



---

# NIVELES DE CONTAMINACIÓN EN MEDELLÍN

---

CONTAMINACIÓN DE PARTÍCULAS EN EL AIRE



11 DE JUNIO DE 2015

YEISON YOVANY OCAMPO NARANJO

JHONANA ESPARZA

ANDRES FELIPE SANCHEZ

SLEYDER ZULETA

“ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA Y EXPLORATORIA”

## RESUMEN

En el siguiente trabajo planteamos uno de los problemas más cotidianos de nuestra ciudad como lo es la contaminación del aire, este problema nos ha afectado de una manera sin precedentes y que aún no medimos los impactos que hoy nos ha demostrado. Más allá de todo un objetivo fundamental es tener muy presente la recolección de datos, la vital importancia de la no manipulación de los mismos y de tener muy presente el análisis de las muestras tomadas para dar las conclusiones y recomendaciones pertinentes para el desarrollo de futuros experimentos y artefactos de medición enfocados en el hallazgo de los resultados y sobre todo en el pertinente análisis descriptivo y exploratorio de los datos. Demostrando así lo sencillo que puede ser un análisis coherente y sensato de los datos con objetos tan simples como lo son cartón y vaselina que fueron los instrumentos usados en la toma de los datos. Más aun mostrando lo difícil y complicado que es la toma de los mismos<sup>1</sup>, lo sesgado que pueden estar y los resultados que pueden arrojar.

## INTRODUCCIÓN

En este trabajo podremos observar varios de los problemas que hoy nos azotan como lo son la exagerada cantidad de contaminación en el aire, se rendirá de forma detallada un análisis de una recolección de datos, análisis de los mismos y las conclusiones que consideramos pertinentes para la intervención ambiental.

---

<sup>1</sup> Hace referencia a los datos que con gran dificultad se obtuvieron y en cierto modo los resultados fueron satisfactorios.

## MARCO TEÓRICO

“Este informe busca presentar un marco teórico de contaminación del aire destacando cuáles son estos contaminantes, sus orígenes y su importancia frente a la salud y el medio ambiente. Este marco también menciona la importancia del transporte como uno de los contribuyentes mayores, y proporciona un análisis de contaminación de las dos ciudades principales en Colombia: Bogotá y Cali.

### CALIDAD DEL AIRE Introducción

El tema de contaminación del aire empezó a ser un problema para los científicos al presentarse eventos como los de Meuse Valley en 1930, donde murieron más de 60 personas por emisiones de SO<sub>2</sub> y fluorocarbonados; el de Donora Pennsylvania en 1948, dando muerte a más de 20 personas por emisiones de material particulado, y el más importante, en Londres en 1952 con la muerte de más de 4,000 personas también por presencia de partículas en exceso en el ambiente. Esto dio la alerta para tomar medidas radicales a nivel mundial en términos políticos y científicos (De Nevers, 1998). Hoy en día en Colombia, el 74% de la población identifica a la contaminación del aire como uno de los problemas más serios en el país además porque afecta directamente a la población de bajos recursos. Genera aproximadamente 7000 casos de muertes prematuras anuales, 7400 nuevos casos de bronquitis crónica, 13000 hospitalizaciones por causa de enfermedad respiratoria crónica y 255000 visitas a salas de urgencia (Larner, 2004). Hasta el año 2004, el costo anual del problema de contaminación del aire era de 1,5 billones de pesos anuales relacionados con casos de salud pública, morbilidad y mortalidad (ver Figura 1). Figura 1. Costos de contaminación anuales en billones de pesos. 5 Fuente: (Larner, 2004)

### Contaminantes Criterio en el Mundo

Dentro de todos los contaminantes que existen en la atmósfera, se identificaron 5 contaminantes criterio que afectan a la salud inmediatamente desde su inhalación: monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), ozono troposférico (O<sub>3</sub>) y material particulado con diámetro aerodinámico menor a 10 µm (PM<sub>10</sub>). Además de éstos, se incluye al CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) por su aporte al efecto invernadero. 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. Por esto, 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. En el 2005, la Organización Mundial de la Salud (OMS) realizó un estudio de comparación de las distintas regiones en el mundo, concluyendo que Asia y Latinoamérica tienen concentraciones mayores de PM<sub>10</sub> que Europa y Norteamérica debiéndose principalmente a su crecimiento en producción industrial y el uso de combustibles de baja calidad (WHO, 2005). Con respecto al SO<sub>2</sub>, se encontró que hay altos niveles de concentración en algunas ciudades de China debido al incremento en el uso del carbón como fuente de energía y algunas ciudades de África que presentan concentraciones medias anuales de 100 µg/m<sup>3</sup>. Hoy en día, la norma de límite dada por la OMS es de 24 µg/m<sup>3</sup> en 24 horas (WHO, 2005). El NO<sub>2</sub> es uno de los contaminantes con más incidencia en el mundo pues su principal causa de emisión son las fuentes móviles; aproximadamente, el 55% de las emisiones de un centro urbano corresponden a éste. En Latinoamérica, São Paulo y México D.F. presentan concentraciones de 70 µg/m<sup>3</sup> y 85 µg/m<sup>3</sup> respectivamente, seguidas de Beijing con 65 µg/m<sup>3</sup>. Según la OMS, se recomienda una concentración máxima de 40 µg/m<sup>3</sup> en promedio anual. Para tener un conocimiento más acertado y sencillo sobre el tema, la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés) estandarizó una medida de calidad del aire general para que el público pueda entender

mejor el estado de contaminación conocido como el Índice de Calidad del Aire (ICA), que ubica aproximadamente cómo está el aire en el sitio de interés de un modo cualitativo. Los clasifica de acuerdo a Bueno (0-50), Moderado (51-100), Desfavorable para Grupos Sensibles (101-150), Desfavorable (151-200), Muy Desfavorable (201-300), Peligroso (301-500). En el caso de Colombia, esta medida se utiliza frecuentemente en Cali para informar mensualmente a los habitantes sobre la calidad del aire en la ciudad.

Cambio Climático Uno de los problemas de mayor importancia a nivel mundial es el cambio climático que está principalmente atribuido a las emisiones de CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> generados principalmente por la combustión y la agricultura. Para combatir los efectos adversos de estas especies, se propone una Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) en 1992 que con ayuda del Panel Intergubernamental del Cambio 6 Climático (IPCC) determinen las nuevas alternativas de mitigación del problema así como acciones para su prevención a futuro. La acumulación de gases en la atmósfera forma una capa que evita el intercambio energético entre los rayos emitidos por el sol y la tierra (entrada y salida) y eso hace que se acumule energía entre la tierra y la capa de ozono. Así, la temperatura aumenta dando como resultado un invernadero alterando los ciclos naturales, los ecosistemas, así como la química y física de los gases en la atmósfera (Ver Figura 2). Figura 2. Diagrama de cambio climático y su relación en el efecto invernadero. Fuente: Programa de acción ante el cambio climático del Estado de Chiapas. En: [http://www.cambioclimaticochiapas.org/portal/index.php/cambio\\_climatico](http://www.cambioclimaticochiapas.org/portal/index.php/cambio_climatico)

Relación contaminación del aire – movilidad El transporte es responsable de algunos de los riesgos ambientales y de salud que enfrentan muchas ciudades en desarrollo. En el contexto europeo, el transporte relacionado con la salud y los riesgos ambientales han sido un foco importante de diálogo conjunto de políticas desde hace más de una década, por ejemplo, en el Programa Paneuropeo de Transporte, Salud y Medio Ambiente. En muchos países en desarrollo, los riesgos para la salud relacionados con el transporte aún no han recibido una atención prioritaria, o no han llegado a estimular acciones políticas conjuntas por la salud, el medio ambiente y del transporte en general (WHO, 2009). En general, para que las emisiones puedan tener efectos adversos a la salud, deben tener una línea de proceso que involucra: concentración del contaminante (masa por tiempo), fracción inhalada (masa inhalada por masa emitida) y toxicidad (impacto a la salud por masa inhalada) (Marshall & Nazaroff, 2006); 7 de aquí, se puede establecer la relación intrínseca entre cantidad de emisiones y efectos a la salud. (Ver Figura 3) Figura 3. Relación entre contaminación del aire y efectos de las emisiones a la salud. Fuente: (Marshall & Nazaroff, 2006)

La problemática del transporte tiene variables que afectan la contaminación como los tipos de combustibles, la edad de los automotores que intrínsecamente incluye a la tecnología que se está utilizando, los comportamientos de conducción, entre otros. Cada uno de estos componentes son los que se deben tener en cuenta para cualquier tipo de decisión con respecto al medio ambiente.

Tipos de combustibles Existen varios tipos de combustibles que generan emisiones que afectan a la salud; entre los más comunes se encuentran la gasolina, el diesel (ACPM) y el gas natural vehicular (GNV). Las emisiones producidas por los automotores no sólo se limitan a las que salen del tubo de escape, también hay que tener en cuenta el escape de gas de los pistones que pueden generar monóxido de carbono o hidrocarburos, el sistema de combustible donde las emisiones pueden emerger desde el carburador, la entrada del aire de la inyección de combustión y el tanque de combustible, emisiones producidas por el desplazamiento del automotor en una camino con polvo o material particulado, el desgaste de los neumáticos que aportan a partículas suspendidas, el desgaste de los frenos, etc. Para un motor de cuatro tiempos accionado por gasolina, se presentan emisiones de CO

por el mismo proceso interno de combustión incompleta; sin embargo, esto dependerá de si la mezcla aire/combustible es rica o pobre. El NO<sub>2</sub> se forma por la mezcla entre el nitrógeno y el oxígeno molecular a altas temperaturas y su emisión está relacionada con la temperatura. El material particulado, además de ser producto de la combustión, depende además de los desgastes del motor, el aceite lubricante y la dilución. Para un motor que funciona con diesel, el sistema de combustión es más eficiente ambientalmente pues se necesita de más cuidado para manejarlo. En términos de contaminación por CO, como la mezcla es pobre y consume menos combustible, va a producir menos CO y CO<sub>2</sub> que un motor a gasolina. El problema radica en la presencia de azufre en el combustible, sin embargo, ya se han tomado medidas mundiales para erradicar el combustible con este elemento. Edad y tecnología

8 La emisión de contaminantes producidos por el transporte, depende además de variables como la edad del vehículo. Desde hace varios años, se implementaron medidas tecnológicas para tratar de mitigar las emisiones como el uso de convertidor catalítico ubicado en el tubo de escape de los carros. Para los carros que tienen un buen mantenimiento, el convertidor catalítico funciona y reduce hasta un 90% los hidrocarburos y el CO. Sin embargo, tiene una vida útil de 10 años o menos dependiendo de la calidad del combustible. Aunque es una buena medida donde se reduce CO, HC y NO<sub>2</sub>, aumenta niveles de emisión de CO<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>O, gases invernadero. Existen estándares de emisiones en el mundo para las fuentes móviles como las EURO y las dadas por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA). Las normas EURO tienen estándares de concentración para CO, Hidrocarburos, NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub> y empezaron a regir desde 1992. Clasifican las fuentes móviles en encendido por chispa o por compresión, entre otras clasificaciones. En la Tabla 1, se resumen los estándares de emisión para la norma Euro. EEV representa una regla voluntaria entre Euro V y Euro VI. En el caso de Estados Unidos, la EPA clasifica las fuentes móviles en baja potencia (autos y camiones), motocicletas, alta potencia (motores y vehículos), motores y vehículos fuera del camino (non-road) y estándares para combustibles que contienen azufre. Tabla 1. Estándares de emisión Euro para vehículos de tránsito. (g/km). Fuente: Exhaust emissions of Transit Buses (Cooper, Arioli, Carrigan, & Jain, 2012)

Estándar	Fecha	CO	THC	NO <sub>x</sub>	PM
Euro I	1992	9.1	1.98	14.4	0.648
Euro II	1998	7.2	1.98	12.6	0.270
Euro III	2000	3.8	1.188	9.0	0.180
Euro IV	2005	2.7	0.828	6.3	0.036
Euro V	2008	2.7	0.828	3.6	0.036
EEV	2.7	0.450	3.6	0.036	
Euro VI	2013	2.7	0.234	0.7	0.018

En Colombia todavía se manejan tecnologías Euro II y III y en algunos casos de transporte masivo articulado, se tienen buses con Euro IV. Tabla 2. Estándares de emisión EPA (g/km). Fuente: Exhaust emissions of Transit Buses (Cooper, Arioli, Carrigan, & Jain, 2012)

Estándar	CO	THC	NO <sub>x</sub>	NMHC + NO <sub>x</sub>	PM
1994	45.06	3.78	14.54	0.20	0.15
1996	45.06	3.78	11.63	0.15	0.15
1998	45.06	3.78	11.63	0.15	0.15
2004 (1)	45.06	3.78	6.98	0.03	0.03
2004 (2)	45.06	3.78	7.27	0.03	0.03
2007	45.06	3.78	3.92	0.03	0.03
2010	45.06	3.78	0.58	0.03	0.03

\*THC: Hidrocarburos totales NMHC: Hidrocarburos no metanos

9 Velocidad, aceleración El factor de emisión para cuantificar las emisiones depende de la tecnología del vehículo y esto varía dependiendo de la velocidad promedio de rodamiento, además, de la aceleración y el modo de conducción. Dependiendo de la tecnología (norma Euro I, II, III, IV, V), se puede determinar el comportamiento del contaminante en función de la velocidad. Por ejemplo, para el caso de un vehículo que cumple la norma Euro I, las emisiones disminuyen paulatinamente hasta cierta velocidad (ver Figura 4) cuando empieza a aumentar el contaminante. Esto debido a que el gasto de energía que utiliza el motor en mayores velocidades, hace que necesite gastar más combustible (CEPAL, 2003). La intensidad de la producción de emisiones ocurre en el momento de la aceleración y por ende en la forma de conducir (menos aceleración significa menos combustible y menos contaminantes). Los vehículos híbridos proporcionan una alternativa a la producción de

emisiones, ya que el motor eléctrico es el responsable de la propulsión del vehículo lo que permite una velocidad constante del motor diesel. Como el motor diesel no es utilizado para manejar el vehículo, la aceleración y el estilo de conducir no son relevantes en estos tipos de vehículos y las emisiones son reducidas. Figura 4. Emisión de NOX en función de la velocidad de circulación. Fuente: Cepal. (CEPAL, 2003)

**Efectos a la salud** Los efectos a la salud se determinan dependiendo de variables como concentración del contaminante, tiempo de exposición, fracción inhalada, entre otros. Para cada una de estas variables, se incluyen estudios epidemiológicos así como de toxicidad que determinan la relación entre emisión y enfermedad. Las normas de calidad del aire se basan en los niveles a los que la población puede estar expuesta a la contaminación: agudo o crónico. El nivel agudo ocurre cuando se presentan altos niveles instantáneos de 10 concentración de contaminante, mientras que el crónico es cuando la contaminación permanece durante un tiempo prolongado. Estos dos tipos de exposición son perjudiciales y por lo tanto deben ser controlados para cada uno de los contaminantes criterio y por esto es que existen normas para tiempos de exposición cortos (horas) o largos (anual).

**Material particulado (PM10)** El PM son partículas sólidas o líquidas presentes en el aire que tienen la capacidad de penetrar las vías respiratorias. Existe plena evidencia científica de la relación entre la presencia de éstas con enfermedades respiratorias y cardíacas. Los más afectados son la población sensible (niños menores de 5 años y personas de la tercera edad) y su peligrosidad depende del tamaño y con las sustancias que se adhieren a su superficie. Se clasifican en PST (partículas suspendidas totales), partículas con diámetro menos a 10  $\mu\text{m}$  (PM10) y con diámetro menor a 2.5  $\mu\text{m}$  (PM2.5). La inhalación de PM puede inflamar las partes más pequeñas del sistema respiratorio, dejando a la exacerbación del asma o de bronquitis crónica. En el momento de una inflamación, se corre el riesgo de padecer hipercoagulabilidad transitoria (WHO, 2005). Las partículas con diámetro menor a 2.5  $\mu\text{m}$  son aún más peligrosas pues pueden alcanzar las partes más pequeñas de los pulmones, de aquí que la acción natural de limpieza del cuerpo no pueda ser llevada a cabo y se necesite de intervención quirúrgica. Otros problemas a la salud incluyen muerte prematura en las personas con problemas cardíacos o pulmonares, ataques al corazón, arritmia cardíaca, asma, aumento en problemas respiratorios como irritación de las vías respiratorias, tos y dificultad para respirar (EPA, 2013).

**NOX** Los óxidos de nitrógeno, y especialmente el NO2, son promotores de otros contaminantes como el smog y la lluvia ácida. En un centro urbano, el 55% de las emisiones son del sector transporte y 22% es de generación energética. La presencia del NO2 en la tropósfera en conjunto con radicales libres HC, hace que se forme O3 troposférico, mientras que en la atmósfera, reacciona con el monóxido de cloro formando nitrato de cloro y liberando átomos de cloro que destruyen la capa de ozono al reaccionar con el ácido clorhídrico (Banco Mundial, 1997). El tiempo de exposición determina el alcance a la salud para las personas, un tiempo de exposición corto (1 hora a 24 horas) tendrá un efecto inmediato en el aumento de problemas respiratorios incluyendo inflamación de las vías respiratorias y el aumento de síntomas para las personas que tienen asma. A largo plazo, con la formación de partículas que se ubican en todo el tracto respiratorio, pueden aumentar problemas cardiovasculares, bronquitis, asma y muerte prematura para la población más vulnerable.

**SOX** El SO2 es un gas estable que se produce por la quema de combustibles. En un centro urbano, el 67% de las emisiones vienen de las generadoras de energía y el 18% del sector industrial. La contribución del sector 1 1 transporte a las emisiones mundiales de SO2 se estiman entre 2% y 6% (Banco Mundial, 1997). Es un gas irritante, que afecta a las partes superiores de las vías respiratorias y está asociado con la disminución en el funcionamiento pulmonar. La OMS determinó que los efectos

mortales están entre 500  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  por un tiempo de exposición de 24 horas y una morbilidad respiratoria en ambientes con exposiciones superiores a 250  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (WHO, 2005). CO El monóxido de carbono es un gas inodoro, incoloro que a muy bajas dosis es uno de los contaminantes más peligrosos para la salud. En un centro urbano el 56% de las emisiones provienen del transporte. Está asociado a la formación de carboxi-hemoglobina (COHb), una condición en la que la hemoglobina es más afín con el CO que con el oxígeno. Al estar presente el CO en la sangre, la hemoglobina no puede transportar oxígeno para las condiciones vitales y por lo tanto creará un déficit de éste en la sangre. En niveles por debajo de 10% de COHb se producen mareos, dolor de cabeza y vómito. Para niveles con más del 40% de COHb, el monóxido empieza a causar coma neurológico y colapso en el sistema nervioso y a más del 60% causa la muerte (WHO, 2000).

Ozono Troposférico (O<sub>3</sub>) El ozono troposférico se forma a partir de otros compuestos en el aire como el NO<sub>2</sub>. En presencia de los rayos del sol, los enlaces del NO<sub>2</sub> se rompen formando óxido de nitrógeno (NO) y oxígeno molecular (O) que combinados con el O<sub>2</sub> presente en la atmósfera, genera O<sub>3</sub>. De aquí que los niveles de concentración del ozono dependan de la intensidad lumínica, la concentración de óxidos de nitrógeno, variables meteorológicas, entre otras. En tiempos de exposición bajos, la inhalación de ozono genera inflamación del todo el sistema respiratorio superior; es decir, las fosas nasales, la garganta y la laringe. Hay que tener en cuenta que así los niveles de exposición se reduzcan luego de haber estado en ambientes con concentraciones altas, los efectos persisten en los pulmones y principalmente, la afectación en las unidades terminales de los bronquios. Existe además evidencia que la presencia de ozono genera mutaciones en las células respiratorias resultando en generar con más probabilidad cáncer (WHO, 2005).

Acciones de mejoramiento de la calidad del aire

Implementación de tecnologías alternativas de combustible Además de los combustibles tradicionales (gasolina, diesel), se implementaron otros combustibles que podrían ayudar al sector transporte: biogás, mezcla gasolina – etanol, gases licuados del petróleo (GLP), hidrógeno, gas natural vehicular (GNV), vehículos híbridos o eléctricos, entre otros.

Diesel: En Colombia, la calidad del diesel a reducido concentraciones de 5000 partes por millón (ppm) de azufre a 500 ppm y desde enero de 2013, se implementó diesel a menos de 50 ppm de azufre. Esto genera una mejor calidad del aire y además, las tecnologías de control de emisiones trabajarán más efectivamente. Para el diesel, se encuentran alternativas para control de emisiones como:

- 1 Catalizador de oxidación para diesel: utiliza un proceso químico para romper los contaminantes en el tubo de escape del vehículo. Esto reduce PM, CO, HC pero sólo se puede utilizar por debajo de los 500 ppm en el contenido de azufre
- 2 Filtro de material particulado: el catalizador aumenta la proporción de NO<sub>2</sub> a NO, reduciendo así las emisiones de PM. No funciona con PM por debajo de 100 nm.
- Recirculación del gas en el tubo de escape: recircula los gases que salen del tubo de escape a los cilindros del motor. La recirculación enfría el motor reduciendo así CO, emisiones y MP.
- Catalizador de reducción selectiva: combina urea y agua para producir amonio y CO<sub>2</sub> que se combinan con el NO<sub>x</sub> para producir nitrógeno y vapor de agua. Puede reducir las emisiones de NO<sub>x</sub> del 75 al 90% (Cooper, Arioli, Carrigan, & Jain, 2012).

Para las otras alternativas, se resumen en:

Biogás: es un combustible gaseoso producido por digestión anaerobia de subproductos y/o residuos orgánicos. La degradación de la materia orgánica produce una mezcla de gases formada principalmente por metano (CH<sub>4</sub>) y dióxido de carbono. Se puede originar en vertederos de residuos sólidos, plantas de tratamiento de aguas residuales con estación de tratamiento biológico, plantas de digestión anaerobia con residuos de animales, entre otros (Martín Martín & Sala Gómez, 2004). En la Figura 5 se explica el procedimiento de producción del biogás y su utilización. Figura 5. Proceso origen, generación y uso

del biogás. Fuente: (Martín Martín & Sala Gómez, 2004) Gases licuados del petróleo (GLP): Son subproductos de la destilación del petróleo que tienen mayor contenido energético que el GNV. Usa el mismo motor de un GNV y por esto, utiliza las mismas tecnologías de control de emisiones. Dentro de las tecnologías de control de emisiones para motores que funcionan con GLP ó GNV, se encuentran: 1 3 Catalizador de oxidación: está diseñado para oxidar el monóxido de carbono (CO) y los hidrocarburos (HC) con CO<sub>2</sub> como producto final. Puede reducir emisiones de CH<sub>4</sub>, CO y HC (Cooper, Arioli, Carrigan, & Jain, 2012). Híbridos: Un vehículo híbrido utiliza energía de dos fuentes: por quema de combustible y por un sistema de almacenamiento de energía recargable que utiliza el método de convertir la energía disipada durante el frenado en potencia y almacenarla en una batería. Las emisiones del tubo de escape son las mismas que las atribuidas a un motor de combustión interna; sin embargo, éstas son más bajas pues el consumo es mucho menor dado que el motor gira a una velocidad constante (Cooper, Arioli, Carrigan, & Jain, 2012). A pesar de no ser una alternativa de combustible, si se presenta como una alternativa más próxima al transporte en el mundo. Gas natural vehicular (GNV): desde los años 70, la evolución de esta fuente de energía ha sido considerada una de crecimiento más rápido pues hoy en día representa la quinta parte del consumo energético mundial (Martín Martín & Sala Gómez, 2004). El gas natural contiene grandes contenidos de metano que es comprimido para aumentar su densidad energética y así poder llegar a ser igual de eficiente a los demás combustibles fósiles. Dentro de los sistemas de control de emisiones se encuentran: Catalizador de oxidación: el funcionamiento es el mismo que otro catalizador. Su función es oxidar el monóxido de carbono, los hidrocarburos y el CH<sub>4</sub> en CO<sub>2</sub>. Catalizador de 3 vías: es también conocido como Catalizador de oxidación – reducción y su función es oxidar El CO, los HC y reducir el NO<sub>x</sub>. Esto produce CO<sub>2</sub>, Nitrógeno y Agua (Cooper, Arioli, Carrigan, & Jain, 2012). Etanol: El etanol es un combustible producto de la fermentación de azúcares y se puede utilizar solo o mezclado con gasolina. Su principal función es de enriquecer el oxígeno que hay en ésta para que en el momento de la combustión, se generen menos gases contaminantes. A nivel mundial en el 2011 la producción de etanol fue de 84.500 millones de litros (22.320 millones de galones) y se calcula que ha logrado reducir en 99 millones de toneladas métricas las emisiones de GEI (Gases de Efecto Invernadero). Se predice que la producción mundial de etanol crecerá un 1% como mínimo en el 2012 a más de 85.200 millones de litros, proyección elaborada por GRFA (Global Renewable Fuels Alliance) y la firma analista F.O Licht. En Colombia se está utilizando hoy en día la mezcla 80% gasolina, 20% Etanol, sin embargo a partir del 2012, se decretó que “ los automotores de hasta 2000 cm<sup>3</sup> que se fabriquen, ensamblen, importen, distribuyan y comercialicen en el país que requieran para su funcionamiento gasolinas, deberán estar acondicionados para que sus motores funcionen con sistema Flex-fuel (E85), es decir, que puedan funcionar normalmente utilizando indistintamente gasolinas básicas o mezclas compuestas por gasolina básica de origen fósil con al menos 85% de alcohol carburante” (Decreto 1135 , 2009). Desde al año 2008, la producción de etanol en Colombia ha aumentado paulatinamente desde los 241 millones de litros a 320 millones de litros aproximadamente en el 2012. Un crecimiento económico importante para la realidad de los biocombustibles en el país. En la Figura 6 se observa el crecimiento paulatino del etanol en Colombia desde el 2008. 1 4 Figura 6. Producción de Etanol en Colombia desde el 2008 al 2012. Fuente: Federación de Biocombustibles de Colombia. En: <http://www.fedebiocombustibles.com/v3/nota-web-id-1347.htm> Comparación en términos ambientales de las alternativas (ver Figura 7): Figura 7. Relación emisiones por combustible Fuente: (Martín Martín & Sala Gómez, 2004) Se puede observar que el combustible con menos emisiones



es el hidrógeno a pesar de emitir un poco más de NO<sub>x</sub> que de los otros contaminantes por las propiedades intrínsecas de temperaturas.

1 5 Cobros por contaminación Los cobros por contaminación son una medida encaminada a interiorizar las externalidades de los actores privados que contaminan. En el mundo, todavía es muy nuevo el tema, sin embargo, ya se conoce algunos países que tienen esta medida establecida. Europa La Agencia Ambiental Europea (EEA) implementó un sistema de cobros por contaminación para transporte de carga desde enero de 2013, donde calculan los costos externos de contaminación del aire para el transporte de carga. Dentro de las especificaciones se encuentra la clase de vehículo, si se encuentra en sitios urbanos, intermunicipales o carreteras para cada uno de los países de la Unión Europea. Tabla 3. Costos externos para vehículos pesados en los países de la Unión Europea en Euros. Fuente: (EEA, 2013)

Realizaron una propuesta de modernización tecnológica de peajes que se utilizaban anteriormente para cobros en carretera y que también se pudieran adecuar al cobro por contaminación Ver Figura 8: 1 6 Figura 8. Métodos para cobros en carretera, modo peajes Fuente: Road user charges for heavy goods vehicles. (EEA, 2013)

Reino Unido Los cobros por contaminación en el Reino Unido han aumentado significativamente a lo largo de los años, hoy en día, se tienen medidas a nivel local implementadas eficientemente que, si bien para un país en vía de desarrollo es complicado adaptar, si es una guía hacia lo que se quiere para un centro urbano. Una de esas medidas es el cobro por emisiones en las zonas de bajas emisiones (Low Emissions Zones – LEZ) en Londres implementadas desde enero de 2012 como iniciativa para reducir las emisiones en las zonas que podrían presentar más emisiones. 1 7 Figura 9. Ubicación Zona de Bajas Emisiones (LEZ), Londres. Fuente: Transport for London. (Transport for London, 2012)

La metodología para cargos por contaminación en la zona de baja emisión es por medio de controles tecnológicos para llevar un seguimiento de la zona; por medio de un sistema de cámaras, se pueden ubicar a las placas del vehículo cuando entra a la zona. Para el pago, se le exige al dueño del vehículo tener como mínimo normas Euro IV para material particulado. Si no tiene el estándar, es necesario pagar un impuesto diario para poder entrar a la LEZ y tomar medidas para el control de emisiones (implementar nueva tecnología, certificación del VOSA (Vehicle and Operator Service Agency), etc).

Estados Unidos Los cobros por contaminación son más populares para descargas en cuerpos de agua que para emisiones. Sin embargo, desde 1990 con el Clean Air Act propuesto por el congreso de este país, se acordó un cobro a las industrias para permisos de emisión. Cada uno de los estados, tiene potestad de imponer sus impuestos por contaminación y se acordó que el monto mínimo para contaminantes criterio (excepto CO) es de US \$25 por tonelada. Este monto además será ajustado con la inflación (EPA, 2001).

Armenia Los cargos por contaminación en Armenia, los implementó la Organización para la Co-Operación Económica y Desarrollo (OECD) y los dividieron en fuentes fijas y fuentes móviles. Dependiendo de la cantidad de 1 8 toneladas emitidas de un contaminante determinado, se establece el costo que deben pagar por contaminar. Para las fuentes fijas, se tienen en cuenta además de los contaminantes criterio ya mencionados, Tolueno, Óxido de Cromo, Formaldehído, entre otros. En el caso de las fuentes móviles, los cobros los clasifican en dos: por tipo de motor para los vehículos registrados en Armenia y por capacidad de carga para los que no están registrados (Organisation for Economic Co-operation and Development, 2011).

Para el cobro por tipo de motor, se realiza una vez al año por el dueño del vehículo. El pago es una condición para adquirir el certificado técnico de inspección. En este caso, se clasifican según los caballos de fuerza del motor, como se muestra en la Tabla 4. Tabla 4. Cobros por tipo de motor de los vehículos registrados en Armenia. (Organisation for Economic Co-operation and Development, 2011). 1 USD= 575.03 AMD

En lo que concierne a los cobros por capacidad de los

vehículos, se clasifican según la capacidad de pasajeros del vehículo y la capacidad de carga. Los cobros se hacen a la entrada del país y el argumento que da el Ministerio de Protección Natural de Armenia (MNP) es que muchos vehículos van a Irán a comprar combustible pues es más barato pero generan las emisiones en Armenia. Tabla 5. Cobros para vehículos no registrados en Armenia. : (Organisation for Economic Co-operation and Development, 2011). 1 USD= 575.03 AMD Categorías de vehículos Cobro en AMD Pasajeros Carros con Pasajeros 2500 Buses con menos de 12 asientos 5000 Buses con 12 asientos y más 10000 Carga Capacidad de carga menos de 8 toneladas 5000 Capacidad de carga de 8 a 20 toneladas 10000 Capacidad de carga 20 toneladas y más 15000 1 9 Externalidades ambientales asociadas con la contaminación del aire Las externalidades o costos externos son todos aquellos que se producen cuando un grupo de personas generan un costo derivado de sus actividades a otro grupo de personas. Pueden ser positivas o negativas, pueden ser recíprocas o unilaterales, transferibles o no transferibles, agotables o inagotables según si el bien es privado o público (Martínez Vásquez, 2008). En el caso de contaminación del aire, este concepto se materializa en la emisiones de los automóviles; en este caso, en el momento de utilizarlo, se está afectando a las demás personas por sus efectos a la salud o al cambio climático. En un centro urbano, las externalidades por contaminación atmosférica pueden cobrarse por medio de impuestos sobre los bienes comunes que generan la emisión (por ejemplo automotores, industrias). En el mundo, las externalidades ambientales todavía es un concepto muy nuevo, sin embargo en las decisiones gubernamentales cada vez se tienen más en cuenta, un claro ejemplo es el impuesto a la gasolina que incentiva al pago prematuro del efecto de contaminación a la sociedad por la quema del combustible. Figura 10. Costos externos totales del transporte en 2008 clasificados por externalidad F”<sup>2</sup>

“Material particulado Con la denominación de Partículas Suspendidas Totales (PST) se reconoce una amplia categoría de material particulado como contaminante (diámetro aerodinámico inferior a 30 µm). Las PST son las partículas sólidas o líquidas del 182 aire, se incluyen contaminantes primarios como el polvo y el hollín, y contaminantes secundarios como partículas líquidas producidas por la condensación de vapores. Desde la segunda mitad de la década de los 80’s varios países incluyeron en sus normas sobre material particulado a las partículas con menos de 10 µm de diámetro aerodinámico (PM10). En la segunda mitad de la década de los 90’s, las normas sobre material particulado incluyeron también al material particulado con menos de 2,5 µm (PM2,5) (Radian, 1997; ACGIH, 2005). Las partículas gruesas tienen un diámetro de 2,5 a 40 µm aproximadamente según su comportamiento aerodinámico. Se forman por la trituración mecánica, la molienda o la abrasión de superficies; el viento y el tráfico las suspende o las dispersa. Las partículas finas son menores de 2,5 µm (PM2.5) y penetran profundamente en los pulmones; provienen generalmente de fuentes de combustión y de la condensación de materiales volatilizados (material particulado primario) o de gases precursores que reaccionan en el aire y forman partículas secundarias (Nevers, 1998). En la naturaleza el material particulado se forma por muchos procesos, tales como el viento, la polinización de plantas y los incendios forestales. Las principales fuentes antropogénicas de pequeñas partículas incluyen la quema de combustibles sólidos como la madera y el carbón, las actividades agrícolas como la fertilización y almacenamiento de granos, la industria de la construcción y la circulación de los automóviles por calles y avenidas en mal estado o no

---

<sup>2</sup> Fuente tomada de: “<https://prosperityfund.uniandes.edu.co/site/wp-content/uploads/Caracterizaci%C3%B3n-de-la-contaminaci%C3%B3n-atmosf%C3%A9rica-en-Colombia1.pdf>”

pavimentadas (CEPIS, 2005). Una mayor atención se ha concentrado en las partículas PM10, que pueden ser inhaladas y penetrar con facilidad al sistema respiratorio humano causando efectos adversos en la salud de las personas. Las de diámetro mayor de 10 micras, que no ingresan al aparato respiratorio, quedan atrapadas en las fosas nasales. La cantidad de material particulado inhalado depende de la respiración (frecuencia y profundidad) de cada persona y del tamaño de la partícula. Las partículas más grandes se depositan en el área extratorácica de los pulmones (fosas nasales, laringe). Las partículas entre 5 y 10 micras se depositan en los bronquios y las menores de 5 micras se depositan en los bronquiólos y alvéolos. Las partículas depositadas en los pulmones son eliminadas generalmente por la actividad mucociliar y por los macrófagos en periodos que pueden ser de semanas a años (Pope y Dockery 2006). Se postula que ninguna técnica disponible actualmente permite analizar la totalidad de los compuestos orgánicos presentes en la atmósfera como material particulado. Independientemente de que la partícula sea un ácido, un metal, granito o gasolina, el tamaño es el factor que determina su comportamiento en la atmósfera y en las vías respiratorias. Las partículas de mayor tamaño (el polvo que se levanta del suelo o el que es erosionado de las rocas) viajan distancias menores y generalmente son capturados en las vías respiratorias superiores. Las 183 partículas extremadamente pequeñas, emitidas en cantidades de trillones por vehículos diesel, aviones, plantas generadoras y otras fuentes pueden viajar miles de kilómetros y permanecer en suspensión por semanas o meses. La composición química de las partículas refleja su fuente y varía con el tamaño de las partículas. En partículas finas (PM2.5) se encuentran sulfatos, hidrocarburos aromáticos policíclicos, plomo, arsénico, berilio, cadmio, amonio, mercurio, sulfatos y nitratos; las partículas con diámetro entre PM10 y PM2.5 están compuestas por materiales cristalinos como sílice, compuestos de hierro y aluminio; la masa de partículas ultrafinas está compuesta por material orgánico y también por contaminantes inorgánicos como sulfatos, amonio y otros. Las partículas finas pueden estar constituidas o transportar metales pesados, hidrocarburos aromáticos policíclicos u otros elementos nocivos, los cuales pueden causar daño a la salud en el largo plazo (Hussein, 2004, Pope 2002). “<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> Información sustraída de:

“<https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/wpcontent/Sites/Subportal%20del%20Ciudadano/Salud/Secciones/Publicaciones/Documentos/2012/Investigaciones/Contaminaci%C3%B3n%20atmosf%C3%A9rica%20y%20efectos%20sobre%20la%20salud%20de%20la%20poblaci%C3%B3n.pdf>”

<b><i>I.D</i></b>	<b>BARRIO</b>	<b>ZONA</b>	<b>HORA</b>	<b>P_A</b>	<b>DISTANCIA</b>
<i>B1</i>	MANRIQUE	CONTAMINADA	24	2,334	3,8
<i>B2</i>	MANRIQUE	CONTAMINADA	24	0,377	3,8
<i>B3</i>	MANRIQUE	CONTAMINADA	24	1,319	3,8
<i>B4</i>	MANRIQUE	NO CONTAMINADA	24	0,427	3,8
<i>B5</i>	MANRIQUE	NO CONTAMINADA	24	0,044	3,8
<i>B6</i>	MANRIQUE	NO CONTAMINADA	24	0,547	3,8
<i>B7</i>	MANRIQUE	NO CONTAMINADA	12	1,795	3,8
<i>B8</i>	MANRIQUE	NO CONTAMINADA	12	0,585	3,8
<i>B9</i>	MANRIQUE	NO CONTAMINADA	12	4,649	3,8
<i>B10</i>	MANRIQUE	CONTAMINADA	12	0,39	3,8
<i>B11</i>	MANRIQUE	CONTAMINADA	12	0,614	3,8
<i>B12</i>	MANRIQUE	CONTAMINADA	12	0,469	3,8
<i>E1</i>	ROBLEDO	NO CONTAMINADA	12	4,148	5,5
<i>E2</i>	ROBLEDO	NO CONTAMINADA	12	4,346	5,5
<i>E3</i>	ROBLEDO	NO CONTAMINADA	12	2,997	5,5
<i>E4</i>	ROBLEDO	CONTAMINADA	12	3,201	5,5
<i>E5</i>	ROBLEDO	CONTAMINADA	12	4,212	5,5
<i>E6</i>	ROBLEDO	CONTAMINADA	12	7,639	5,5
<i>E7</i>	ROBLEDO	CONTAMINADA	24	0,116	5,5
<i>E8</i>	ROBLEDO	NO CONTAMINADA	24	1,553	5,5
<i>E9</i>	ROBLEDO	CONTAMINADA	24	4,142	5,5
<i>E10</i>	ROBLEDO	CONTAMINADA	24	6,071	5,5
<i>E11</i>	ROBLEDO	NO CONTAMINADA	24	1,904	5,5
<i>E12</i>	ROBLEDO	NO CONTAMINADA	24	2,483	5,5
<i>A3</i>	ARANJUEZ	CONTAMINADA	24	0,152	4,2
<i>A2</i>	ARANJUEZ	CONTAMINADA	24	1,016	4,2
<i>A4</i>	ARANJUEZ	CONTAMINADA	12	2,153	4,2
<i>A5</i>	ARANJUEZ	CONTAMINADA	12	1,562	4,2
<i>A7</i>	ARANJUEZ	NO CONTAMINADA	24	0,014	4,2
<i>A6</i>	ARANJUEZ	CONTAMINADA	12	0,201	4,2

A8	ARANJUEZ	NO CONTAMINADA	12	0,308	4,2
A9	ARANJUEZ	NO CONTAMINADA	12	0,234	4,2
A10	ARANJUEZ	NO CONTAMINADA	12	0,325	4,2
A11	ARANJUEZ	NO CONTAMINADA	24	0,19	4,2
A1	ARANJUEZ	CONTAMINADA	24	2,096	4,2
A12	ARANJUEZ	NO CONTAMINADA	24	0,097	4,2
F6	NIQUIA	NO CONTAMINADA	12	0,02	11
F9	NIQUIA	CONTAMINADA	24	0,274	11
F1	NIQUIA	NO CONTAMINADA	12	0,018	11
F7	NIQUIA	CONTAMINADA	12	0,061	11
F5	NIQUIA	NO CONTAMINADA	12	0,08	11
F11	NIQUIA	CONTAMINADA	24	1,1	11
F3	NIQUIA	NO CONTAMINADA	24	0,014	11
F12	NIQUIA	CONTAMINADA	12	0,491	11
F10	NIQUIA	CONTAMINADA	12	0,937	11
F2	NIQUIA	NO CONTAMINADA	24	1,083	11
F4	NIQUIA	NO CONTAMINADA	24	0,634	11
F8	NIQUIA	CONTAMINADA	24	0,275	11

#### **Descripción de la toma de los datos:**

- En la toma de los datos se presentaron una serie de inconvenientes los cuales no nos permitieron realizar con plenitud los primeros pre-muestreos donde, no sabemos ¿Por qué?, ¿Con qué fin? Las personas haciendo uso de los materiales de trabajo. Lo cual representó todo un desafío para nosotros ya que teníamos que dar fe de las muestras en sectores donde considerásemos la recolección de partículas y siempre eran zonas concurridas por personas donde la mayoría de las veces fueron hurtadas, destruidas o simplemente arrojadas al suelo.

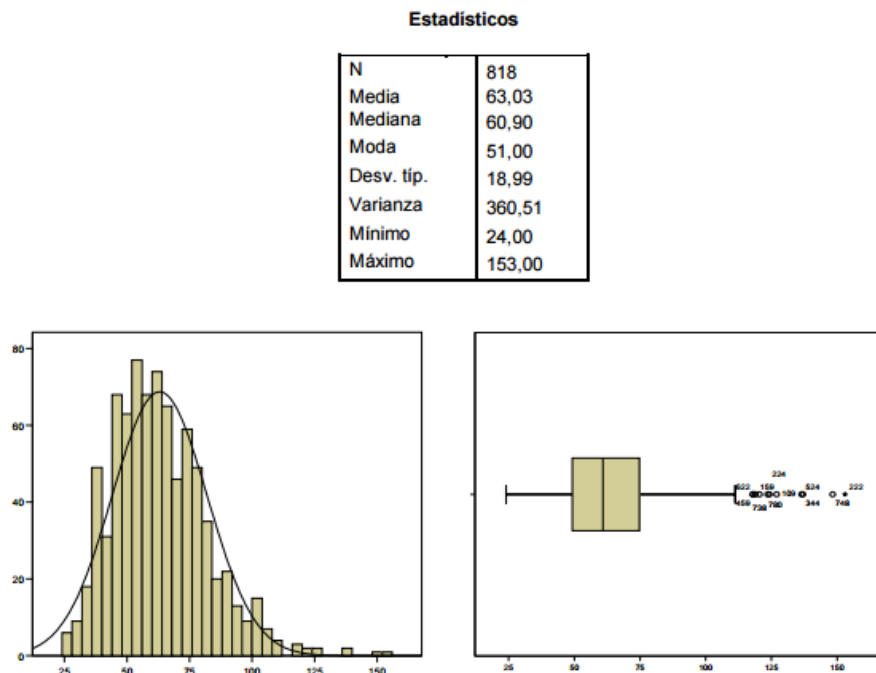
- Otro de los problemas fue la lucha con el clima, haber trabajado los datos en verano fue positivo, pero nuestras muestras tendían a secarse en un lapso de 24 horas. Acto por el cual nos llevó a dejar nuestro aparato de medición oculto del sol.

- Para finalizar los problemas el grupo decidió que era una buena opción estandarizarse con los demás grupos y usar el mismo material de trabajo, ya que los anteriores trabajados no presentaron ningún resultado satisfactorio.-

Finalmente el trabajo del grupo realizado con el programa “Image J” nos permitió hacer el análisis completo a las partículas por medio del porcentaje de área.

## ANTECEDENTES DE LOS DATOS:

Material Particulado (PM<sub>10</sub>) Los valores promedios registrados varían entre 28 y 124  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , con promedio de 65.3. (Gráfico 6A). La medición de partículas respirables (PM<sub>10</sub>) es de aplicación más reciente en la ciudad. No hay seguimiento sistematizado de la concentración de este contaminante en los municipios periféricos del área metropolitana y tan solo 3 estaciones funcionan regularmente en la región central del valle (Guayabal, Corantioquia y Aguinaga). (Gráfico 6B).



**Gráfico 6A. Estadísticos descriptivos de material particulado respirable PM<sub>10</sub> en estaciones de la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire del Valle de Aburrá. 2001 - 2005**

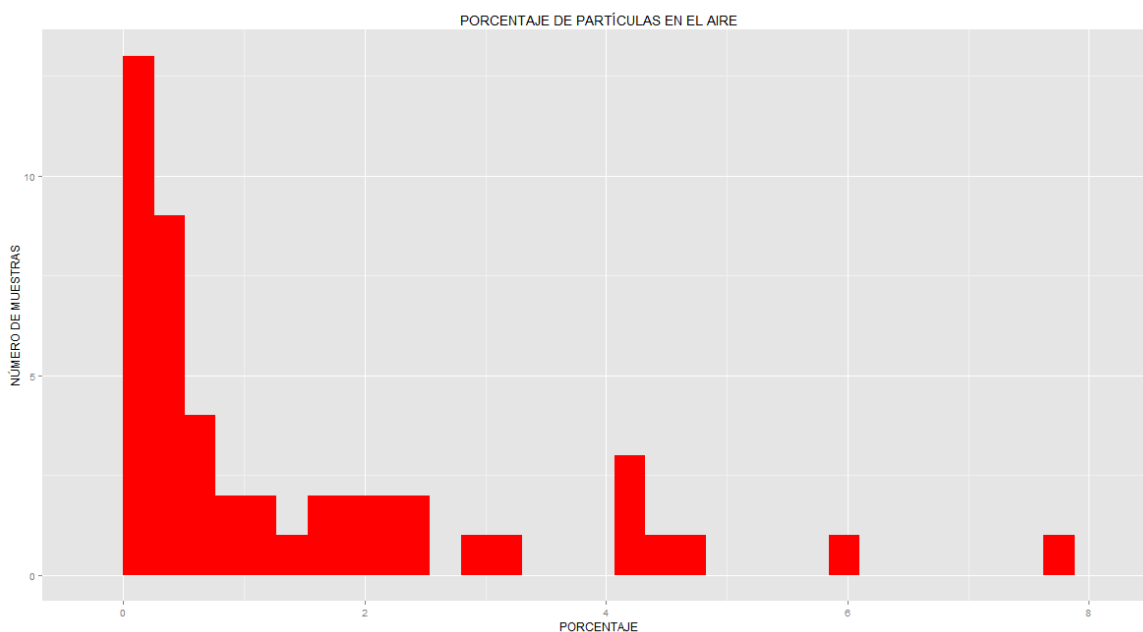
## ANÁLISIS EXPLORATORIO:

Inicialmente podemos hacer una aclaración, la cual es:

Las distancias tomadas de cada “BARRIO” fueron realizadas tomando como centro el (Parque de Berrio).

- Pudimos observar de manera concreta y directa cuales fueron los máximos y los mínimos de él número de partículas recolectadas en la muestra los cuales se pueden observar en la siguiente tabla:

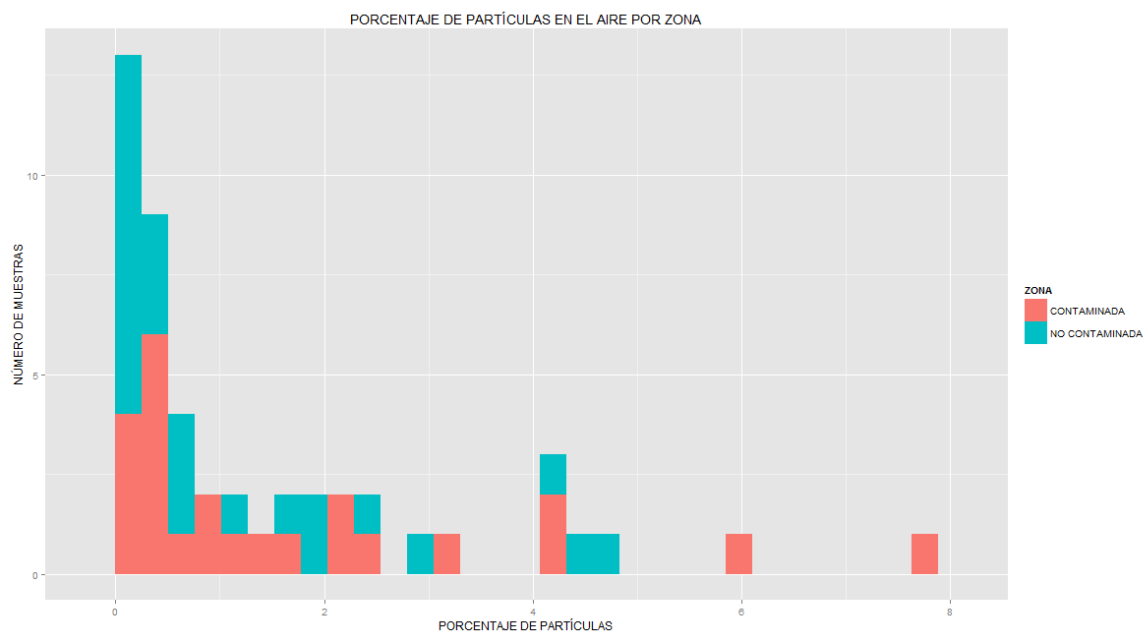
MÍNIMO	0,0140
MEDIA	1,4520
MEDIANA	0,5995
MÁXIMO	7,6390



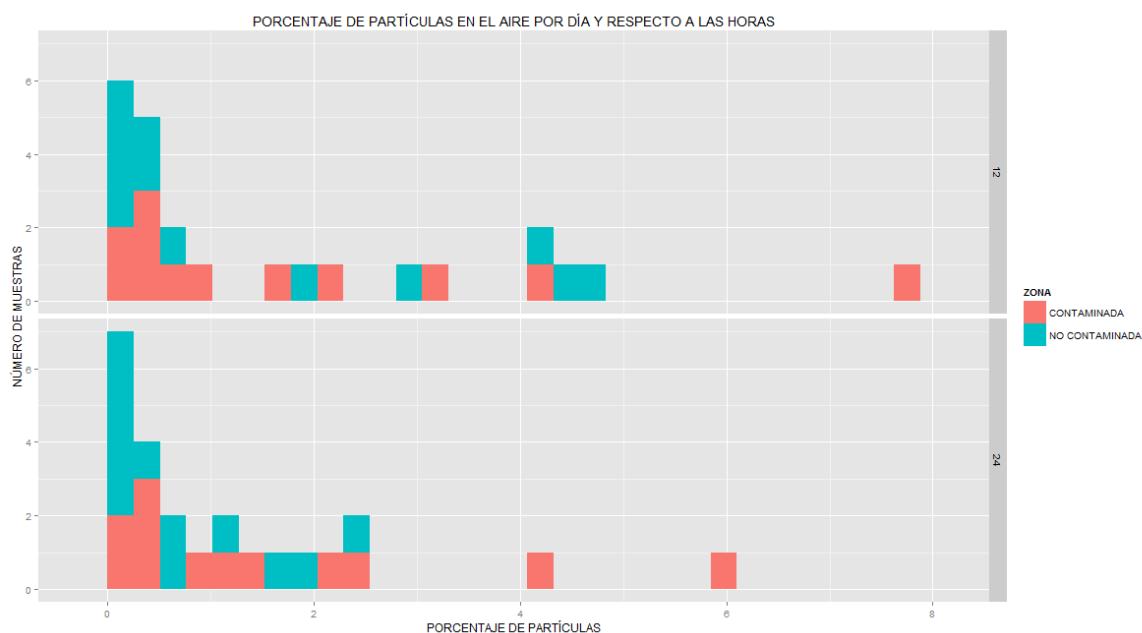
Aquí podemos apreciar los valores más extremos que se obtuvieron aún sin hacer ninguna relación ni comparación.

- A continuación podemos apreciar, cómo es el comportamiento del porcentaje de partículas respecto a las zonas contaminadas y no contaminadas que tomamos.



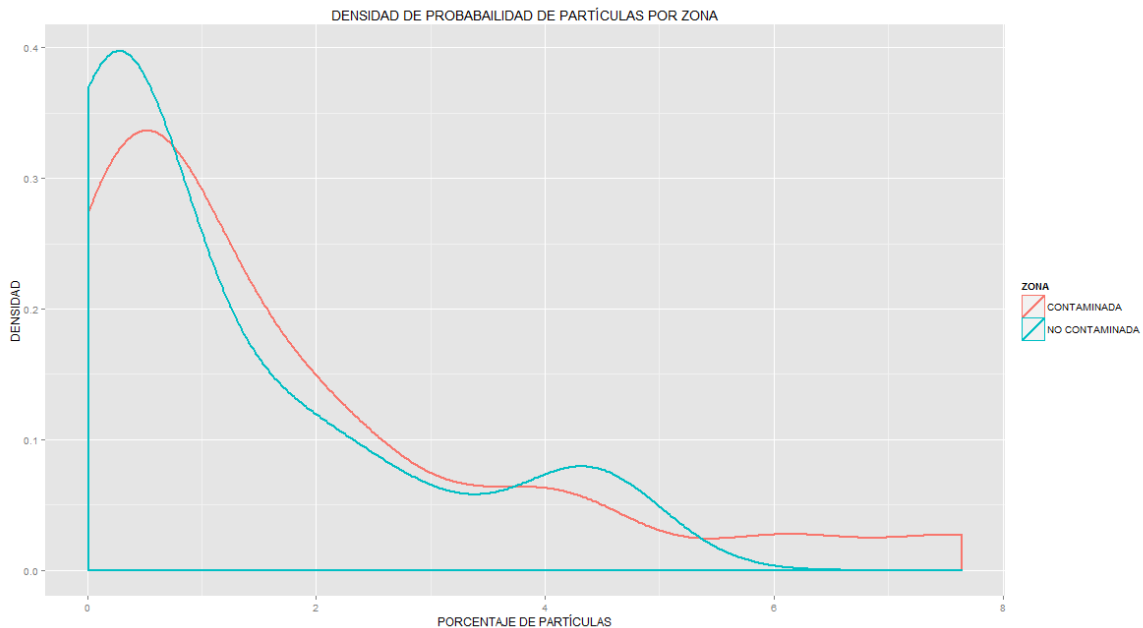


En este gráfico podemos observar que hay una mayor densidad de los datos de la zona no contaminada con respecto a los contaminados, lo cual nos lleva a prever que hay una variación mucho mayor con respecto a los datos recolectados de la zona “no contaminada”. Todos por debajo del 1% de partículas. Además de observar ciertos datos no contaminados con un buen porcentaje de área contaminada.

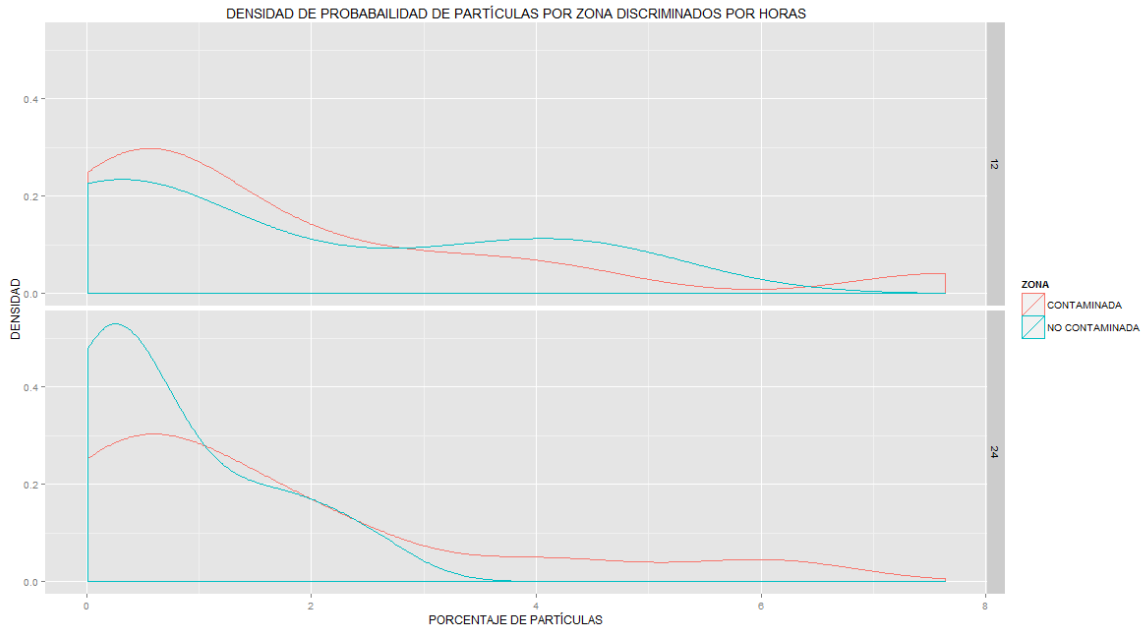


En el gráfico anterior podemos apreciar el comportamiento de los porcentajes de partículas en el aire y podemos empezar a hallar casos particulares con las zonas no contaminadas al cabo de las 24

horas, esto se puede dar por las condiciones a las que fue expuesta la muestra y quizá a resequedad por el factor clima. Además podemos ver curiosamente que en las muestras de 12 de la zona “no contaminada” hay datos con un mayor porcentaje de partículas que las “no contaminadas” de 24 horas, lo cual nos podría llevar a errores en la medición y estimación adecuada.

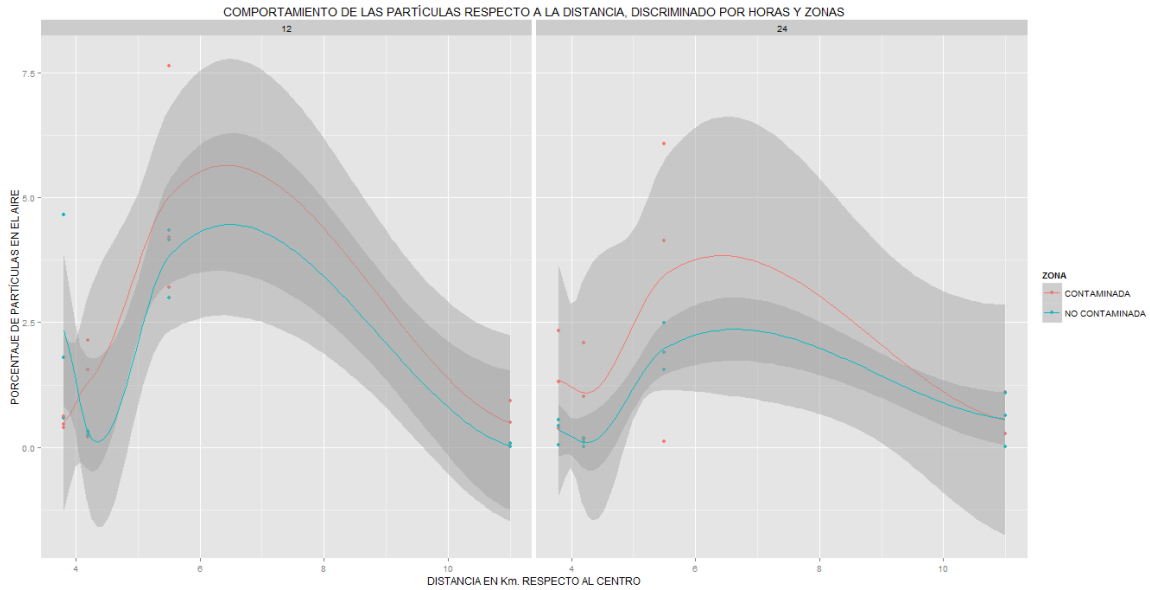


En este gráfico se puede apreciar de una manera muy evidente el comportamiento de las zonas y de una manera un poco interesante podemos ver que en algunos casos hay una mayor probabilidad a que se puedan hallar datos con mayor porcentaje de partículas en la zona contaminada, lo que nos hace pensar más aún que hay una situación errónea de los datos. Por otro lado podemos observar que la mayor densidad se efectúa por debajo del 1% de partículas contaminadas en el área trabajada.



La anterior imagen es una muy buena representación de lo que los datos nos quieren mostrar, ya que nos revela gran parte de la información y ahora ya podemos definir tendencias con respecto a las variables: "ZONA", "HORA", "PORCENTAJE DE PARTÍCULAS". Donde se puede apreciar que atractivamente hay muy poca diferencia en la zona contaminada y la zona no contaminada en un intervalo de 12 horas. Este dato es un resultado importante que nos muestra que inicialmente la contaminación es similar, pero remitiéndonos ahora al caso de las 24 horas podemos inferir que las probabilidades cambian, especialmente en la zona no contaminada ya que la probabilidad de sus porcentajes bajos son mucho más alto que las de la zona contaminada donde hay una densidad para valores o porcentajes de partículas muy grandes.

Podríamos considerar que a medida que pasa el tiempo las zonas contaminadas afectan mucho más que las no contaminadas y se empieza a hacer notorios los trastornos ambientales que se producen las partículas del aire.



En este gráfico se puede resumir todo el trabajo planteado con el análisis de partículas, ya que nos da la información más detallada y completa de todas donde podemos observar el comportamiento de las partículas con respecto a la distancia del centro. Aquí se puede observar que al cabo de 5,5 km de distancia respecto al centro se notaron la mayor contaminación con un gran porcentaje de partículas en el aire, claro también podemos observar que las sobras que hace referencia a las 12 horas son mucho más grandes que las de 24 horas lo cual nos corrobora lo planteado en uno de los gráficos donde se notó la dispersión de los datos. Por otro lado cabe resaltar que la dispersión de los datos de las zonas no contaminadas son más concisos y cerrados los cuales representan una menor dispersión.

Cabe decir que los resultados arrojados no son los esperados ya que a pesar de la distancia se encontraron porcentajes de partículas muy similares. Pero en el caso de 12 horas arrojó datos muy por encima de los datos de 24 horas lo cual plantea que hubo errores en la medición, ya sea por error de medición o un factor externo no conocido o identificado.

También vemos que las zonas más aledañas al centro representan una mayor parte del porcentaje de partículas, como si lo representa ROBLEDÓ.

## CONCLUSIONES

1. Pudimos esclarecer los porcentajes de partículas por área y se mostró que las zonas cercanas al centro no necesariamente son las más contaminadas.
2. Fue un trabajo que a pesar de su simpleza dispuso de bastante de nuestro tiempo y encontramos casos como el de las 12 y 24 horas con datos incoherentes, mostrando así una parte muy importante del análisis exploratorio de los datos.
3. Se puede inferir que la tendencia a largo plazo de las zonas van a ser de mayor influencia mostrando así la importancia de cuidado y desarrollo de políticas que permitan preservar la salud y el cuidado de las personas y el medio ambiente.
4. También podemos apreciar la manera en como los datos revelados en las 12 horas son mayores que los de 24 horas, situación que no se esperaría respecto al tiempo de las muestras mostrándonos allí una inconsistencia de los datos.

## RECOMENDACIONES

- Realizar el experimento en lugares donde las personas no puedan tener la visual al instrumento de medición.
- Tener claro los objetivos planteados con los lugares a los cuales se desea realizar el experimento.
- Los instrumentos usados para el trabajo no son óptimos, pero aun así dio cuenta de la gran contaminación por ende es de vital importancia enfatizar en la creación de leyes que mitiguen el impacto ambiental.
- Ser conscientes del impacto medio ambiental que estamos causando con los vehículos, las industrias y demás contaminantes que nos ponen cada vez más en un estado de colapso social donde las enfermedades florecen y la fauna y flora desaparece.

## WEBGRAFIA

- "<https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/wpccontent/Sites/Subportal%20del%20Ciudadano/Salud/Secciones/Publicaciones/Documentos/2012/Investigaciones/Contaminaci%C3%B3n%20atmosf%C3%A9rica%20y%20efectos%20sobre%20la%20salud%20de%20la%20poblaci%C3%B3n.pdf>"
- "<https://prosperityfund.uniandes.edu.co/site/wp-content/uploads/Caracterizaci%C3%B3n-de-la-contaminaci%C3%B3n-atmosf%C3%A9rica-en-Colombia1.pdf>"