

**"DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS MEDIO AMBIENTALES; QUE  
CONDICIONAN LA CALIDAD DEL AIRE (PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>) EN LA ESTACION DE  
MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE UBICADA EN LA PLANTA DE  
TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA EAAB-TIBITOC"**

**AUTOR:  
HEIDELBER JOJAN PIZARRO DE ARMAS  
INGENIERO DEL MEDIO AMBIENTE, ESPECIALISTA EN SALUD OCUPACIONAL**



**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESPECIALIZACION EN PLANEACION AMBIENTAL Y MANEJO INTEGRAL DE  
RECURSOS NATURALES  
BOGOTA D.C.- 2014**

# "DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS MEDIO AMBIENTALES; QUE CONDICIONAN LA CALIDAD DEL AIRE (PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>) EN LA ESTACION DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE UBICADA EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA EAAB-TIBITOC"

Heidelber Jojan Pizarro De Armas  
Ingeniero Del Medio Ambiente, Especialista en Salud Ocupacional  
Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia.  
Heidelber@icloud.com

---

## RESUMEN

El deterioro de la calidad del aire es un problema que aqueja tanto a países desarrollados como aquellos que se encuentran en proceso de desarrollo e industrialización; que a su vez se ha convertido en un problema medio ambiental y de salud pública debido a que la concentración de los contaminantes exceden las normas nacionales de referencia sobre calidad del aire. Está relacionada a la polución, entre otras, atribuida a diferentes fuentes; tal como la industria, minería, quema y las emisiones de los vehículos, siendo esta la que más impacto genera, como lo revelan estudios contratados por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, "las fuentes móviles (vehículos) generan el 86% de la contaminación atmosférica". Por ende se desarrolla la presente investigación en la planta de tratamiento de agua potable Tibitoc; cuya finalidad es la comparación de datos obtenidos a través de la estación de monitoreo de la calidad de aire de la CAR con la normatividad ambiental vigente y el establecimiento de recomendaciones sobre los procesos que puedan generar aumento de las emisiones al ambiente.

**Palabras claves:** aire, medio ambiente, calidad del aire, polucion, emisiones

## ABSTRACT:

Deteriorating air quality is a problem that impact to many developed countries and those who are in the process of development and industrialization; which in turn has become an environmental and public health problem because the concentration of contaminants exceed national standards of air quality reference. Is is related to pollution, among others, attributed to different sources; such as industry, mining, burning and vehicle emissions, this being the one that generates the most impact, as shown by studies commissioned by the Ministry of Environment, Housing and Territorial Development, "mobile sources (vehicles) generate 86% of air pollution. "Hence the present investigation was to develop on the ground of potable water Tibitoc; aimed to compare data obtained from the monitoring station quality air CAR with existing environmental regulations and establishing recommendations for processes that generate increased emissions to the environment.

**Key Words:** air, environment, air quality, pollution, emissions

## 1. INTRODUCCION

Dados los actuales niveles de conciencia que a nivel mundial se han generado sobre el cuidado del medio ambiente, tanto por la preservación de la vida humana para el futuro en el planeta tierra, como en la preservación del planeta, cuyas condiciones climáticas originaron y sustentan la vida, toman especial importancia las investigaciones tendientes a identificar los agentes contaminantes del medio ambiente, fuentes de emisión, niveles máximos aceptables, efectos sobre el planeta y la salud de los seres humanos, por cuanto permiten a los gobiernos establecer políticas públicas para la protección de los recursos naturales, y a las personas tomar conciencia acerca de que todas las actividades cotidianas generan un impacto ambiental, bien sea positivo o negativo.

Sin embargo en países en desarrollo como Colombia, donde a pesar de que en materia de legislación regulatoria ambiental se han dado avances importantes que le han permitido establecer herramientas útiles para la protección del gran inventario de recursos naturales que posee, aún hace falta inversión en la investigación, desarrollo e implementación de tecnologías limpias, que posibiliten lograr metas en materia de emisiones contaminantes mínimas.

Dadas las actuales circunstancias en el país, especialmente en la región central, es necesario determinar parámetros medio ambientales, que condicionan la calidad del aire (MP10, SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>), en esta región, para lo cual la presente investigación hace uso de los datos recolectados por la Estación de monitoreo de la calidad del aire, Tibitoc, durante un periodo de tiempo comprendido entre los años 2007 al 2012.

## 2. METODOLOGIA

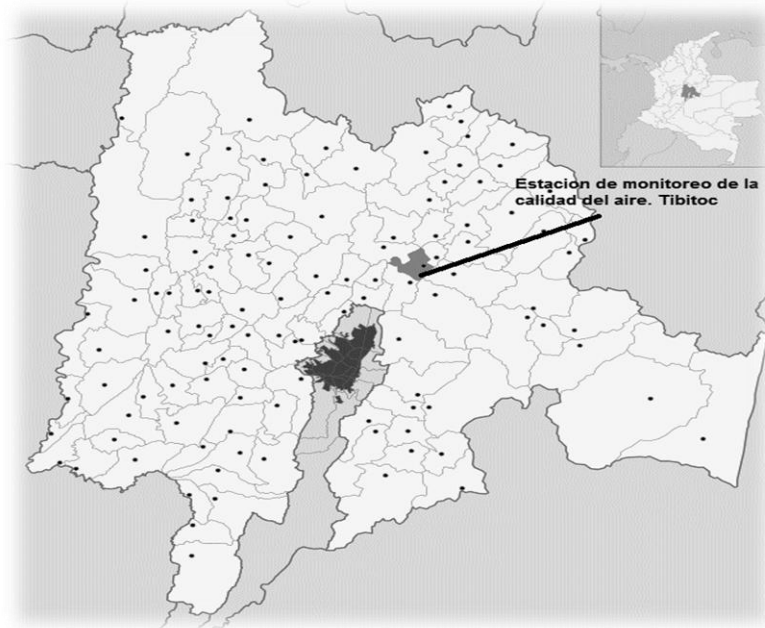
### **Visitas:**

Para realizar una mejor comprensión de los parámetros medio ambientales que condicionan la calidad del aire en la planta de tratamiento Tibitoc, se realizó una visita a dicho lugar, donde se hizo una inspección visual a la estación de monitoreo de calidad del aire.

Además se realizó visita a las instalaciones de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, CAR, donde me suministraron los datos de las series sobre calidad del aire de la estación meteorológica ubicada en Tibitoc, información base para posterior discusión y análisis.

En área del estudio se encuentra situado en la República de Colombia, Departamento de Cundinamarca entre el municipio de Zipaquirá y el corregimiento de Briceño, poblaciones que fundamentan su desarrollo económico al crecimiento de la industria capitalina; en la figura N° 1 que se muestra a continuación se detalla de forma espacial el área de estudio.

**Figura 1:** Ubicación de la Estación de Monitoreo de la calidad del aire, Tibitoc



**Fuente:** IGAC, División Política del Departamento de Cundinamarca.

## **Diagnostico**

Con base en la información resultante del análisis de la comparación de datos de las series sobre calidad del aire frente a la legislación ambiental vigente en Colombia, se realizó la determinación de los parámetros medio ambientales ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$  y  $\text{PM}_{10}$ ) que condicionan la calidad del aire en la planta Tibitoc.

## **Revisión Bibliográfica**

Con el fin de cumplir con los objetivos del presente proyecto, se realizó una búsqueda de información específica sobre los siguientes temas:

- Calidad del aire
- Fuentes de emisiones móviles y fijas
- Contaminantes atmosféricos
- Legislación ambiental aplicable vigente en Colombia

Para ello se realizó una búsqueda online de artículos científicos reportados por universidades nacionales, autoridades ambientales competentes a nivel nacional y a nivel internacional, textos académicos y publicaciones en revistas internacionales de ciencia.

En relación a los temas más relevantes y que inciden de forma directa ante esta problemática global, se hizo un resumen de los aspectos generales, situación y problemática a nivel mundial y regional; como se expresa a continuación.

Se denomina aire a la combinación homogénea de gases que constituyen la atmósfera terrestre, los cuales permanecen alrededor del planeta por el efecto de la gravedad, aunque sus proporciones son ligeramente variables, en general está compuesto por nitrógeno (78 %), oxígeno (21 %), vapor de agua (0-7 %), y otras sustancias (1 %), como ozono, dióxido de carbono, hidrógeno y gases nobles (como kriptón y argón). Según su altitud, su temperatura y la proporción de sus compuestos, la atmósfera del planeta se divide en cuatro capas: troposfera, estratosfera, mesosfera y termosfera, sin embargo a mayor altitud disminuyen la presión y su peso, siendo la troposfera y la estratosfera las dos capas más importantes para el análisis de la contaminación atmosférica.

La troposfera compuesta aproximadamente, por 78,08 % de nitrógeno (N<sub>2</sub>), 20,94 % de oxígeno (O<sub>2</sub>), 0,035 % de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y 0,93 % de gases inertes, como argón y neón, con 7 km de altura en los polos y 16 km en los trópicos, es en esta zona donde se encuentran las nubes y casi todo el vapor de agua, razón por la cual se generan todos los fenómenos atmosféricos que dan forma al clima.

A una altitud mayor, aproximadamente a 25 kilómetros de altura, se encuentra la estratosfera, donde se encuentra una concentración relativamente alta de ozono, por cuanto reúne el 90 % de dicho gas que protege a la superficie del planeta de los peligrosos rayos ultravioleta (UV) debido a que absorbe del 97% al 99%.

Estas dos capas son objeto de numerosos análisis por su importancia debido a los efectos que la contaminación atmosférica genera en ellas, dado que sustentan gran parte de la vida del planeta, por ende y gracias a las investigaciones se ha establecido para cada sustancia contaminante del aire una cantidad máxima que puede ser descargada en las emisiones. Aunque estos valores máximos son fijados generalmente por la autoridades nacionales que se ocupan del medio ambiente, cuya normatividad puede ser validada para todo el territorio nacional, o específicas para algunas regiones en particular, por sus características geográficas, económicas, culturales, sociales, etc.

Es necesario establecer por ley parámetros que determinen el máximo grado de contaminación admisible, los cuales suelen ser de dos tipos:

- Valores límites: indican, para cada sustancia, la cantidad máxima aceptable;
- Valor de guía: indican, para cada sustancia, la cantidad máxima deseable;

También se hace necesario delegar la responsabilidad de la vigilancia y control en materia ambiental del cuidado del aire a entidades.

En relación con esto se hace necesario establecer que, en términos generales, el concepto de contaminante, es una sustancia que está fuera de lugar, es decir su presencia no se da forma natural, sino por las intervenciones de factores y actores que influyen para que dicha sustancia aparezca en un lugar determinado, podemos dar como ejemplo de ello el caso del ozono (O<sub>3</sub>). Cuando este gas se encuentra en

la capa de aire que permite la respiración de los seres vivos, es decir, bajo los 25 kilómetros de altura, es contaminante y constituye un poderoso antiséptico que ejerce un efecto dañino para la salud, por lo cual en esas circunstancias se le conoce como ozono troposférico u ozono malo.

Sin embargo es en la capa más cercana a la superficie terrestre, la capa en la que se da una acumulación de diminutas piezas de sólidos o de gotitas de líquidos generada a partir de alguna actividad antropogénica (causada por la acción humana) o natural, estas no son idénticas físicamente y químicamente, sino más bien están constituidas por una amplia variedad de tamaños, formas y composiciones químicas, que en algunos casos son mucho más nocivos para la salud, las propiedades y la visibilidad que otros.

El interés por estas partículas se debe a dos causas importantes:

- Afectación del balance de la radiación terrestre.
- Efectos nocivos sobre la salud. Las partículas penetran en los pulmones, los bloquean y evitan el paso del aire, lo cual provoca efectos dañinos

Las pruebas para el material particulado (MP) indican que hay riesgos para la salud con las concentraciones que hoy se observan en numerosas ciudades de los países desarrollados.

(1)

<b>MP<sub>10</sub>:</b>	<b>20 µg/m<sup>3</sup>, media anual</b> <b>50 µg/m<sup>3</sup>, media de 24 horas</b>
-------------------------	--

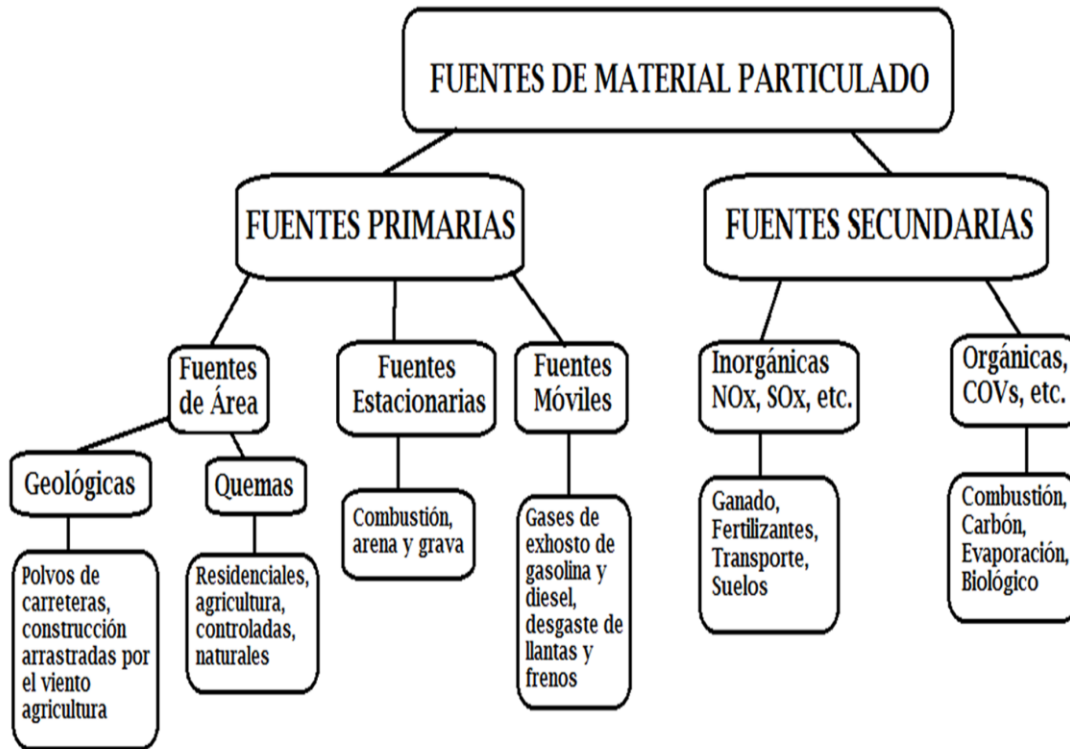
Las pruebas relativas al material particulado (MP) suspendido en el aire y sus efectos en la salud pública coinciden en poner de manifiesto efectos adversos para la salud con las exposiciones que experimentan actualmente las poblaciones urbanas, tanto en los países desarrollados como en desarrollo. El abanico de los efectos en la salud es amplio, pero se producen en particular en los sistemas respiratorio y cardiovascular. Se ve afectada toda la población, pero la susceptibilidad a la contaminación puede variar con la salud o la edad.

Se ha demostrado que el riesgo de diversos efectos aumenta con la exposición, y hay pocas pruebas que indiquen un umbral por debajo del cual no quepa prever efectos adversos en la salud. En realidad, el nivel más bajo de la gama de concentraciones para las cuales se han demostrado efectos adversos no es muy superior a la concentración de fondo, que para las partículas de menos de 2,5 µ (MP<sub>2,5</sub>) se ha estimado en 3-5 µg/m<sup>3</sup> tanto en los Estados Unidos como en Europa occidental.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre

Figura 2: Fuentes de material Particulado



Fuente: Universidad de Chile, ENFECOYSA1-1 Ecología y Salud 2011, Segundo Semestre.

Otro de los contaminantes de las capas de aire que rodean la superficie terrestre es el Dióxido de nitrógeno que se ubica en la estratosfera.

(2)

$\text{NO}_2$ :	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , media anual
	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , media de una hora

Como contaminante del aire, el dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ) tiene múltiples funciones, que a menudo resultan difíciles y en ocasiones imposibles de separar entre sí:

- Los estudios experimentales realizados con animales y con personas indican que el  $\text{NO}_2$ , en concentraciones de corta duración superiores a 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , es un gas tóxico con efectos importantes en la salud. Los estudios toxicológicos con animales también parecen indicar que la exposición prolongada al  $\text{NO}_2$  en concentraciones por encima de las ahora presentes en el medio ambiente tiene efectos adversos.
- El  $\text{NO}_2$  se ha utilizado en numerosos estudios epidemiológicos como marcador de la mezcla de contaminantes relacionados con la combustión, en particular los que emiten el tráfico por carretera o las fuentes de combustión en espacios cerrados. En estos estudios, los efectos observados en la salud se podrían haber asociado también con otros productos de la combustión, como las

partículas ultrafinas, el óxido nitroso (NO), el material particulado o el benceno. Aunque en varios estudios, realizados tanto en espacios abiertos como cerrados, se ha tratado de concentrar la atención en los riesgos del NO<sub>2</sub> para la salud, a menudo es difícil descartar la contribución de los efectos de estos otros contaminantes, muy relacionados con él.

- La mayor parte del NO<sub>2</sub> atmosférico se emite en forma de NO, que se oxida rápidamente a NO<sub>2</sub> por acción del ozono. El dióxido de nitrógeno es, en presencia de hidrocarburos y luz ultravioleta, la principal fuente de ozono troposférico y de aerosoles de nitratos, que constituyen una fracción importante de la masa de MP<sub>2,5</sub> del aire ambiente.<sup>2</sup>

El dióxido de Azufre es uno de los gases comúnmente liberados durante erupciones volcánicas. El Dióxido de Azufre es dañino para las personas en su forma gaseosa y puede precipitar como lluvia ácida causando daños en la piel de las personas, agricultura, bosques, vegetación y otras especies de animales terrestres y acuáticos.

El Dióxido de Azufre no es inflamable, ni explosivo y es relativamente estable en el ambiente. Su densidad es más del doble que la del aire ambiental y es altamente soluble en agua. En contacto con membranas húmedas (ojos, nariz, boca) el Dióxido de Azufre forma ácido sulfúrico, uno de los ácidos más fuertes que se conocen y que es responsable de fuertes irritaciones en los ojos, membranas mucosas (boca, nariz) y piel.

Típicamente, la concentración de Dióxido de Azufre en fumarolas volcánicas es menos denso si existe viento que lo transporte, de lo contrario el gas se mantiene en la zona del volcán, desplazándose por las laderas en las capas bajas y se mantiene por más tiempo.

Principales peligros para la salud asociados con la respiración y el dióxido de azufre  
El dióxido de azufre es irritante a los ojos, garganta y vías respiratorias. Una sobre exposición en el corto tiempo causa inflamación e irritación, provocando ardor en los ojos, tos, dificultades respiratorias y sensación de tensión en el pecho. Las personas asmáticas son especialmente sensibles al Dióxido de Azufre.

Casos severos de concentraciones muy altas de SO<sub>2</sub> pueden provocar severa obstrucción de las vías respiratorias, hipoxemia (insuficiente oxigenación de la sangre), edema pulmonar (una amenaza de acumulación de por vida de fluido en los pulmones), y muerte en minutos.

Los efectos del edema pulmonar incluyen tos y falta de aliento que puede retrasarse horas o días después de la exposición. Estos síntomas se agravan con la fuerza física. Como resultado de exposiciones severas, se puede dar lesión pulmonar permanente<sup>3</sup>.

---

<sup>2</sup> Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre

<sup>3</sup> <http://www.marn.gob.sv/phocadownload/userupload/que-es-el-dioxido-de-azufre.pdf>



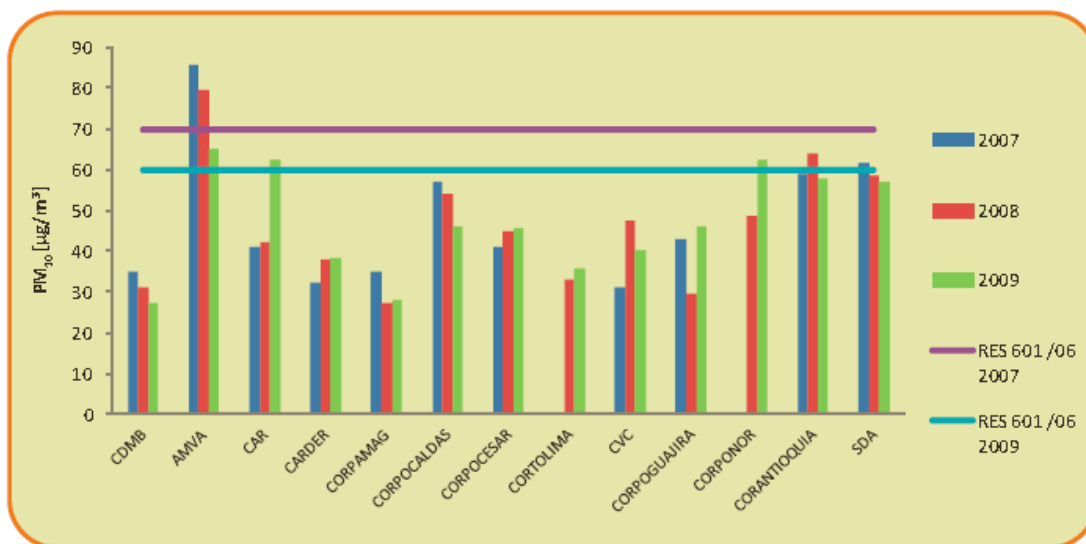
Para entender los efectos de los tres contaminantes anteriores en Colombia, se hace necesario establecer los niveles de emisiones, datos que se obtienen gracias al sistema de información ambiental de Colombia (SIAC), puesto que la calidad del aire en el territorio nacional está reglamentada mediante Resolución 601 de 2006 “Por la cual se establece la Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia”, que fue ajustada por la Resolución 610 de 2010. En esta norma se establecen los límites máximos permisibles y el tiempo de exposición de los contaminantes criterio y no convencionales, así como las condiciones bajo las cuales las autoridades ambientales deben declarar los estados excepcionales de prevención, alerta y emergencia.

Las tendencias de las concentraciones de los contaminantes monitoreados en los Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire (SVCA) de algunas de las principales ciudades del país durante el periodo 2007-2009, cuyos datos empleados para realizar este análisis fueron suministrados y validados por cada una de las Autoridades Ambientales que administran los SVCA, muestran que a pesar que en las diferentes ciudades se presentan sitios puntuales de alta concentración de contaminantes por tratarse de zonas industriales y de alto flujo vehicular, para este análisis se realizó un promedio por SVCA para poder observar la información de manera global y general, mostrando un panorama de cómo se encuentran algunos de los principales centros urbanos en el tema de calidad del aire.

En Colombia el contaminante de mayor preocupación, dada su concentración es el PM10 ya que en muchas ocasiones sobrepasa el límite máximo permisible establecido por la norma y la comprobada afectación a la salud de la población expuesta, en especial de los grupos sensibles, entre los que se encuentran personas con enfermedades pulmonares o cardíacas así como con problemas respiratorios como el asma o el enfisema; las mujeres embarazadas; personas que desarrollan sus trabajos al aire libre; niños menores de 14 años cuyos pulmones todavía se están desarrollando; adultos mayores cuyos sistemas inmunológicos son más débiles y personas que se ejercitan frecuentemente al aire libre<sup>25</sup>. De acuerdo con la información de los SVCA presentada por el IDEAM dentro del Informe del Estado de la Calidad del Aire en las Principales Ciudades del país periodo 2007–2009, se establece que este contaminante es monitoreado en el 86% de las 132 estaciones de monitoreo de la calidad del aire con que cuenta actualmente el país.

En el siguiente gráfico, se presenta la concentración promedio anual de PM10 en algunas de las principales ciudades del país, para el periodo de estudio referido. Es importante aclarar que se presentan dos límites máximos establecidos por la Resolución No 601 de 2006 del MAVDT, debido a que el valor máximo permisible anual de  $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$  paso a  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en el año 2009, haciendo la norma más restrictiva, lo cual se puede ver reflejado en un mayor número de excedencias, sin que esto signifique que la calidad del aire haya empeorado.

**Gráfico 1:** Concentración promedio anual de  $PM_{10}$  en las principales ciudades del país

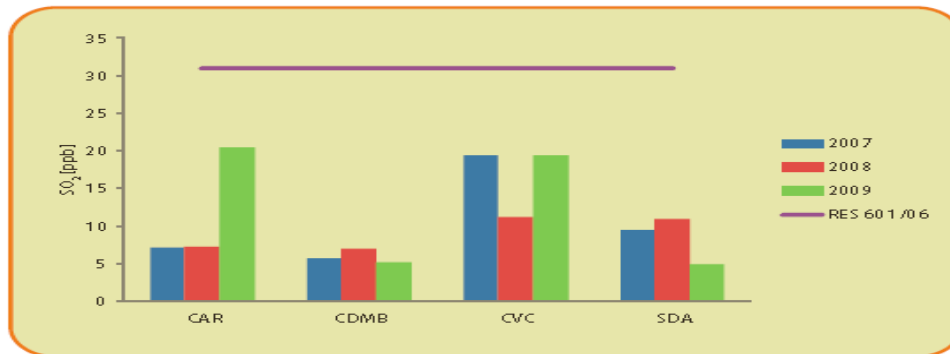


**Fuente:** informe del estado del medio ambiente y los recursos naturales renovables 2010

Al analizar el comportamiento del  $PM_{10}$  se puede ver que su concentración disminuyó en el año 2009 en relación con el 2007 en el 55% de un total de 13 SVCA analizados, mientras que su tendencia fue al aumento en la concentración promedio en el 45% de ellos. Durante todo el periodo de estudio las mayores concentraciones se presentaron en la jurisdicción de AMVA con valores para el año 2007 de  $85.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , para el año 2008 de  $79.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y para el año 2009 de  $65.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Si se comparan los valores promedio con el límite máximo establecido para los años 2007 y 2008, se observa que los valores de AMVA superan dicho límite; al hacer este mismo ejercicio para el año 2009 se puede ver que es superado nuevamente por AMVA junto con CAR y CORPONOR. Las tendencias descritas permiten concluir que la concentración de material particulado ha disminuido en 7 de los 13 SVCA estudiados.

El segundo contaminante analizado es el Dióxido de Azufre ( $\text{SO}_2$ ), del cual se logró obtener información de los SVCA de la CAR, CDMB, CVC y SDA.

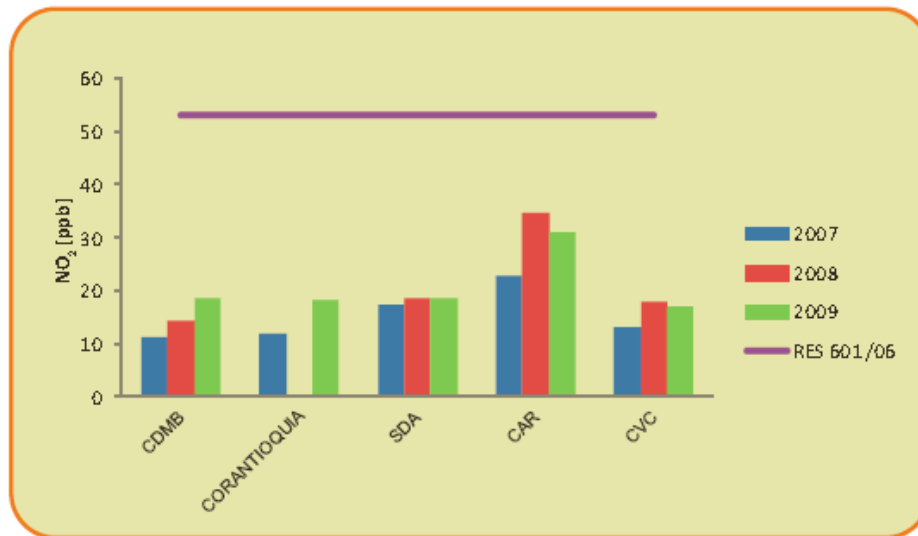
**Gráfico 2:** Concentración promedio anual de SO<sub>2</sub> en las principales ciudades del país



**Fuente:** Informe del estado del medio ambiente y los recursos naturales renovables 2010

Se observa un aumento en el promedio anual del SO<sub>2</sub> en la jurisdicción de la CAR, pasando de un valor de 7.15 ppb en el año 2007 a 20.5 ppb en el año 2009, es decir, que casi se ha triplicado la concentración de este contaminante. De la misma forma los promedios anuales registrados en la jurisdicción de la CVC durante los años 2007 y 2009 son mayores a los registrados durante el año 2008. Si bien estas concentraciones presentadas no superan el límite establecido por la normatividad nacional que corresponde a 31 ppb, los valores encontrados tanto en la jurisdicción de la CAR como en la CVC para el año 2009 se evidencia un incremento de la concentración de este contaminante respecto al año anterior.

**Gráfico 3:** Concentración promedio anual de NO<sub>2</sub> en las principales ciudades del país



**Fuente:** informe del estado del medio ambiente y los recursos naturales renovables 2010

El tercer contaminante analizado es el Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>), cuya importancia radica en que es un precursor de la formación de Ozono troposférico el cual tiene efectos nocivos sobre la salud de la población, en especial para grupos sensibles.

Para este contaminante se obtuvo información de CDMB, CORANTIOQUIA, SDA, CAR y CVC. Aunque ninguna de las concentraciones supera los límites permisibles en ninguna de las Autoridades Ambientales regionales, los mayores promedios anuales se presentaron en la jurisdicción de la CAR para todo el periodo de estudio, con valores de 22.7 ppb para el año 2007, 34.6 ppb para el 2008 y 31.2 ppb para el 2009; así mismo en las jurisdicciones de CDMB, CORANTIOQUIA, SDA y CVC, se presentó un aumento en la concentración promedio del año 2009 en comparación con la del año 2007. Aunque todas las concentraciones se encuentran por debajo del límite establecido por la norma nacional (53 ppb), este comportamiento puede promover un aumento en las concentraciones de ozono, el cual es considerado el segundo contaminante más importante en Colombia, debido al número de excedencias de la norma que presenta.

Se debe prestar atención al aumento que se ha presentado en las concentraciones de SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>, que si bien no superan los límites máximos establecidos por la norma, podrían conllevar a futuros problemas tanto en ambiente como en salud<sup>4</sup>.

Por ello determinar los parámetros medio ambientales que condicionan la calidad del aire en el centro del país, región que por la cantidad de habitantes por metro cuadrado, las actividades agroindustriales, industriales de transformación de materias primas y la mayor concentración de vehículos, particulares, de servicio público, de transporte de carga y de pasajeros ha dado como resultado el crecimiento más significativo en la emisión de los tres agentes contaminantes anteriormente descritos, por ello y gracias a los datos suministrados por la estación de monitoreo de calidad del aire, ubicada en la planta de tratamiento de agua, sistema Tibitoc – agregado norte.

### 3. RESULTADOS Y ANALISIS

Los resultados mostrados a continuación fueron tabulados con la información primaria, proveniente de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca “CAR” estación de monitoreo de la calidad del aire de Tibitoc.

Se presentaron las series de datos por periodos de 24 horas; que para el análisis del presente artículo se utilizaran las concentraciones promedios mensuales y promedios anuales. Actualmente la legislación vigente para los parámetros asociados a la calidad del aire son estipulados por la resolución 601 del 2006 (Que para efectos de sistemas de vigilancia y manuales de operación fueron modificados por las resoluciones 650 y 2154 del 2014, pero los datos máximos permisibles siguen siendo los mismos del artículo 4 de la resolución 601 del 2006).

En la tabla N° 1 y la gráfica N° 4, se representan tabulados las concentraciones promedios mensuales para los años 2007 al 2008 de los contaminantes SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub> y la representación gráfica de los datos respectivamente, para este periodo de estudio no se tomaron los datos para PM<sub>10</sub>; razón por la cual se presenta la tabla N° 2.

---

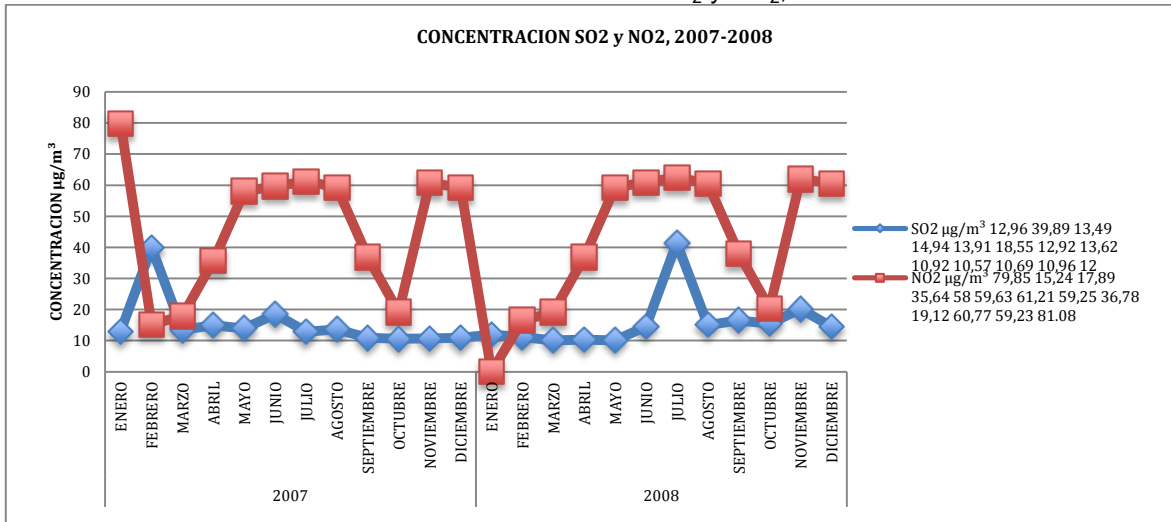
<sup>4</sup> Informe del estado del medio ambiente y los recursos naturales renovables 2010

**Tabla N° 1:** Concentración Mensual SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, 2007-2008

	<b>PERIODO</b>	<b>SO2 µg/m<sup>3</sup></b>	<b>NO2 µg/m<sup>3</sup></b>
2007	ENERO	12,96	79,85
	FEBRERO	39,89	15,24
	MARZO	13,49	17,89
	ABRIL	14,94	35,64
	MAYO	13,91	58
	JUNIO	18,55	59,63
	JULIO	12,92	61,21
	AGOSTO	13,62	59,25
	SEPTIEMBRE	10,92	36,78
	OCTUBRE	10,57	19,12
	NOVIEMBRE	10,69	60,77
	DICIEMBRE	10,96	59,23
2008	ENERO	12	81,08
	FEBRERO	11,13	16,498
	MARZO	10,15	19,148
	ABRIL	10,33	36,898
	MAYO	10,14	59,258
	JUNIO	14,55	60,888
	JULIO	41,48	62,468
	AGOSTO	15,07	60,508
	SEPTIEMBRE	16,53	38,038
	OCTUBRE	15,5	20,378
	NOVIEMBRE	20,14	62,028
	DICIEMBRE	14,5	60,488

**Fuente:** Este estudio.

**Grafico N° 4: Concentración SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>, 2007-2008**



Fuente: Este estudio.

Los datos representados en la tabla N° 2 y Grafica N° 5, corresponden en su orden a los datos de concentración de los contaminantes SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> y PM<sub>10</sub> promedios mensuales de los años 2009 al 2012 y su representación gráfica; cabe resaltar que los datos de PM<sub>10</sub> iniciaron a registrarse en la estación de monitoreo de calidad del aire ubicada en la planta de tratamiento de agua de Tibitoc de la EAAB desde el año 2009.

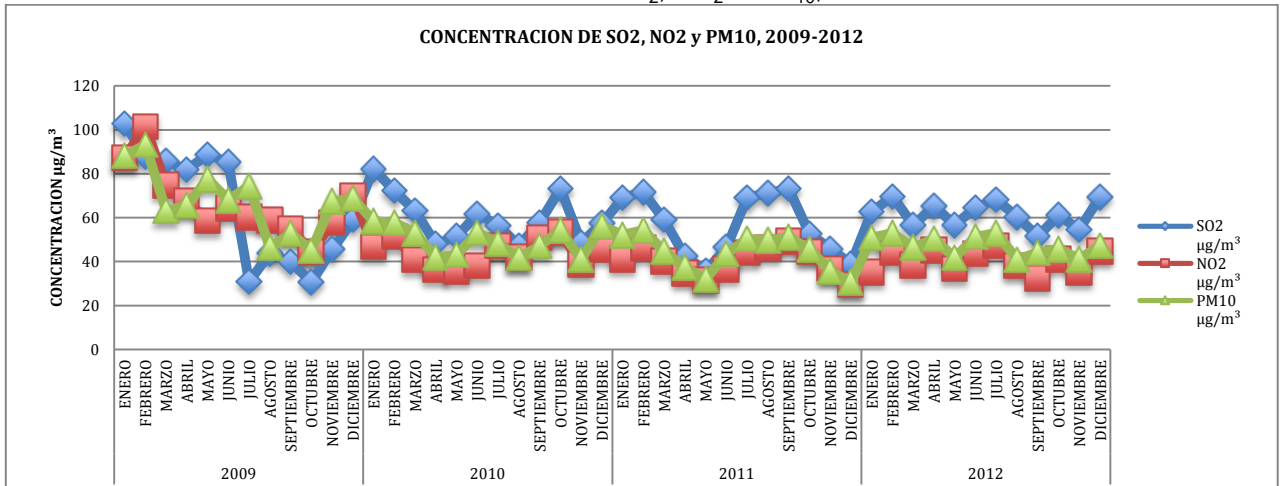
**Tabla N° 2: Concentración Mensual SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> y PM<sub>10</sub> 2009-2012**

PERIODO		SO2 µg/m³	NO2 µg/m³	PM10 µg/m³
2009	ENERO	102,63	87,4	88,17
	FEBRERO	87,9	101,4	93,17
	MARZO	85,69	74,8	63,17
	ABRIL	81,82	67,6	65,67
	MAYO	88,72	58,5	77,51
	JUNIO	85,19	64,2	68,04
	JULIO	30,83	60,1	74,35
	AGOSTO	43,79	58,8	46,46
	SEPTIEMBRE	39,9	55,1	53,01
	OCTUBRE	30,61	44,4	45,01
	NOVIEMBRE	45,57	57,8	67,42
	DICIEMBRE	58,97	70,1	68,84
2010	ENERO	82,18	46,8	58,38
	FEBRERO	72,23	51,4	57,76
	MARZO	63,2	40,9	53,06
	ABRIL	48,03	36,42	41,93
	MAYO	51,56	35,7	43,04
	JUNIO	61,62	38,1	53,23

	JULIO	56,38	47,4	48,3
	AGOSTO	47,24	42,1	41,79
	SEPTIEMBRE	57,75	50,8	47,17
	OCTUBRE	73,26	53,4	54,31
	NOVIEMBRE	48,7	38,7	41,03
	DICIEMBRE	57,34	45,6	56,11
2011	ENERO	69,05	41,2	52,17
	FEBRERO	71,58	46,2	54,32
	MARZO	59,07	40,2	44,66
	ABRIL	42,49	34,69	37,52
	MAYO	35,82	31,4	32,06
	JUNIO	46,45	36,5	43,6
	JULIO	69,2	44,09	50,33
	AGOSTO	71,02	46,11	49,8
	SEPTIEMBRE	73,28	49,25	51,15
	OCTUBRE	52,79	44,38	45,73
	NOVIEMBRE	45,8	36,64	35,7
	DICIEMBRE	38,93	29,4	30,54
2012	ENERO	62,73	35,2	50,88
	FEBRERO	69,7	43,92	52,96
	MARZO	56,48	38,28	46,44
	ABRIL	65,3	45,25	50,35
	MAYO	56,69	36,83	41,83
	JUNIO	64,47	43,76	51,27
	JULIO	68,24	47,15	53,06
	AGOSTO	60,32	38,19	40,93
	SEPTIEMBRE	51,56	32,41	44,07
	OCTUBRE	61,16	41,02	45,75
	NOVIEMBRE	54,6	35,26	41,17
	DICIEMBRE	69,4	44,69	47,29

Fuente: Este estudio.

**Grafico N° 5: Concentración SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> Y PM<sub>10</sub>, 2009-2012**



Fuente: Este estudio.

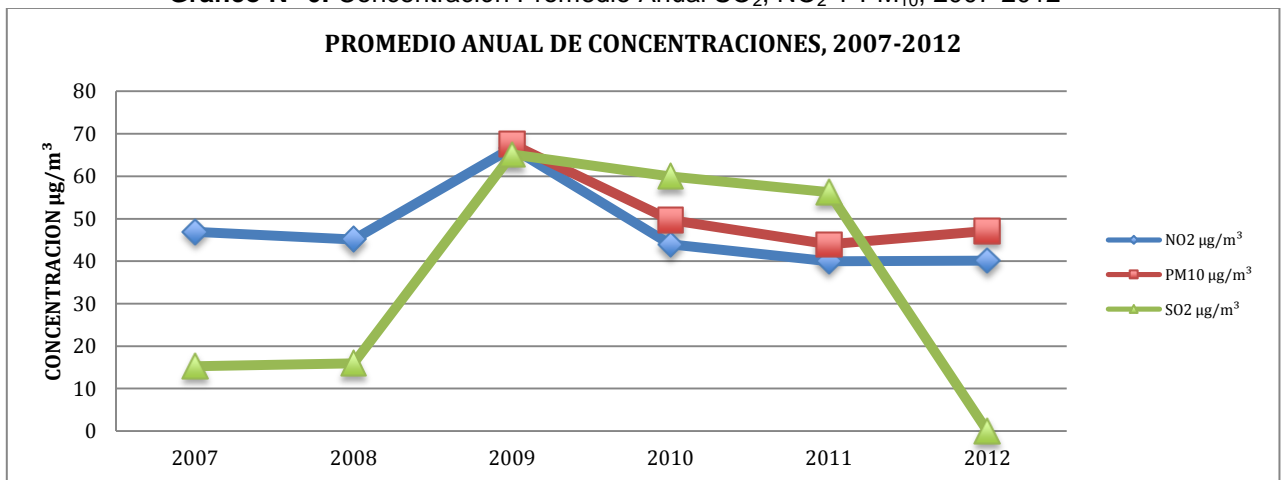
Los datos relacionados y tabulados en la tabla N° 3 hacen referencia a las concentraciones promedio anuales de los contaminantes SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> y PM<sub>10</sub> durante el periodo del 2007 al 2012; y en la gráfica N° 6 se representa la variación y comportamiento durante los años relacionados anteriormente.

**Tabla N° 3: Concentración Anual SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> Y PM<sub>10</sub>, 2007-2012**

PERIODO	SO2 µg/m <sup>3</sup>	NO2 µg/m <sup>3</sup>	PM10 µg/m <sup>3</sup>
2007	15,285	46,88416667	
2008	15,96	45,14527273	
2009	65,135	66,68333333	67,56833333
2010	59,9575	43,94333333	49,67583333
2011	56,29	40,005	43,965
2012	61.72	40,16333333	47,16666667

Fuente: Este estudio.

**Grafico N° 6: Concentración Promedio Anual SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> Y PM<sub>10</sub>, 2007-2012**



Fuente: Este estudio.



Para el análisis de los resultados obtenidos en las tablas 1, 2 y 3, se tomara como fuente de comparación la Resolución 601 del 2006, artículo 4 donde se hace la descripción de los valores máximos permisibles por periodos promedios por horas, día y años, para el artículo realizado se tomaran los datos promediados por años, los resultados analizados corresponden al periodo del 2007 al 2012.

De acuerdo a la tabla N° 3, se identifica que después de promediar los datos por periodo anual de la estación de monitoreo de calidad del aire de Tibitoc, la ausencia de datos para PM<sub>10</sub> durante los años 2007 al 2008, la causa de esta ausencia es la no toma de muestras de este tipo de material particulado.

Al realizar el cruce entre los valores obtenidos de la tabla N° 3 (Concentraciones promedio anuales de los contaminantes) y la tabla N° 4 de los valores máximos permisibles por periodo de tiempo de los contaminantes se encontró lo siguiente:

- Las concentraciones promedio anuales para SO<sub>2</sub> permisibles deben estar en el valor de 80 µg/m<sup>3</sup>; lo que indica que ninguna de las mediciones obtenidas superan los valores máximos permisibles; razón por la que no habría afectación negativa sobre el medio circundante.
- Las concentraciones promedio anuales para NO<sub>2</sub> permisibles deben estar en el valor de 100 µg/m<sup>3</sup>; lo que indica que ninguna de las mediciones obtenidas superan los valores permisibles, razón por la cual las condiciones medioambientales de la calidad del aire no estarán siendo afectadas por la presencia de estos contaminantes.
- Para los valores de PM<sub>10</sub> relacionados en la tabla concentración de contaminantes máximos permisibles y al realizar el cruce con los valores obtenidos de las mediciones promedio anual entre los años 2009 al 2012; estos no sobrepasarían los 70 µg/m<sup>3</sup>; que establece la norma. Al verificar en su totalidad la norma, se encuentra que en el parágrafo 1 del artículo 4 de la Resolución 601 del 2006 establece el siguiente lineamiento *“El límite máximo permisible anual de PM10 en el año 2009 será 60 µg/m3 y en el año 2011 será 50 µg/m3”*. En consecuencia el valor promedio anual para el año 2009 es de 67.568 µg/m<sup>3</sup>; el cual sobrepasa el umbral máximo permisible de la legislación para ese año en especial, la principal razón de este incremento puede darse por un supuesto en el manejo inadecuado de las emisiones de las industrial y fabricas que se encuentran en el sector que será una presunción valida, pues la zona de ubicación de las estación de Tibitoc está dentro de los límites de la zona de expansión industrial de Bogotá D.C. Sin embargo se puede identificar que para los años posteriores al aumento de límite permisible para PM<sub>10</sub> entre los años 2010 al 2012 se tomaron las medidas de control necesarias y pertinentes para la reducción del contaminante ya que estas no superaron los 50 µg/m<sup>3</sup>.

**Tabla N° 4:** Norma de calidad del aire o nivel de inmisión para el territorio nacional.

Contaminante	Unidad	Límite máximo permisible	Tiempo de exposición
PST	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	100	Anual
		300	24 horas
PM10	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	70	Anual
		150	24 horas
SO <sub>2</sub>	ppm ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	0,031 (80)	Anual
		0,096 (250)	24 horas
		0,287 (750)	3 horas
NO <sub>2</sub>	ppm ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	0,053 (100)	Anual
		0,08 (150)	24 horas
		0,106 (200)	1 hora
O <sub>3</sub>	ppm ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	0,041 (80)	8 horas
		0,061 (120)	1 hora
CO	ppm ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	8,8 (10)	8 horas
		35 (40)	1 hora

**Fuente:** Resolución 601 de 4 de abril del 2006

## CONCLUSIONES

Una vez identificada y evaluada las concentraciones de contaminantes a la atmosfera en cantidades trazas de la estación de monitoreo ubicada en la ETAP Tibitoc, se llegaron a las siguientes conclusiones:

- La ubicación de la estación de monitoreo se encuentra en una ubicación estratégica dentro del departamento de Cundinamarca, lo cual permite la realización posterior de investigación para la modelación de la calidad del aire dentro del departamento y sus zonas de interés; ya que la zona de expansión de la zona industrial de la capital de Colombia se encuentra dentro de esos límites.
- Las emisiones contaminantes al ambiente se encuentran dentro los valores y límites permisibles establecidos en la normatividad colombiana vigente aplicable al tema de calidad del aire.
- Se puede concluir que los procesos de reducción y manejo de las emisiones atmosféricas que utilizan las empresas circundantes son los adecuados y no son causantes de impactos negativos al medio en tema de emisiones al aire.
- Las investigaciones y el desconocimiento de las normas y los procesos asociados a la calidad del aire inciden directamente en la ausencia o reducción de las investigaciones a nivel local, regional y nacional.

## BIBLIOGRAFIA

- República de Colombia, Resolución 601 del 2006.
- Informe Índice de Calidad del Aire para Colombia, [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/ambientales/Sima/indice\\_calidad\\_aire13.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/ambientales/Sima/indice_calidad_aire13.pdf), consultada en Noviembre del 2014.
- Informe del estado del medio ambiente y los recursos naturales renovables 2010
- Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre
- IGAC, Ubicación espacial del Municipio de Tocancipá.
- Ecología y Salud 2011, Universidad de Chile.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos naturales del Salvador, <http://www.marn.gob.sv/phocadownload/userupload/que-es-el-dioxido-de-azufre.pdf>, Consultado Noviembre 2012.