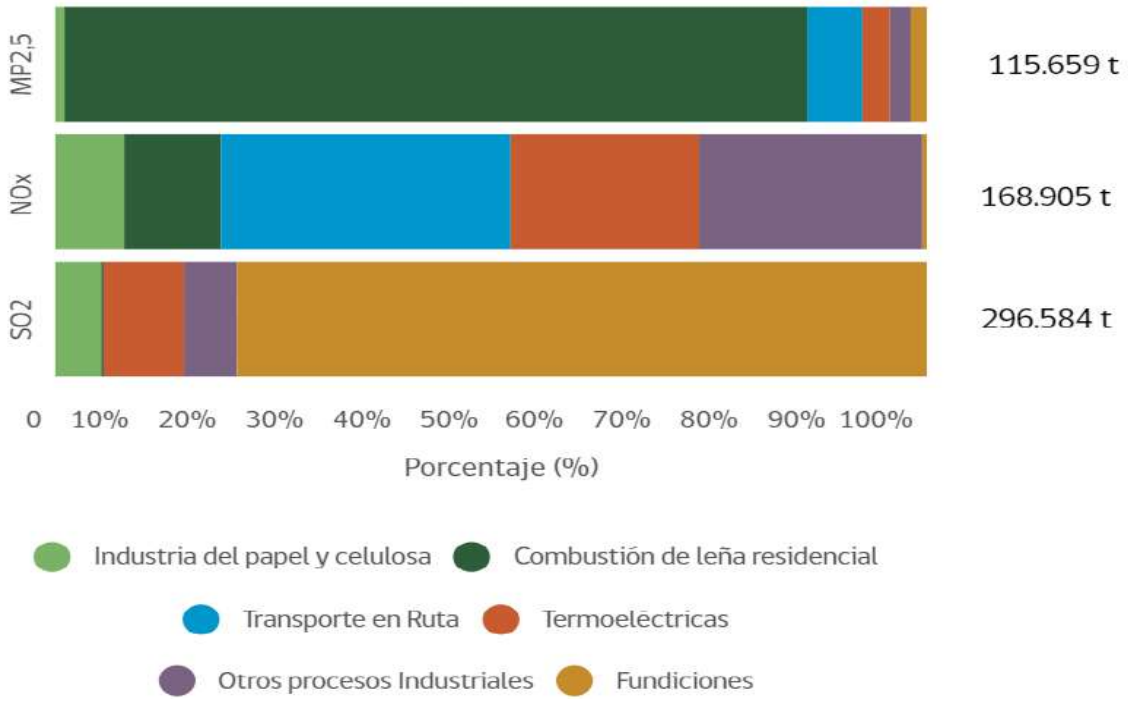


Ilustración 16 *Composición de las emisiones al aire de MP2,5, NOx y SO2 a nivel nacional por tipo de fuente.* ***Fuente:*** *sinia, 2018* ***Tomado de:*** *https://sinia.mma.gob.cl/iema-2020/calidad-del-aire-2/.pdf*

"Con respecto a gases de efecto invernadero (GEI), causantes del cambio climático, las emisiones netas del país al 2006 alcanzaron 60 millones de toneladas de CO2 equivalente. El CO2 contribuye con el 65% del total, siguiéndole el CH4 con el 21% y el N2O con el 14%. Las emisiones de otros GEI como HCFC, PFC y SF6 son poco significativas" (MMA, 2012)

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

7 CAPÍTULO 5: NORMATIVIDAD

7.1 Convenios Internacionales

Convenio de Ginebra de 1979

"Establece un marco de cooperación intergubernamental para proteger la salud y el medio ambiente contra la contaminación atmosférica que puede afectar a varios países. Esa cooperación se refiere a la elaboración de políticas adecuadas, el intercambio de información, la realización de actividades de investigación y la aplicación y desarrollo de un mecanismo de vigilancia. Las partes firmantes se comprometen a limitar, prevenir y reducir paulatinamente las emisiones de contaminantes atmosféricos" (MININTERIOR, 1949).

Convenio de Viena

"Para la Protección de la Capa de Ozono las Partes en el presente Convenio, Conscientes del impacto potencialmente nocivo de la modificación de la capa de ozono sobre la salud humana y el medio ambiente, deben implementar medidas para proteger la capa de ozono de las modificaciones causadas por las actividades humanas, lo cual requiere acción y cooperación internacionales" (MINAMBIENTE, 1980) .

Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

"La Convención reconoce la existencia del problema del cambio climático, y establece e un objetivo último: lograr la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera con el fin de impedir interferencias antropogénicas (causadas por el ser humano) peligrosas en el sistema climático" (NacionesUnidas, 1992).

Protocolo de kyoto

Convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático.

Acuerdo de París

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

El Acuerdo de París es un tratado internacional sobre el cambio climático.

7.2 Norma constitucional

"La Constitución Política de Colombia de 1991 elevó a norma constitucional la consideración, manejo y conservación de los recursos naturales y el medio ambiente" (CONSTITUCION POLITICA DE COLOMBIA, 1991), a través de los siguientes principios fundamentales:

Derecho a un ambiente sano

- **Artículo 79**

la Constitución Nacional (CN) consagra que: "Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La Ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines" (CONSTITUCION POLITICA DE COLOMBIA, 1991).

El medio ambiente como patrimonio común

- **Artículo 8.**

"Es obligación del Estado y de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación".

- **Artículo 95.**

"La calidad de colombiano enaltece a todos los miembros de la comunidad nacional. Todos están en el deber de engrandecerla y dignificarla. El ejercicio de los derechos y libertades reconocidos en esta Constitución implica responsabilidades. como lo es: Proteger los recursos culturales y naturales del país y velar por la conservación de un ambiente sano".

- **Articulo 58**

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

"la propiedad es una función social que implica obligaciones y, como tal, le es inherente una función ecológica".

- **Artículo 63.**

"Los bienes de uso público, los parques naturales, las tierras comunales de grupos étnicos, las tierras de resguardo, el patrimonio arqueológico de la Nación y los demás bienes que determine la ley, son inalienables, imprescriptibles e inembargables".

Desarrollo Sostenible

"Definido como el desarrollo que conduce al crecimiento económico, a la elevación de la calidad de vida y al bienestar social, sin agotar la base de los recursos naturales renovables en que se sustenta, ni deteriorar el medio ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para la satisfacción de sus propias necesidades" (CONSTITUCION POLITICA DE COLOMBIA, 1991).

- **Artículo 80.**

"El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados. Así mismo, cooperará con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en las zonas fronterizas". (CONSTITUCION POLITICA DE COLOMBIA, 1991).

7.3 Normatividad a nivel nacional

Política Nacional de Calidad del Aire

"Esta política se propone para todo el territorio nacional y se orienta a definir actividades que permitan gestionar el recurso aire de los centros urbanos, acorde con sus características

específicas y sus problemáticas ambientales actuales y proyectadas, así como de las zonas rurales que aún no cuentan con una problemática significativa. De igual manera, aborda como estratégicos los escenarios de articulación y coordinación existentes entre las autoridades ambientales y las de salud, transporte y energía, bajo un enfoque de coordinación y cooperación para la gestión en temas como vigilancia epidemiológica, renovación del parque automotor, calidad de combustibles, producción más limpia y consumo sostenible, buenas prácticas, mejores tecnologías disponibles, responsabilidad social empresarial, ordenamiento territorial y gestión de proyectos compartidos" (MAVDT, Política de Prevención y Control de la Contaminación del Aire, 2010).

Política Nacional de Calidad de Cambio Climático

"El objetivo de la Política nacional de cambio climático es incorporar la gestión del cambio climático en las decisiones públicas y privadas para avanzar en una senda de desarrollo resiliente al clima y baja en carbono, que reduzca los riesgos del cambio climático y permita aprovechar las oportunidades que este genera" (MINAMBIENTE, Politica Nacional de Cambio Climatico , 2017).

Ley 99 de 1993

"Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones" (Ambiente M. d., 1993).

Ley 715 de diciembre 21 de 2001

"Por la cual se dictan normas orgánicas en materia de recursos y competencias de conformidad con los artículos 151, 288, 356 y 357 (Acto Legislativo 01 de 2001) de la Constitución Política y se dictan otras disposiciones para organizar la prestación de los servicios de educación y salud, entre otros" (MINAMBIENTE, Ley 715, 2001).

Ley 1968 del 11 de julio de 2019

"Por el cual se prohíbe el uso de asbesto en el l territorio nacional y se establecen garantías de protección a la salud de los colombianos".

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

Decreto 2811 del 18 de diciembre de 1974

Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.

Decreto 948 de 1995 (junio 5)

"Por el cual se reglamentan, parcialmente, la Ley 23 de 1973, los artículos 33, 73, 74, 75 y 76 del Decreto - Ley 2811 de 1974; los artículos 41, 42, 43, 44, 45, 48 y 49 de la Ley 9 de 1979; y la Ley 99 de 1993, en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire" (Ambiente M. d., DECRETO 948 DE 1995, 1995).

"El presente Decreto contiene el Reglamento de Protección y Control de la Calidad del Aire, de alcance general y aplicable en todo el territorio nacional, mediante el cual se establecen las normas y principios generales para la protección atmosférica, los mecanismos de prevención, control y atención de episodios por contaminación del aire, generada por fuentes contaminantes fijas y móviles, las directrices y competencias para la fijación de las normas de calidad del aire o niveles de inmisión, las normas básicas para la fijación de los estándares de emisión y descarga de contaminantes a la atmósfera, las de emisión de ruido y olores ofensivos, se regulan el otorgamiento de permisos de emisión, los instrumentos y medios de control y vigilancia, el régimen de sanciones por la comisión de infracciones y la participación ciudadana en el control de la contaminación atmosférica" (Ambiente M. d., DECRETO 948 DE 1995, 1995).

Decreto 1697 de 1997 (junio 27 de 1997)

"Por medio del cual se modifica parcialmente el Decreto 948 de 1995, que contiene el Reglamento de Protección y Control de la Calidad del Aire."

Decreto 903 de 1998

"Prohíbe la práctica de quemas abiertas en áreas rurales, salvo las quemas controladas en actividades agrícolas y mineras que se hagan para la preparación del suelo en actividades agrícolas, el descapote del terreno en actividades mineras, la recolección de cosechas o disposición de rastrojo" (minambiente, 1998) .

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

Decreto 979 de 03 de abril de 2006

"Por el cual se modifican los artículos 7,10, 93, 94 y 108 del Decreto 948 de 1995" (MAVDT, 2006).

Resolución 601 de 04 de abril de 2006

"Por la cual se establece la Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia" (MAVDT, 2006).

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" (MAVDT, 2008).

Resolución 2604 de 2009

"Por la cual se determinan los combustibles limpios teniendo como criterio fundamental el contenido de sus componentes, se reglamentan los límites máximos de emisión permisibles en prueba dinámica para los vehículos que se vinculen a la prestación del servicio público de transporte terrestre de pasajeros y para motocarros que se vinculen a la prestación del servicio público de transporte terrestre automotor mixto y se adoptan otras disposiciones" (MINISTERIOS DE MINAS Y ENERGÍA,, 2009).

Resolución 610 de 24 de marzo de 2010

"Por la cual se modifica la Resolución 601 del 4 de abril de 2006" (MAVDT, 2010).

Resolución 650 de 29 de marzo de 2010

"Por la cual se adopta el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire" (MAVDT, RESOLUCIÓN (650), 2010)

Resolución 651 de 29 de marzo de 2010

"Por la cual se crea el Subsistema de Información sobre Calidad del Aire - SISAIRE"

Resolución 2154 de 2 de noviembre de 2010

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

"Por la cual se ajusta el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire adoptado a través de la Resolución 650 de 2010 y se adoptan otras disposiciones".

Resolución 6982 de 2011

"Por la cual se dictan normas sobre prevención y control de la contaminación atmosférica por fuentes fijas y protección de la calidad del aire. Atendiendo a las condiciones particulares del distrito capital, es necesario emitir una norma que controle la contaminación atmosférica en el perímetro urbano y que fijes los estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire producidos por fuentes fijas, con el fin de facilitar el seguimiento y control de dichas emisiones y propender por la disminución de las mismas mejorando la calidad del aire" (Ambiente S. D., 2011).

Resolución 1111 de 2013

"por la cual se reglamentan los niveles permisibles de emisión de contaminantes que deberán cumplir las fuentes móviles terrestres, se reglamenta el artículo 91 del Decreto 948 de 1995 y se adoptan otras disposiciones" (MADS, 2013).

Resolución 2254 de 2017

Por la cual se adopta la norma de calidad del aire ambiente y se dictan otras disposiciones.

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

8 CAPÍTULO 6 CONTROL Y MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE

Redes manuales

"Conjunto de dos o más estaciones manuales para el muestreo de contaminantes son utilizadas principalmente para el muestreo de partículas suspendidas mediante un manejo adecuado de la muestra, permite determinar su concentración. De igual manera, las partículas colectadas en la muestra pueden ser sometidas a distintos tratamientos en el laboratorio para determinar su composición, su uso dependerá de los objetivos de medición establecidos" ((IDEAM), 2018). Dentro de las ventajas de estos analizadores se tienen: su bajo costo, fáciles de operar, confiables en cuanto operación y funcionamiento. La (ilustración 17) indican el proceso general de operación de un SVCA Manual, y la estación de red de monitoreo respectivamente.

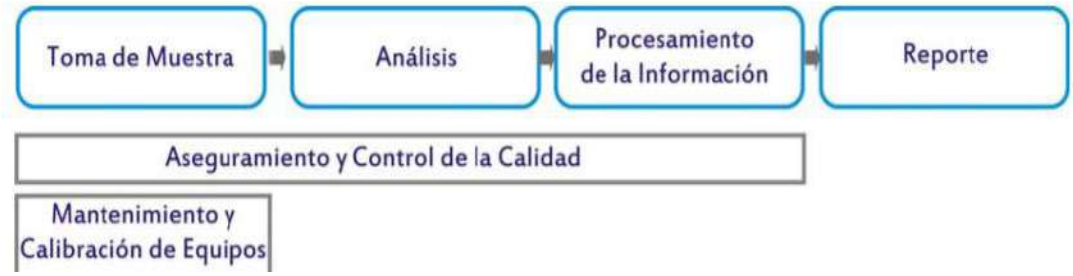


Ilustración 17 *Proceso general de operación de un SVCA Manual.*
Fuente: *ideam, 2018.* ***Tomado de:***
http://www.ideam.gov.co/documents/51310/527666/Protocolo+fuentes+fijas.pdf/65780586-e70d-434a-9da7-264d3649b2ba

- **Materiales de una red manual**

- Equipos de muestreo
- Laboratorios de análisis de muestras
- Programas de muestreo
- Procedimientos para el manejo de la muestra
- Programa de muestreo.

"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"
Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

La (ilustración 18) contiene el proceso metodológico al momento de realizar un sistema de vigilancia manual de calidad del aire, lo cual comprende el procedimiento de campo y laboratorio, procedimiento oficina central y procedimiento de auditoria.

"Las etapas del muestreo son: acondicionamiento y pesaje del medio filtrante, instalación del equipo de muestreo y del medio filtrante, periodo de muestreo, recolección, transporte, acondicionamiento y pesaje del filtro con la muestra, cálculo de la concentración, almacenamiento y, si procede, análisis de la muestra"(Instituto Nacional de Ecologia (ine), 2016). En la (ilustración 19) se observan los Principales contaminantes emitidos a la atmósfera por subcategorías de fuentes fijas.

Ilustración 18 *flujo de proceso de un SVCA Manual..*
Fuente: *Plan de Calidad Red de Calidad del Aire Zona Minera, 2008* ***Tomado de:***
http://www.ideam.gov.co/documents/51310/527666/Protocolo+fuentes+fijas.pdf/65780586-e70d-434a-9da7-264d3649b2ba.pdf

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

COT	Compuestos orgánicos totales	CTA	Contaminantes tóxicos del aire
COV	Compuestos orgánicos volátiles	CO_2	Bióxido de carbono
CO	Monóxido de carbono	N_2O	Óxido nitroso
NOx	Óxidos de nitrógeno	CH_4	Metano
SOx	Óxidos de azufre	CFC	Clorofluorocarbonos
PM	Partículas suspendidas		
PM_{10}	Partículas con diámetro aerodinámico menor a 10 micras	**Contaminantes a considerar para el desarrollo de un inventario de:**	
$PM_{2.5}$	Partículas con diámetro aerodinámico menor a 2.5 micras		Contaminantes criterio
NH_3	Amoniaco		Carbón negro (BC, por sus siglas en inglés), considerando solamente el Cele
Cele	Carbón elemental		Contaminantes tóxicos del aire
Corg	Carbón orgánico		Gases de efecto invernadero

Ilustración 19 *Principales contaminantes emitidos a la atmósfera por subcategorías de fuentes fijas.*
Fuente: *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2013.* ***Tomado de:*** *https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/2F1AECB7E100DA9705257D4D005632DA/$FILE/Gu%C3%ADa Metodol%C3%B3gicaParaEstimaci%C3%B3nDeEmisiones.pdf*

Pre-muestreo

En la (ilustración 20) procedimiento que se debe manejar al realizar el pre muestreo de material particulado para un SVCA manual.

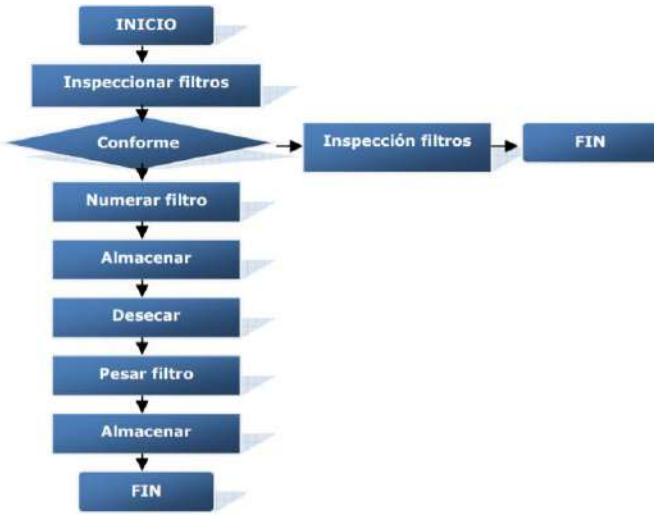


Ilustración 20 *Flujo de Pre-muestreo.*
Fuente: *MAVDT,2008.* ***Tomado de:*** *https://www.minambiente.gov.co/images/planeacion-y-seguimiento/pdf/Informes_de_Gesti%C3%B3n/Informe_de_Gesti%C3%B3n_MADS/6.1.5_Informe_Gestion_MAVDT_2008.pdf*

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

- ***Muestreo***

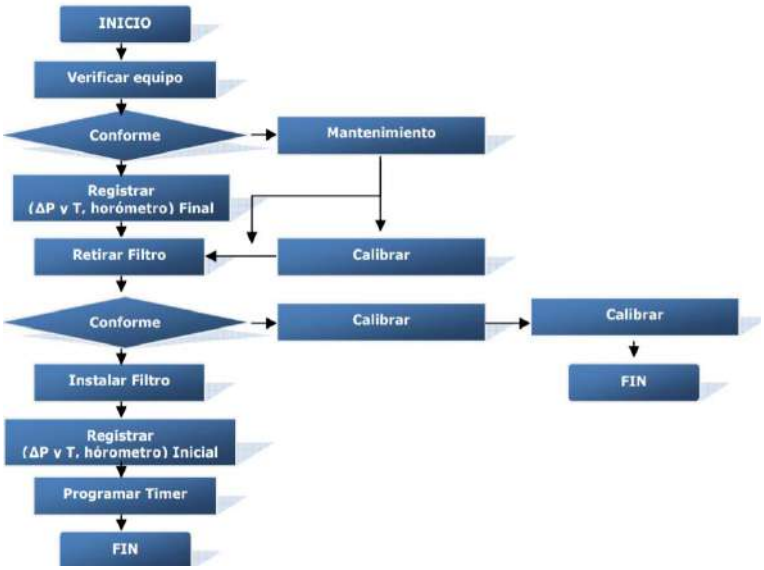


Ilustración 21 *pasos del Muestreo.*
Fuente: *MAVDT,2008.* ***Tomado de:*** *https://www.minambiente.gov.co/images/planeacion-y-seguimiento/pdf/Informes_de_Gesti%C3%B3n/Informe_de_Gesti%C3%B3n_MADS/6.1.5_Informe_Gestion_MAVDT_2008.pdf*

Redes automáticas.

Es el conjunto de dos o más estaciones automáticas para la medición de contaminantes atmosféricos. Cada estación contiene, diversos equipos, analizadores automáticos, monitores o sensores meteorológicos, destinados a monitorear las concentraciones de contaminantes del aire y algunos parámetros meteorológicos (MAVDT, 2008).

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

Ilustración 22 *Proceso general de operación de un SVCA Automático.*
Fuente: *MAVDT,2008.* ***Tomado de:*** *https://www.minambiente.gov.co/images/planeacion-y-seguimiento/pdf/Informes_de_Gesti%C3%B3n/Informe_de_Gesti%C3%B3n_MADS/6.1.5_Informe_Gestion_MAVDT_2008.pdf*

Dentro de las ventajas de estos analizadores se tienen: un alto nivel de funcionamiento comprobado, emiten datos en "tiempo real" y monitorean continuamente.

La (ilustración 23) muestra un Ejemplo captura y manejo de la información tomada por una red de monitoreo automático.

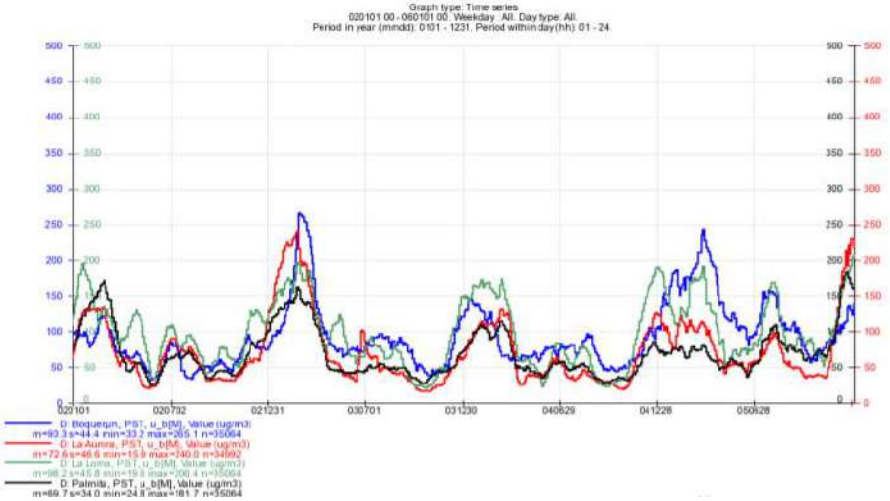


Ilustración 23 *Ejemplo captura y manejo de la información.*
Fuente: *MAVDT,2008.* ***Tomado de:*** *https://www.minambiente.gov.co/images/planeacion-y-seguimiento/pdf/Informes_de_Gesti%C3%B3n/Informe_de_Gesti%C3%B3n_MADS/6.1.5_Informe_Gestion_MAVDT_2008.pdf*

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

- ***Tipos de redes***

- **Red general de medición de la calidad del aire ambiente.**

"Estas redes se instalan con la finalidad de conocer el grado de exposición que tienen los habitantes de una localidad, los ecosistemas e inmuebles, a los contaminantes atmosféricos.

- **Red de medición de contaminantes de fuentes específicas.**

Este tipo de redes son instaladas en función de la ubicación de fuentes de emisión específicas, así como de los parámetros que son característicos de dichas emisiones.

- **Red de monitoreo de fuentes fijas.**

Esta red está compuesta por estaciones de medición ubicadas en lugares estratégicos para medir emisiones de fuentes fijas específicas.

- **Red de medición de emisiones vehiculares.**

las estaciones que conforman este tipo de red se ubican a un lado de las calles o avenidas principales, fuera de los carriles y atrás de la banqueta.

- **Red de medición de contaminantes específicos.**

Este tipo de redes tiene generalmente la finalidad de medir la concentración de contaminantes no criterio" (Instituto Nacional de Ecologia (ine), 2016).

Medición directa

"Se realiza a través de procedimientos donde se recolecta una muestra (usando equipos muestreadores) para su posterior análisis o mediante el uso de analizadores instrumentales (analizadores en tiempo real). El primer procedimiento corresponde a la captura de la muestra en la chimenea o ducto de la fuente, para su posterior análisis en laboratorio. El analizador

instrumental es un equipo que mide directamente la concentración de los contaminantes en la chimenea o ducto de emisión y reporta los valores de las emisiones de manera inmediata. Este equipo se puede emplear de manera eventual o permanente. Cuando se emplea de manera permanente el analizador forma parte de un sistema que recibe el nombre de sistema de monitoreo continuo de emisiones (CEMS por sus siglas en inglés)" (MAVDT; IDEAM, 2010).

- ***Métodos empleados para realizar la medición directa***

- **Método 1** – "Determinación del punto y velocidad de muestreo para fuentes estacionarias
- **Método 1A -** Determinación del punto y velocidad de muestreo para fuentes estacionarias con ductos o chimeneas pequeñas
- **Método 2** – Determinación de la velocidad y tasa de flujo volumétrica de gases en chimenea (Tubo Pitot tipo S)
- **Método 3** – Análisis de gases para la determinación del peso molecular base seca
- **Método 3B** – Análisis de gases para la determinación del factor de corrección de tasa de emisión o exceso de aire
- **Método 4** – Determinación del contenido de humedad en gases de chimenea
- **Método 5** – Determinación de las emisiones de material particulado en fuentes estacionarias
- **Método 6** – Determinación de las emisiones de dióxido de azufre en fuentes estacionarias
- **Método 7** – Determinación de las emisiones de óxidos de nitrógeno en fuentes estacionarias
- **Método 12** – Determinación de las emisiones de plomo inorgánico en fuentes estacionarias
- Número de pruebas o corridas para la medición de contaminantes" (ideam, 2014).

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

- ***Parámetros***

- "La evaluación de emisiones atmosféricas mediante medición directa debe comenzar como mínimo 30 minutos después de iniciada la operación del proceso o instalación.
- Debe finalizar antes que se detenga la operación del mismo, cumpliendo los tiempos y volúmenes mínimos establecidos por el presente protocolo.
- Las pruebas deben ser realizadas bajo las condiciones de operación representativa de la fuente fija establecidas en el presente protocolo.
- Se considera una operación representativa, aquella que se realice bajo condiciones de operación iguales o superiores al 90% de su operación normal.
- Cuando la medición se realice en instalaciones existentes, las fuentes fijas objeto de la evaluación de emisiones deben estar operando como mínimo al 90% de la capacidad de operación promedio de los últimos doce (12) meses. El porcentaje de operación (90%) deberá estar basado como mínimo en los datos del tipo y consumo de combustible, de la producción o de la carga"(MAVDT; IDEAM, 2010).

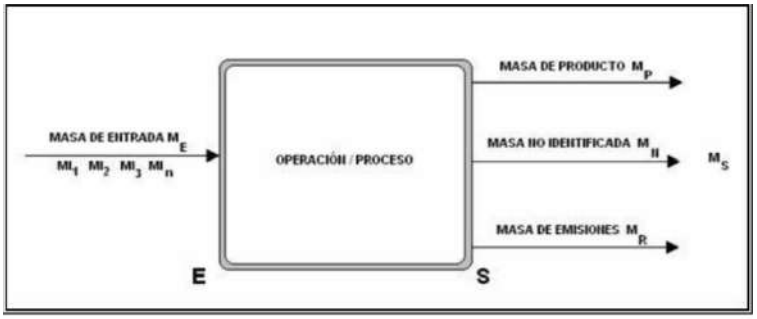
Balance de masas

"A través de la aplicación del método de balance de masas se representan las entradas y salidas de un sistema como se muestra en la (ilustración 24), con el fin de estimar de manera indirecta la emisión de sustancias contaminantes a la atmósfera, es decir, las emisiones que se producen y pueden cuantificarse durante periodos de tiempo prolongados. El balance de masas es muy utilizado en situaciones donde se presentan reacciones químicas, siendo apropiados en situaciones donde se pierde determinada cantidad de material por liberación a la atmósfera" (MAVDT; IDEAM, 2010).

"Para la evaluación de emisiones a través de la utilización de balance de masas, es necesario incluir todo el proceso productivo, el cual está constituido por una o varias operaciones unitarias o procesos unitarios. A su vez, una operación o proceso unitario puede desarrollarse en varias etapas,

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

aunque una sea la más visible y a su vez la más representativa de ellas o se observe como un único sistema" (ideam, 2014).



Donde:

$M_E = MI_1 + MI_2 + MI_3 + MI_N$
$M_S = M_P + M_R + M_N$
$M_E = M_S$
M = Masa
E = Entrada

Ilustración 24 *Esquema de entradas y salidas de un sistema para la evaluación por balance de masas.* ***Fuente:*** *MAVDT,2008.* ***Tomado de:*** *https://www.minambiente.gov.co/images/planeacion-y-seguimiento/pdf/Informes_de_Gesti%C3%B3n/Informe_de_Gesti%C3%B3n_MADS/6.1.5_Informe_Gestion_MAVDT_2008.pdf*

Muestreadores Pasivos

"Se basan en el principio de absorción molecular. Permiten recolectar una muestra, integrada en un periodo definido (por lo general de una semana a un mes), por difusión molecular en un material absorbente, específico para cada contaminante. El bajo costo de cada muestreador permite desplegarlos en grandes números en un área de interés. Eso es muy útil cuando se trata de identificar lugares críticos, de alta concentración de contaminantes, cerca de vías de alto tráfico o de áreas industriales, donde estudios más detallados pueden ser necesarios" (ideam, 2014).

Para obtener el mayor provecho de esta técnica se necesita una cuidadosa planeación de las mediciones y mucha atención al control y aseguramiento de calidad al proceso de análisis de muestras en el laboratorio de análisis de muestras.

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

"Los métodos de medición integral como los muestreadores pasivos, aunque en esencia limitados por su baja resolución temporal, serán adecuados para evaluar la exposición a largo plazo y muy útiles para los estudios de diagnóstico y diseño de RVCAs, por su poca demanda de recursos operativos y su bajo costo. Pese a lo anterior, se requiere que antes de ser utilizados en estudios a gran escala, sea necesario efectuar ajustes menores al muestreador o al protocolo de muestreo, especialmente, cuando las condiciones difieren de aquellas bajo las cuales el muestreador fue inicialmente diseñado y probado" (MAVDT; IDEAM, 2010).

Muestreadores Activos Manuales

"Estos equipos recolectan las muestras de contaminantes por métodos físicos o químicos para un posterior análisis en laboratorio. Por lo general toman un volumen conocido de aire y lo bombean a través de un colector (un filtro en el caso de las partículas o una solución química para los gases), por un periodo de tiempo determinado. Después el colector es retirado y llevado al laboratorio para su análisis" (MAVDT, 2007).

"Esta técnica ha sido empleada por mucho tiempo alrededor del mundo, por lo cual existen disponibles datos valiosos para la comparación de tendencias con otros lugares. Los factores que determinan la calidad de los datos obtenidos a través de esta técnica son los sistemas de muestreo (para los gases), el acondicionamiento de la muestra, los sistemas de gravimetría (para partículas) y los procedimientos de laboratorio para gases como SOX y NOx" (MAVDT, 2007).

Se describen algunos equipos:

Equipos Hi Vol (High Volumen Sampler)

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

"Un muestreador de alto volumen (muestreador activo) es un equipo que succiona una cantidad medible de aire ambiente hacia una caja de muestreo a través de un filtro durante un periodo de 24 horas. El filtro es pesado antes y después para determinar el peso neto ganado. El volumen total de aire muestreado se determina a partir de la velocidad promedio de flujo y el tiempo de muestreo. La concentración total de partículas en el aire ambiente se calcula como la masa recolectada divididas por el volumen de aire muestreado, ajustado a las condiciones estándar"(MAVDT, 2007).

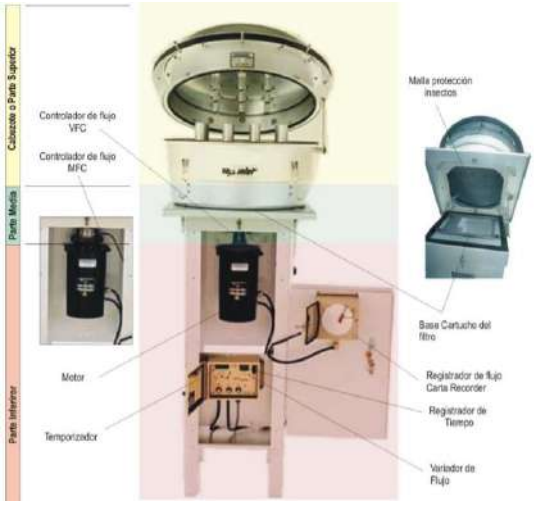


Ilustración 25 *Muestreador Hi Vol MP10*
Fuente: *MAVDT,2007.* ***Tomado de:*** *Protocolo monitoreo y seguimiento de la calidad del aire.pdf*

Equipos Muestreadores de Tres Gases

"Los equipos más conocidos es esta área son los equipos los Burbujeadores acidimétricos.

Algunas características

- Recolectan las muestras de contaminantes por métodos físicos o químicos para su posterior análisis en un laboratorio.
- Generalmente toman un volumen conocido de aire y lo bombean a través de un colector por un periodo de tiempo determinado.

"**Formando líderes** para la **construcción** de un nuevo **país en paz**"
Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

- Es una técnica muy popularizada en el mundo.
- Demanda una logística diaria para su operación.
- Se denominan activos porque requieren energía eléctrica para su funcionamiento"(MAVDT, 2007).

Muestreadores Semi-automáticos

"Consisten en muestreadores activos a los que se les han incorporado sistemas electrónicos para mejorar la calidad y despejar la incertidumbre en las mediciones: Al igual que los muestreadores activos necesitan de análisis posterior de la muestra.

Algunas características

- Sistema de control de flujo a una rata especificada por el usuario (5 a 18 l/min).
- Sistema incorporado con sensor de flujo másico.
- temperatura ambiente y presión.
- Microprocesador que permita la configuración de la programación del muestreo y almacenamiento de datos de estado de operación.
- Capacidad de muestrear varios días cambiando automáticamente los filtros" (MAVDT, 2007).

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

Ilustración 26 *Muestreador Semiautomatico*
Fuente: *MAVDT,2007.* ***Tomado de:*** *Protocolo monitoreo y seguimiento de la calidad del aire.pdf*

Analizadores Automáticos

"La información que genera este sistema de vigilancia, permite evaluar el comportamiento de los contaminantes atmosféricos, tanto en el tiempo como en el espacio. Además, por la confiabilidad y oportunidad de los datos que genera, se emplea para definir políticas y estrategias de prevención y control de la contaminación, al igual que para evaluar la eficacia de los programas que se implanten; Pueden proporcionar mediciones de tipo puntual con alta resolución (promedios horarios, o mejores), para la mayoría de los contaminantes criterio (SO2, NO2, CO, TSP, MP10), como para otras especies importantes (HCT, HCM/HCNM, COV, etc.). Estas muestras pueden ser analizadas en línea usualmente por métodos electro- ópticos (Absorción UV, o de IRND, fluorescencia o quimioluminiscencia), y los datos pueden ser transmitidos en tiempo real"(MAVDT, 2007).

Para obtener datos exactos, precisos y confiables con esta técnica, debe alcanzarse un estándar alto de mantenimiento y de operación además de un ajustado programa de aseguramiento y control de calidad.

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

"Si se desea implementar una estrategia de medición continua, los analizadores automáticos proporcionarán un cubrimiento temporal muy amplio y con relativamente poco esfuerzo operacional. Si se logra ajustar adecuadamente un programa de aseguramiento y control de calidad, estos analizadores son muy adecuados para obtener datos con un alto cubrimiento temporal y disponibilidad inmediata" (Gahmany, Alsina., & Biosca, 1986).

Equipos Automáticos para Medición de Gases

Ilustración 27 *Cabinas de Monitoreo equipos automáticos*
Fuente: *MAVDT,2007.* ***Tomado de:*** *Protocolo monitoreo y seguimiento de la calidad del aire.pdf*

"Algunas características generales

- Mediciones en tiempo real.
- Proporcionan mediciones de tipo puntual con alta resolución (promedios horarios, o mejores).
- Estas muestras pueden ser analizadas en línea usualmente por métodos opto-electricos (Absorción UV, o de IRND, fluorescencia o quimioluminiscencia).
- Capacidad de transmitir datos
- Necesita una logística de mantenimiento.

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

- Miden tanto gases como partículas
- Deben ser dispuestos en cabinas especialmente diseñadas
- Necesitan gases patrón de calibración" (MAVDT, 2007).

Equipos automáticos para medición de partículas

"Para el caso de material particulado se recomiendan los equipos tipo Beta Guage o TEOM.

El analizador Beta toma las partículas suspendidas en un filtro y mide el peso de las partículas por absorbancia de rayos beta. El coeficiente de absorción depende únicamente de la fuente de rayos beta únicamente, no de materiales, tamaños o colores de las partículas. Por consiguiente, el peso es determinado por la absorbancia únicamente (ayt, 2019).

El TEOM utiliza un filtro intercambiable montado al final de un tubo hueco afilado. El extremo ancho del tubo es fijo. El elemento afilado vibra en su frecuencia natural, el aire de muestreo se pasa a través del filtro donde se depositan las partículas. La frecuencia de vibración natural disminuye conforme aumenta la masa de material particulado en el filtro, mientras la electrónica del equipo monitorea esta frecuencia.

Basado en la relación física entre la masa depositada y la frecuencia de vibración el instrumento genera la masa de material particulado acumulado en el filtro. El cambio de masa en tiempo real es combinado con la exactitud del flujo controlado con el ánimo de garantizar una medición precisa de la concentración de material particulado.

Entre sus características generales se encuentran:

- Mediciones en tiempo real.
- Proporcionan mediciones de tipo puntual con alta resolución (promedios horarios, o mejores).
- Capacidad de transmitir datos
- Deben ser dispuestos en cabinas especialmente diseñadas" (ayt, 2019).

Sensores remotos

"Estos equipos usan técnicas espectroscópicas de largo paso. Obtienen datos integrados a lo largo del paso entre un emisor de luz y un receptor, o entre un emisor, un espejo y un receptor. Estos sistemas de medición pueden ser muy útiles en varias situaciones, en particular en cercanía de fuentes. Deben mantenerse un alto nivel de operación, calibración, y validación de datos para sacar provecho de esta técnica" (ideam, 2014).

Sistemas de alerta temprana

"El proceso de degradación ambiental implica varios factores. Para cada uno de estos factores deben considerarse variables que, al ser monitoreadas, permitan establecer en conjunto el estado del proceso de degradación ambiental para la cuidad. Las variables monitoreadas dentro de la zona son insumos para establecer indicadores de patrones de degradación por contaminación del aire" (epacartagena, 2015).

Moreno et al. (2014) establecen que "la metodología habitual para el establecimiento de un SAT, consiste en primer lugar,

- En identificar los fenómenos que suponen una amenaza para el hombre y evaluar su peligrosidad
- determinar el área afectada ante un determinado evento,
- estudiar, la modelación del sistema,
- la toma de datos en tiempo real,
- la creación de un Sistema de Información Geográfica, SIG y los elementos de alerta".

"Para ser eficaces, los sistemas de alerta temprana deben incluir activamente a las comunidades en riesgo, facilitar la educación y la concientización del público sobre tales riesgos,

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

diseminar eficazmente mensajes y alertas y garantizar una preparación constante" (Organización Mundial Meterologica (OMM), 2010).

"El Centro de Información RBLC La Agencia de Protección Ambiental (EPA) de Estados Unidos mantiene una base de datos pública que recopila las diversas técnicas de control de emisiones. La base de datos se denomina Centro de Información RBLC (RACT, BACT, LAER Clearinghouse) y puede consultarse mediante la página en Internet de la EPA" (epa, 2021) .

8.1 Sistemas de control de emisiones

Ciclones

"La eficiencia de estos equipos de control de emisiones de material particulado está asociada a la caída de presión del flujo de gases, a través del sistema, por ello es requisito indispensable que los sistemas de medición de presión que se instalen sean calibrados periódicamente. La caída de presión del sistema se debe registrar continuamente y almacenar de manera permanente en un medio magnético o físico"(CCA, 2005).

Materia prima

"Las opciones de control para fuentes de combustión

- Cambio en el tipo de combustible
- El uso de carbón y combustóleo bajos en azufre puede considerar una opción de control para las emisiones de SO2.
- El uso de madera como combustible puede especificarse, en función de su contenido de humedad, como medio para controlar las emisiones de partículas.
- La combustión de gas natural puede reducir las emisiones de NOx, SO2 y partículas suspendidas (PS).

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

- Las reducciones en la emisión de compuestos orgánicos volátiles (COV) en las industrias del recubrimiento y las artes gráficas (impresión) pueden lograrse mediante el uso de solventes de bajo contenido de COV o incluso solventes a base de agua"(CCA, 2005).

Condiciones del proceso

En las empresas se puede reducir las emisiones modificando las prácticas de cada proceso, buscando alternativas sustentables en relacion al contamínate emitido, se pueden implementar medidas como tapar contenedores, limitar las horas de operación de los equipos.

Control de óxidos de nitrógeno

"En el caso de las calderas, utilizar un quemador de baja producción de NOx. Estos quemadores están diseñados para operar a temperaturas más bajas, con el propósito de reducir al mínimo la formación térmica de NOx. Reducción selectiva no catalítica que consiste en inyectar amoniaco o urea en el escape para que reaccionen con los NOx y formen nitrógeno y agua. Es uno de los controles de NOx más eficaces para las fuentes de combustión" (CCA, 2005).

Control de partículas

- ***Colectores mecánicos***

  Se utilizan en su capacidad de control previo.

- ***Precipitadores electrostáticos***

  "Es un equipo de control de partículas que utiliza un campo eléctrico para mover las partículas fuera de la corriente del gas y sobre las placas del colector. El gas de combustión que transporta el material particulado o ceniza volante, pasa a través de un campo eléctrico donde las partículas son cargadas negativamente y atraídas por un electrodo colector con carga opuesta" (Saravia Morales, 2008).

- ***filtros de tela o lavadores húmedos***

  "varían en su aplicación, desde fuentes de emisión muy pequeñas hasta las de gran escala, y se fabrican con telas o fibras muy diversas, dependiendo de las características de la corriente de escape. La actividad que emplee un lavador húmedo como sistema de control, deberá instalar, calibrar, operar y mantener un sistema de monitoreo que mida y registre continuamente la caída de

"*Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz*"
Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

presión de los gases a través del lavador, y además registrar el flujo del líquido que emplea el lavador" (HERRERA SEPULVEDA & VALENCIA RIVILLAS, 2005).

- ***Filtros de mangas***

"son uno de los equipos más representativos de la separación sólido-gas mediante un medio poroso: aparecen en todos aquellos procesos en los que sea necesaria la eliminación de partículas sólidas de una corriente gaseosa. Eliminan las partículas sólidas que arrastra una corriente gaseosa haciéndola pasar a través de un tejido (bibing, 2020). Presentan altos rendimientos de depuración, incluso para partículas muy finas. Son valores usuales rendimientos del 99 % al 99,9 % para partículas con tamaños comprendidos en un rango muy amplio de tamaños, desde submicrónicas hasta de varios cientos de micras. Pueden operar con una amplia variedad de polvos, de distinta naturaleza y propiedades tanto físicas como químicas. Permiten un diseño y construcción modular, siendo así adaptables al tratamiento de caudales de gas muy distintos" (bibing, 2020).

Control de compuestos orgánicos volátiles

- ***Condensación***

  Enfría la corriente de escape, dando lugar a que los compuestos volátiles se precipiten.

- ***Oxidación térmica***

  "Es una forma simple y eficaz para la destrucción de COV, Las unidades de oxidación térmica consisten en un sistema que convierte las emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV´s) y de otros contaminantes peligrosos en agua y dióxido de carbono, mediante el incremento de la temperatura de las emisiones hasta alcanzar su temperatura de oxidación, aproximadamente 800 °C, y manteniendo esta temperatura al menos por medio segundo" (Mateo Payá , 2020).

- ***Biofiltración***

- ***Adsorción por Carbón Activado***

"La mayoría de los solventes industriales pueden ser recuperados con carbón activado. El vapor de agua, dada su elevada temperatura, des–adsorbe el solvente desde el carbón y lo conduce fuera de la zona de adsorción a un intercambiador de calor donde la mezcla es condensada y enfriada" (Carriazo, Saavedra, & Martha J. , 2010)

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

8.2 Métodos de Control de la Calidad del Aire

"La relación entre la contaminación atmosférica y la salud humana es reconocida internacionalmente por lo que su monitoreo y control en lugares de alta concentración poblacional es de vital importancia. La Estrategia Ambiental Nacional establece explícitamente en uno de sus objetivos: Reducir la tasa de mortalidad atribuible a enfermedades respiratorias" (Cruz Virosa, Cabello Eras, Sorinas González, Varela Haro, & Costa Pérez, 2015).

"Compete a las autoridades ambientales del orden regional y urbano, de conformidad con la ley 99 de 1993, ejercer la función de máxima autoridad ambiental en el área de su jurisdicción, de acuerdo con las normas de carácter superior y conforme a los criterios y directrices trazadas por el MAVDT. Como tal, deben efectuar la evaluación, control y seguimiento ambiental de los usos del agua, el suelo, el aire y los demás recursos renovables" (Minambiente, 2005).

Las autoridades ambientales exigen la obtención periódica de un Certificado de Emisiones a los vehículos. Estos certificados son requeridos por las autoridades de policía y tránsito.

"En el caso del control a fuentes fijas, las autoridades ambientales locales exigen, dependiendo de la naturaleza del proyecto, la obtención de permisos licencias o autorizaciones, y realizan el respectivo seguimiento ambiental a los proyectos, obras o actividades. Además, algunos sectores industriales están obligados a auto-declarar anualmente sus emisiones" (Minambiente, 2005).

El (MAVDT) definió a través de la (Resolución 0643 de 2004) "los indicadores mínimos de referencia para la evaluación de los impactos y la gestión de las CAR".

Para el caso específico de la contaminación del aire y con el propósito de reducir los efectos en salud asociados con los problemas ambientales, se establecieron los siguientes indicadores de gestión:

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

"Carga contaminante reducida por proyectos de control implementados, número de permisos de emisión otorgados y número de permisos de emisión con seguimiento. La implementación de dichos indicadores es competencia de las corporaciones, quienes deberán obtener la información de manera oportuna y con calidad" (Minambiente, 2005).

Sector Energético

El Plan Nacional de Desarrollo (PND) y el Plan Energético Nacional (PEN) "incluyen una serie de propuestas con beneficios potenciales para la calidad del aire. Entre ellas están la masificación del gas natural vehicular (GNCV); la promoción del Gas Natural. Adicionalmente, la ampliación de la oferta de energéticos como el biodiesel y el alcohol carburante".

Sector Transporte

"En armonía con el "Plan Energético Nacional, el Plan Estratégico del Sector Transporte 2003" propone el fomento al uso de combustibles más limpios como el gas natural y los biocombustibles, los Sistemas Integrados de Transporte Masivo (SITM), los Planes Integrales de Movilidad, que incluyen sistemas no motorizados de transporte, y la chatarrización de vehículos obsoletos de transporte público" (MINISTERIO DE TRANSPORTE, 2002) .

Desarrollo Urbano

"Además de los Sistema Integrado de Transporte Masivo (SITM), algunas ciudades han adoptado, de manera descentralizada, medidas complementarias orientadas a mejorar el tráfico vehicular y a promover sistemas alternativos de transporte. Entre ellas se destacan el pico y placa, acciones pedagógicas como el día sin carro, la construcción de ciclo rutas, el mejoramiento y ampliación de la malla vial urbana. El Ordenamiento Urbano, a través de los Planes de Ordenamiento Territorial (POT), constituye una importante herramienta para prevenir y controlar la contaminación del aire. Puede contribuir a disminuir tiempos de viaje, a aliviar la congestión vehicular; y a la ubicación estratégica de las actividades industriales. Sin embargo, los municipios y ciudades no han incluido explícitamente consideraciones relativas a la calidad del aire en los procesos de planificación y ordenamiento urbano" (Minambiente, 2005).

Sector Salud

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

"La recolección y reporte de datos y estadísticas sobre Infecciones Respiratorias Agudas (IRA) y su análisis conjunto con los datos sobre calidad del aire son la base para el diseño, evaluación y ajuste de políticas, regulaciones y estrategias eficientes y equitativas para el control de la contaminación del aire".

Sector Industrial

"La Política Nacional de Producción Más Limpia67 busca la competitividad de los sectores productivos a través del mejoramiento en su desempeño ambiental. Para ello se han definido e implantado estrategias, tales como: i). proyectos piloto demostrativos; ii). incentivos económicos - exenciones sobre IVA y Renta - a la inversión ambiental68; iii). programas de asistencia técnica a los medianos y pequeños empresarios a través de los Nodos de Producción Más Limpia y Ventanillas Ambientales promovidas por las autoridades ambientales regionales y urbanas; iv). convenios de Producción Más Limpia con diferentes sectores y; v). guías ambientales69. En desarrollo de las estrategias se han establecido metas asociadas con la reducción de contaminantes al aire" (Minambiente, 2005).

8.3 Energía Limpias

"Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, el sector agrícola es responsable de al menos el 18% de las emisiones de gases de efecto invernadero (la ganadería representa aproximadamente el 40% de las emisiones globales). Sin embargo, en los últimos años la ciencia y la tecnología han abordado esa problemática, y con diversos métodos y herramientas contribuyen a frenar el cambio climático" (FAO,2017).

Los siguientes casos son algunas de las contribuciones de las empresas al desarrollo sostenible

"Apple, es una empresa estadounidense que diseña y produce equipos electrónicos, software y servicios en línea. La empresa posee los más grandes paneles solares privados, ubicados en el centro Maiden, Carolina del Norte, estos generan alrededor de 167 millones de kilovoltios por hora de electricidad.

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

Google, gigante de la tecnología ha invertido ya alrededor de 1.5 billones de dólares a nivel mundial especialmente en la generación de energía eólica que se produce con frecuencia en granjas cercanas a sus centros de datos. Además, el rey de las búsquedas en internet también es responsable de la instalación del panel solar corporativo más grande en 2007.

Adobe Systems está enorme compañía de software instaló 20 turbinas de viento verticales como parte de su compromiso con la energía limpia.

eBay un gigante del comercio electrónico, un objetivo público de la compañía para el 2015 era obtener al menos el 8% de su energía a través de fuentes limpias.

SC Johnson & Son de acuerdo con la EPA, esta empresa familiar responsable de comercializar productos de limpieza obtiene alrededor del 40% de su energía de fuentes limpias. Entre los proyectos que ha impulsado se encuentran dos turbinas eólicas de 415 metros de altura y sistemas de cogeneración en su planta de fabricación más grande de Wisconsin. También ha impulsado el desarrollo de biocombustibles en Indonesia y la instalación de paneles solares en China" (ANCU SIERRA, BOSSA CAAMAÑO, & VIVES BONNETT, 2018).

Las energías limpias: Colombia

El Plan Energético Nacional, "plantea que uno de los programas que se pretende incentivar está orientado a la producción de agrocombustibles. Mediante el incremento de productos como el alcohol a partir de materias primas diferentes a las convencionales, dentro de las que se encuentran: maíz, yuca, sorgo, remolacha o cualquier otro tipo de biomasa de azúcar. El horizonte del biocombustible se enfoca a la producción a partir del aceite de palma hasta sustituir un 5% de la demanda de ACPM" (UPME 2007). Vale la pena aclarar que, en "Colombia se fomenta la producción y uso de los agrocombustibles a pesar del gran debate existente entre el uso de energías limpias y la seguridad alimentaria, al destinar muchos de los cultivos de alimentos para la producción de energía, los impactos ambientales de los monocultivos y los conflictos por posesión y utilización de tierras" (ANCU SIERRA, BOSSA CAAMAÑO, & VIVES BONNETT, 2018).

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

"Energía limpia XXI afirma que Colombia se ubica en primer lugar en Latinoamérica y número 8 a nivel mundial en energía renovable según Índice Global de Desempeño de Arquitectura de Energía (EAPI) del Foro Económico Mundial, que por quinto año clasifica el rendimiento de los sistemas energéticos de los países y observa las tendencias en la transición energética global. El país ocupa el puesto 8 en la clasificación mundial y es la primera nación no europea en aparecer en el top 10" (UPME 2007).

Empresas de Colombia que trabajan con energías limpias

Océano Verde "Es una parcelación de casas campestres que goza de un entorno natural en un área aproximada de 650.000m2. Rodeada por dos ríos, el Jamundí y el Jordán, bosques de guaduales, senderos ecológicos con fauna y flora nativa y un lago de aproximadamente 40.000m2, esta área abierta y llena de naturaleza es el escenario ideal para una construcción sostenible" (celsia, 2017).

La Compañía Nacional de Chocolates, "tiene el techo de energía solar más grande de Antioquia en su fábrica en Rionegro. El sistema fotovoltaico, que cuenta con 8.000 módulos y 74 conversores y tiene capacidad para generar 2.132 kWp. El sistema está diseñado para el autoconsumo en el proceso productivo de la empresa y se estima que, en la máxima radiación solar, genere entre 15 % y 20 % del total del consumo de la empresa" (ANCU SIERRA, BOSSA CAAMAÑO, & VIVES BONNETT, 2018).

El Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT "tiene el primer piso solar para autogeneración instalado en Colombia. Comprende 2.820 módulos solares que equivalen a una generación de 902 kWp, aportándole una reducción del 12% a la tarifa de energía convencional $50 millones al año y la posibilidad de no emitir 458 toneladas anuales de CO2"(celsia, 2017).

La guajira "cuenta con un potencial de 15.000 megavatios (MW) solo en energía eólica y granjas solares, lo que representaría cerca de 90% del total que en la actualidad se genera en Colombia, entre todos los tipos de fuentes y que incluyen el recurso hídrico. "El país tiene una

radiación solar promedio de 4,5 kilovatios (KW) por metro cuadrado, con algunas áreas del Caribe como La Guajira, que alcanzan 6 KW, lo que es 66% superior al promedio mundial", apuntó Raúl Grajales, experto en medio ambiente de la Universidad de Antioquia"(ANCU SIERRA, BOSSA CAAMAÑO, & VIVES BONNETT, 2018).

Santa Marta "como una de las primeras ciudades del país en empezar a usar fuentes alternativas de energía en la infraestructura. La Alcaldía de Santa Marta puso en funcionamiento la primera intersección semaforizada alimentada con energía solar en la ciudad, ubicada en la avenida de El Ferrocarril con la avenida de El Río. Un reporte de Energía Limpia destaca que este sistema permitirá que los semáforos queden funcionando por seis horas, luego que se vaya el fluido eléctrico, lo que mejorará la movilidad e impedirá caos vehiculares y embotellamientos" (celsia, 2017).

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

9 CONCLUSIONES

Según informe de la OMS en el año 2018, la contaminación del aire en Colombia representa un importante riesgo medioambiental para la salud, las 17.549 muertes, que corresponde al 8% del total de la mortalidad anual en Colombia se debe al incremento de contaminantes en el aire, ocasionando aumento de la carga de morbilidad producida de accidentes cerebrovasculares, cánceres, infecciones respiratorias entre otras.

En Colombia se han establecido políticas rigurosas para el control y seguimiento de los contaminantes atmosféricos, mediante decretos y resoluciones que contiene los niveles máximos permisibles según actividad y contaminante generado, de igual manera sanciones contundentes al no cumplimiento de los mismos.

Para el año 2019 en Colombia operaron ciento setenta y cinto (175) estaciones de monitoreo, de las cuales noventa y nueve (99) cuentan con tecnologías de monitoreo manual, cincuenta y seis (56) son automáticas y veinte (20) mixtas, ubicadas principalmente en las ciudades Bogotá, Medellín, Pasto, Cali, Manizales, Bucaramanga entre otras.

A partir de la recopilación del análisis de la información se logró determinar que la aplicación de tecnologías para el control y monitoreo de la calidad del aire es una medida eficiente, toda vez que se pueden determinar el tipo, nivel y tiempo del contaminante presente, mediante los valores arrojados por cada estación de vigilancia de calidad del aire, permitiendo realizar seguimiento de los mismos e implementar políticas y estrategias de mejora y mitigación.

Regulaciones sobre el tamaño y edad del parque automotor resultan fundamentales para la política de prevención y control de la calidad del aire. El incremento de la congestión vehicular, el uso de tecnologías de alto consumo o la utilización de combustibles altamente contaminantes deben ser revisados y analizados para reducir las emisiones y por ende los impactos sobre la salud pública.

Las acciones adelantadas por las autoridades ambientales y de salud han sido por lo general aisladas y discontinuas. Se requiere integrar el seguimiento a los impactos en salud con la calidad del aire, basados en la información epidemiológica. Esto implicaría sistemas de información integrados, con equipos de investigación y seguimiento. En el mejor de los casos con capacidad de análisis prospectivo y pronóstico.

En Colombia ya se han creado iniciativas para dar paso hacia el establecimiento de políticas en energías renovables, para esto es necesario el apoyo de los principales sectores de la economía, para de esta manera ampliar el cubrimiento de las mismas y hacer más efectiva su implementación.

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

10 GLOSARIO

Medio ambiente

El ambiente es definido como el sistema de elementos abióticos, bióticos y socioeconómicos con que interactúa el hombre, a la vez que se adapta al mismo, lo transforma y lo utiliza para satisfacer sus necesidades.

Contaminación

La contaminación es el ingreso de sustancias químicas nocivas en un entorno determinado. Este fenómeno afecta al equilibrio de dicho entorno y lo convierte en un ambiente inseguro. Las causas de la contaminación ambiental dependen de varios agentes y varían según el ecosistema al que afecten.

Tipos de contaminación ambiental

La contaminación puede ser, en general, de dos tipos de contaminación:

Natural:

causada por fenómenos como los incendios forestales, las erupciones volcánicas, los sunamis o los terremotos.

Artificial:

provocada por la actividad del ser humano, Como por la interrupción de los ciclos naturales del ecosistema, el mal uso de los recursos naturales o la mala gestión de los residuos.

Causas de la contaminación ambiental

Estas se producen como consecuencia del aumento de la población humana y del incontrolable desarrollo industrial. Se provoca un desequilibrio en el medio ambiente ante la presencia de agentes contaminantes físicos, químicos o biológicos:

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

- **Contaminantes químicos:**

proceden de la industria química, donde se generan productos tóxicos como ácidos, disolventes orgánicos, plásticos, derivados de petróleo, abonos sintéticos y pesticidas.

- **Agentes físicos:**

provienen de acciones causadas por la actividad del ser humano como el ruido, la radioactividad, el calor y la energía electromagnética.

- **Contaminantes biológicos:**

provocados por la descomposición y la fermentación de los desechos orgánicos como excrementos, serrín de la industria forestal, papel, desperdicios de las fábricas o los desagües.

Todos estos contaminantes marcan las causas de la contaminación del medio ambiente en cualquier entorno; sin embargo, las causas y factores se especifican dependiendo de si afectan al agua, al aire o al suelo (fundacionaquae, 2015).

Fuentes fijas:

"Se conoce como fuente fija la fuente de emisión situada en un lugar determinado e inamovible, aun cuando la descarga de contaminantes se produzca en forma dispersa (IDEAM, 2014), siendo este contaminante un fenómeno físico, en estado sólido, líquido o gaseoso, causante de efectos adversos en el medio ambiente, a los recursos naturales renovables y a la salud humana" (amb, 2019).

Fuentes móviles

"Las emisiones por fuentes móviles se produce por la quema de combustibles fósiles utilizados por el parque automotor ya que los vehículos automotores son los principales emisores de contaminantes como óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, hidrocarburos no quemados, dióxidos de azufre y compuestos orgánicos volátiles" (ideam, 2014).

Contaminación del Aire

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

"La contaminación del aire es una mezcla de partículas sólidas y gases en el aire que respiramos. Las principales causas se relacionan con la quema de combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y el gas cuyo origen principal se encuentra en el sector industrial, la extracción de pozos petrolíferos y el transporte por carretera" (ING. HADDAD , 1963)..

Causas de la Contaminación del Aire

- **Actividad humana:**

"La industria, el transporte y las actividades domésticas producen una gran cantidad de desechos en forma de humo, hollín, polvos finos, gases y vapores, los que suelen ser vertidos en la atmósfera, donde permanecen si las causas naturales no los eliminan" (ING. HADDAD , 1963)..

- **Condiciones geográficas y meteorológicas**

"No basta verter los desechos gaseosos en el aire para que surja el problema de la contaminación atmosférica, tales substancias pueden ser arrastradas por el viento o por las lluvias, o subir hacia las capas altas de la atmósfera, diluyéndose lo suficiente para no llegar a causar daños ni molestias. Las condiciones topográficas y meteorológicas, estrechamente relacionadas, son las que hacen que una ciudad presente o no inconvenientes debidos a la calidad del aire que respiran sus habitantes. La velocidad y dirección de los vientos, el régimen de lluvias y la mayor o menor estabilidad de la atmósfera representan un papel preponderante a este respecto" (ING. HADDAD , 1963).

Tipos De Contaminación:

"De acuerdo con las principales substancias que la causan y con los efectos que puede producir, se distinguen dos tipos principales de contaminación:

- **Contaminación primaria:**

Tiene su origen en los desechos vertidos en la atmósfera y que se mantienen en la misma forma en que llegan a ella, casi sin sufrir transformaciones. Sus principales componentes son el humo, el hollín y el anhídrido sulfuroso.

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

- **Contaminación secundaria**

La energía de la luz solar actúa sobre los contaminantes primarios haciéndolos reaccionar, originando nuevas substancias.

- **Contaminación tipo Poza Rica**

Originada por un contaminante en muy alta concentración.

- **Contaminación tipo Yokohama**

Caracterizada por un asma bronquial alérgica que desaparece si los pacientes se alejan de la zona afectada" (ING. HADDAD , 1963).

Principales fuentes que producen gases contaminantes

- "La extracción de hidrocarburos de los campos de petróleo, de carbón y de gas.
- La combustión de combustibles por el transporte.
- El proceso digestivo de los bovinos por la masiva industria agrícola-ganadera.
- La actividad microbiana en aguas servidas.
- La combustión de bosques tropicales" (fundacionaquae, 2015).

Consecuencias de la contaminación ambiental

Son muchas las consecuencias que se generan por la contaminación ambiental. Éstas generan una gran preocupación por sus efectos contaminantes en la naturaleza y en la salud del ser humano.

- **Calentamiento Global**

"Este fenómeno supone un aumento de la temperatura del planeta de forma progresiva tanto a nivel atmosférico como en los mares y océanos. El carbono negro, el ozono troposférico y el metano son los responsables de entre el 30% y 40% del calentamiento global, según Coalición Clima y Aire Limpio. Todo esto provoca que los veranos cada vez sean mucho más calurosos y que las temperaturas medias duren cada vez menos tiempo" (fundacionaquae, 2015).

- **Desarrollo de enfermedades**

La contaminación ambiental supone un riesgo para la salud humana, así como para los seres vivos que habitan en los ecosistemas. Según afirma la Organización Mundial de la Salud, "la contaminación atmosférica como el monóxido de carbona aumenta las posibilidades de padecer enfermedades. Entre ellas, encontramos enfermedades respiratorias agudas, como la neumonía, y crónicas como el cáncer de pulmón y las enfermedades cardiovasculares" ((OMS), 2018) .

- **Extinción de especies**

"La tala indiscriminada, la explotación excesiva de los recursos naturales y la emisión de gases contaminantes a la atmósfera amenazan la vida de especies y plantas. Toda vez que van reducido su hábitat. Algunas llegan incluso a la extinción" (awsassets, 2018).

Salud pública

Salud Pública es la disciplina dedicada al estudio de la salud y la enfermedad en las poblaciones.

Morbilidad

se oriente a la incidencia de la enfermedad, a la frecuencia con que se suman nuevos casos en una región y en un periodo específicos.

PM 10

Las PM10, también llamadas partículas inhalables, son las partículas menores a 10 micrómetros, se consideran como contaminantes constituidos por material líquido y sólido de muy diversa composición y tamaño, que se encuentran en el aire (Canales-Rodríguez, Quintero-Núñez, Castro-Romero, & García-Cuento, 2014).

PM 2.5

"Las PM2,5, conocidas como partículas finas, son altamente nocivas debido a su tamaño, ya que penetran y se pueden alojar en las profundidades del tejido pulmonar. La exposición máxima

segura estipulada por la OMS de partículas PM2,5 es de 10” (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA), 2019) .

Material Particulado

“Mezcla de partículas sólidas y gotas líquidas que se encuentran en el aire. Algunas partículas, como muestra la (ilustración 28), el polvo, la suciedad, el hollín, o el humo, son lo suficientemente grandes y oscuras como para verlas a simple vista. Otras son tan pequeñas que solo pueden detectarse mediante el uso de un microscopio electrónico” (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA), 2019) .

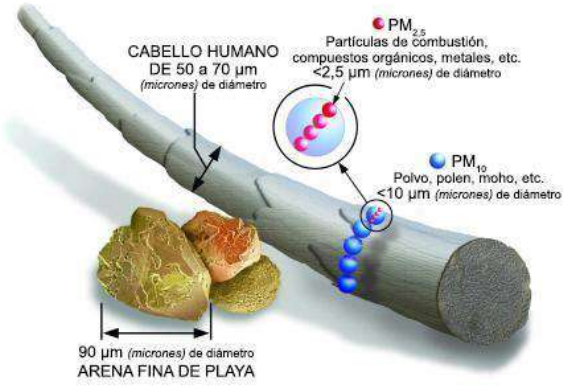


Ilustración 28 *Comparación de tamaño de las partículas de PM.*
Fuente: *(EPA), 2019)* ***Tomado de:*** *https://espanol.epa.gov/espanol/conceptos-basicos-sobre-el-material-particulado-pm-por-sus-siglas-en-ingles.pdf*

La (ilustración 29 y 30) muestra un esquema de las principales fuentes, tipos, y contaminantes que se generan en cada actividad y su interacción con la atmosfera.

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

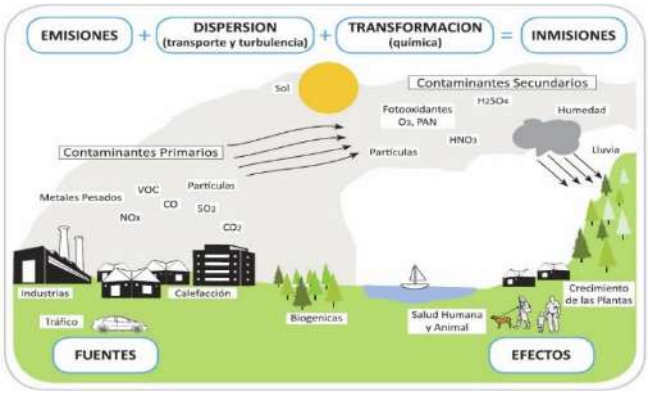


Ilustración 29 *Contaminación Atmosférica.*
Fuente: *Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021* ***Tomado de:*** *https://espanol.minambiente.gov/espanol/conceptos-basicos-sobre-el-material-particulado-pm.pdf*

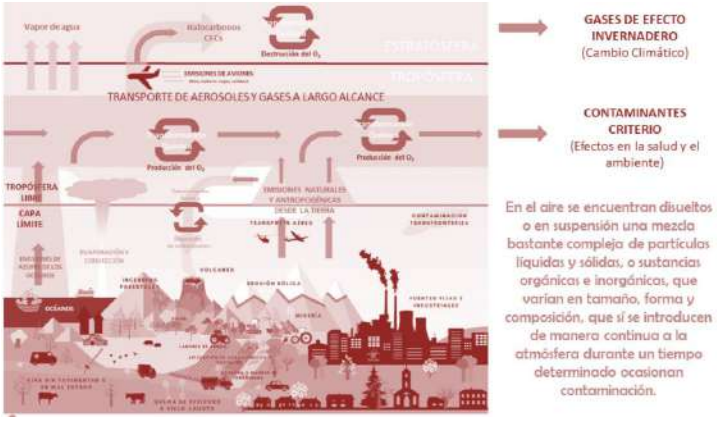


Ilustración 30 *Fuentes de emisión de contaminantes y su interacción en la atmosfera.*
Fuente: IDEAM, 2018 Tomado de: http://www.ideam.gov.co/web/contaminacion-y-calidad-ambiental/informes-del-estado-de-la-calidad-del-aire-en-colombia.pdf

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

11 BIBLIOGRAFÍA

MINISTERIOS DE MINAS Y ENERGÍA,. (2009). *RESOLUCIÓN 2604* . colombia.

(IDEAM). (2018). *Informe estado calidad del aire.* COLOMBIA.

(INS), I. N. (21 de 01 de 2019). Obtenido de https://www.ins.gov.co/Noticias/Paginas/Informe-Carga-de-Enfermedad-Ambiental-en-Colombia.aspx#:~:text=El%20informe%20t%C3%A9cnico%20titulado%20%22Carga,la%20salud%20de%20los%20colombianos.

(OMS), O. M. (02 de 05 de 2018). *OMS*. Obtenido de https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health

Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA). (2019). *Conceptos básicos sobre el material particulado (PM).* Obtenido de https://espanol.epa.gov/espanol/conceptos-basicos-sobre-el-material-particulado-pm-por-sus-siglas-en-ingles

AIDA. (2016). *Una oportunidad para mejorar la calidad del aire y mitigar.* Mexico.

amb. (2019). *Fuentes Fijas.* Bucaramanga.

Ambiente, S. D. (2011). *Resolucion 9682.* Obtenido de https://guiatramitesyservicios.bogota.gov.co/wp-content/uploads/2020/03/Resoluci%C3%B3n-6982-de-2011.pdf

ANCU SIERRA, P., BOSSA CAAMAÑO, D., & VIVES BONNETT, A. (2018). *ENERGÍAS LIMPIAS ALTERNATIVAS PARA EL DESARROLLO ORGANIZACIONAL.* colombia .

aqicn. (2021). *aqicn*. Obtenido de https://aqicn.org/city/colombia/bogota/minambiente/

awsassets. (2018). *LA VIDA SILVESTRE EN EL CALENTAMIENTO GLOBAL.*

ayt. (2019). Obtenido de http://www.ayt.cl/catalogo-de-productos/monitores-de-material-particulado/continuos/calidad-del-aire-continuos/monitor-atenuacion-beta-pm10-pm2-5-thermo-5014i/

bibing. (2020). *Filtro de Mangas.* Obtenido de http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/20229/fichero/3.+Anexos+del+Proyecto%252FAnexo8.+Filtro+de+Mangas.pdf

Canales-Rodríguez, M., Quintero-Núñez, M., Castro-Romero, T., & García-Cuento, R. (2014). *Las Partículas Respirables PM10 y su Composición Química en la Zona Urbana y Rural de Mexicali, Baja California en México.* mexico.

CCA. (2005). Obtenido de Mejor tecnología disponible para el control de la contaminación atmosférica en América del Norte: http://www3.cec.org/islandora/es/item/2195-best-available-technology-air-pollution-control-es.pdf

celsia. (11 de 2017). *paneles solares*. Obtenido de https://blog.celsia.com/paneles-solares-en-colombia-resolucion-0549-2015/

Congreso de Colombia. (21 de 12 de 2001). *mineducacion.* Obtenido de https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-86098_archivo_pdf.pdf

CONGRESO DE LA REPÚBLICA . (2019). *LEY 1968* . colombia.

Congreso de la República de Colombia. (1993). *habitatbogota*. Obtenido de https://www.habitatbogota.gov.co/transparencia/normatividad/normatividad/ley-99-1993#:~:text=Descripci%C3%B3n%3A,y%20se%20dictan%20otras%20disposiciones.

CONSTITUCION POLITICA DE COLOMBIA. (1991). *CONSTITUCION POLITICA DE COLOMBIA 1991*. colombia.

Cruz Virosa, I., Cabello Eras, J., Sorinas González, L., Varela Haro, A., & Costa Pérez, I. (04 de 2015). *ropuesta de procedimiento para el Control de Emisiones Atmosféricas en ambientes urbanos.* Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59362015000100002

E. Korc, M., & Sáenz, R. (1999). *MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE.* Lima.

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

epa. (2021). *Centro de medición de emisiones al aire (EMC).* Obtenido de https://www.epa.gov/emc

epacartagena. (2015). Obtenido de lineamientos-sistema-de-alerta-temprana: http://observatorio.epacartagena.gov.co/ftp-uploads/dt-tomo-vi-lineamientos-sistema-de-alerta-temprana.pdf

fundacionaquae. (2015). *Qué es la contaminación ambiental.* Obtenido de https://www.fundacionaquae.org/causas-contaminacion-ambiental/?gclid=Cj0KCQjwktKFBhCkARIsAJeDT0jSUtHQyfS3m7410K3kizH7AOl0Yo6wAWAIBgUluUDdwaf1oIIf4GoaAtohEALw_wcB

Gahmany, R., Alsina., M., & Biosca, C. (1986). *QUIMICA CLINICA.* Obtenido de https://www.seqc.es/download/revista/686/1689/1061070251/1024/cms/Qumica%20Clnica%201986;5%20(2)%20181-184.pdf/

Hernández Hernández, A., Guzmán, L., & López Castro, M. (2012). *Índice de calidad del aire (ICA).* Colombia.

ideam. (2014). *EMISIONES POR FUENTES FIJAS.* Obtenido de http://www.ideam.gov.co/web/contaminacion-y-calidad-ambiental/emisiones-por-fuentes-fijas

ideam. (2014). *EMISONES POR FUENTES MÓVILES.* colombia.

ING. HADDAD , R. (1963). LA CONTAMINACION ATMOSFERICA EN SAO PAULO.

Instituto Nacional de Ecologia (ine). (2016). *Redes Estaciones y Equipos de Medición de la Calidad del Aire.* Mexico.

Instituto Nacional de Salud. (2019). *Muertes en colombia a sociadas a la mala calidad del agua y aire.* colombia .

Instituto Nacional de Salud. (s.f.). *Muertes en colombia Asociadas a la mala calidad del augua* .

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

Lic. Francisca , D., Dr.Romero Placeres, , M., & Dra. Álvarez Toste, M. (2006). La contaminación del aire: su repercusión como problema de salud. *Rev Cubana Hig Epidemiol*.

MAVDT. (2007). *Protocolo monitoreo y seguimiento de la calidad del aire.* colombia.

MAVDT. (2008). *MANUAL DE OPERACION DE SISTEMAS DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE.* colombia.

Minambiente. (14 de 03 de 2005). *LINEAMIENTOS PARA LA FORMULACIÓN DE LA POLITICA DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE.* Obtenido de https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/conpes/2005/Conpes_3344_2005.pdf

Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible . (2017). *Resolucion 2254* . colombia.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible . (2017). *Resolucion 2254* . colombia .

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERR, & IDEAM. (2010). *PROTOCOLO PARA EL CONTROL Y VIGILANCIA DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA GENERADA POR FUENTES FIJAS.* COLOMBIA.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. (2006). *Decreto 979.* colombia.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. (2006). *RESOLUCIÓN 601.* colombia.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. (2008). *RESOLUCIÓN NÚMERO (909).* colombia.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. (2010). *Resolucion 610.* colombia .

MINISTERIO DE TRANSPORTE. (04 de 2002). *PLAN ESTRATEGICO DE TRANSPORTE.* Obtenido de

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

file:///D:/Users/Usuario/Downloads/Resumen_Ejecutivo_Planeacion_Estrategica_Transporte.pdf

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. (5 de 06 de 1995). *minambiente.* Obtenido de https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/decretos/54-dec_0948_1995.pdf

Ministerio del Medio Ambiente. (1995). *RESOLUCIÓN 1351.*

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. (27 de 06 de 1997). *minambiente.* Obtenido de https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Normativa/Decretos/dec_1697_270697.pdf

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE Y DE TRANSPORTE. (1996). *RESOLUCIÓN 005.*

MINISTRO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. (2013). *RESOLUCIÓN 1111.* Colombia.

MMA. (2012). *Informe del Estado del.* chile.

Naciones Unidas . (1998). *PROTOCOLO DE KYOTO.*

Naciones Unidas. (s.f.). *La Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).* Obtenido de https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/el-proceso-internacional-de-lucha-contra-el-cambio-climatico/naciones-unidas/CMNUCC.aspx

Ortúzar, F., & Tornel (AIDA) , C. (2016). *CONTROLANDO LOS CONTAMINANTES CLIMÁTICOS DE VIDA CORTA.* Mexico: AIDA.

PNUMA. (08 de 01 de 2021). *Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.* Obtenido de https://www.un.org/ruleoflaw/es/un-and-the-rule-of-law/united-nations-environment-programme/

Presidencia de la Republica. (1982). *Decreto 02 de 1982.* colombia.

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

Presidencia de la Republica. (19 de 05 de 1998). *corponarino.* Obtenido de https://corponarino.gov.co/expedientes/juridica/1998decreto903.pdf

Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá, (RMCAB). (2020). *Informe Anual de Calidad del Aire.* Colombia.

REPUBLICA DE COLOMBIA. (18 de 12 de 1974). *minambiente*. Obtenido de https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/Decreto_2811_de_1974.pdf

Rodríguez Bertheau, A., Martínez Varona, M., Martínez Rodríguez, I., Fundora Hernández, H., & Guzmán Armenteros, T. (2011). Desarrollo tecnológico, impacto sobre el medio ambiente y la salud. *Rev Cubana Hig Epidemiol*.

Secretaría del Ozono, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2001). *Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono.*

sinia. (2018). Obtenido de https://sinia.mma.gob.cl/iema-2020/calidad-del-aire-2/

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co