

MEDELLIN Y SU CALIDAD DEL AIRE

Por: David Aguiar Gil - Universidad de Antioquia, Jose Mario Calle Palacio – Instituto Tecnológico Metropolitano, Diego Fernando Hernández Vasco – Instituto Tecnológico Metropolitano, Jose Luis González Manosalva – Instituto Tecnológico Metropolitano.

I. CONTEXTO GENERAL

Colombia es un país ubicado en el continente americano, que según las proyecciones del DANE¹, a 2016 cuenta con una población de 48.747.708 millones de habitantes distribuidos en un territorio de 1.141.748 kilómetros cuadrados aproximadamente[1].

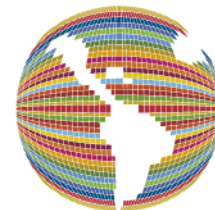
Según el DANE durante el 2016 el departamento de Antioquia contó con una población de 6.534.857 habitantes [1] (63,612 km²); y su capital Medellín 2.486.723 habitantes [2].

TERRITORIO



Ilustración 1. Ubicación geográfica del Valle de Aburrá. Fuente: Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA), 2015

¹ El DANE, es la fuente oficial de medición y emisión de datos estadísticos del país. Los datos aquí referidos dan cuenta de una proyección realizada a partir del censo 2005.



Medellín es la segunda ciudad en importancia en Colombia, y capital del Departamento de Antioquia; su temperatura promedio es de 24°C y está ubicada a 1.475 metros sobre el nivel del mar; cuenta con una extensión de 105 kilómetros cuadrados de suelo urbano, 270 Km de suelo rural y 5,2 Km de suelo para expansión [3].

El Área Metropolitana del Valle de Aburrá (1,157 km²), está conformada por Medellín y otros nueve municipios (Barbosa, Bello, Caldas, Copacabana, Envigado, Girardota, Itagüí, La Estrella y Sabaneta). Está localizado en el centro del departamento de Antioquia y alberga la mayor población de este (58,5% aproximadamente); con un total de 3'821.797 habitantes, distribuidos el 29.5% de suelo urbano y el 70.5% suelo rural; la población ubicada en suelo urbano del Área Metropolitana es de 95% [4].

II. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

1. Crecimiento de la Población

La población de Medellín ha aumentado de manera representativa; para el año 2012 se tenía una población de 2.393.011 habitantes mientras que en el año 2015, se tenía una población de 2.534.011 habitantes; es decir, en los últimos 3 años aumentó 141.00 habitantes[1]. Para el DANE, los indicadores de aumento de la población seguirán creciendo de manera exponencial.

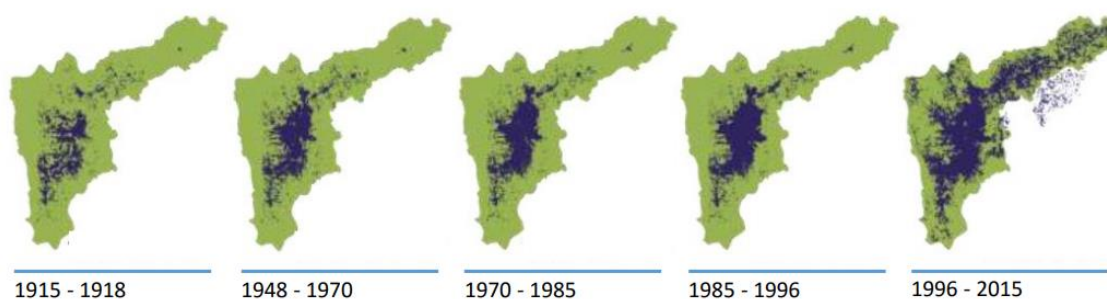
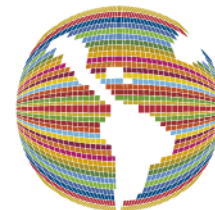


Ilustración 2. Crecimiento de la población del Valle de Aburrá. Fuente: AMVA, 2015

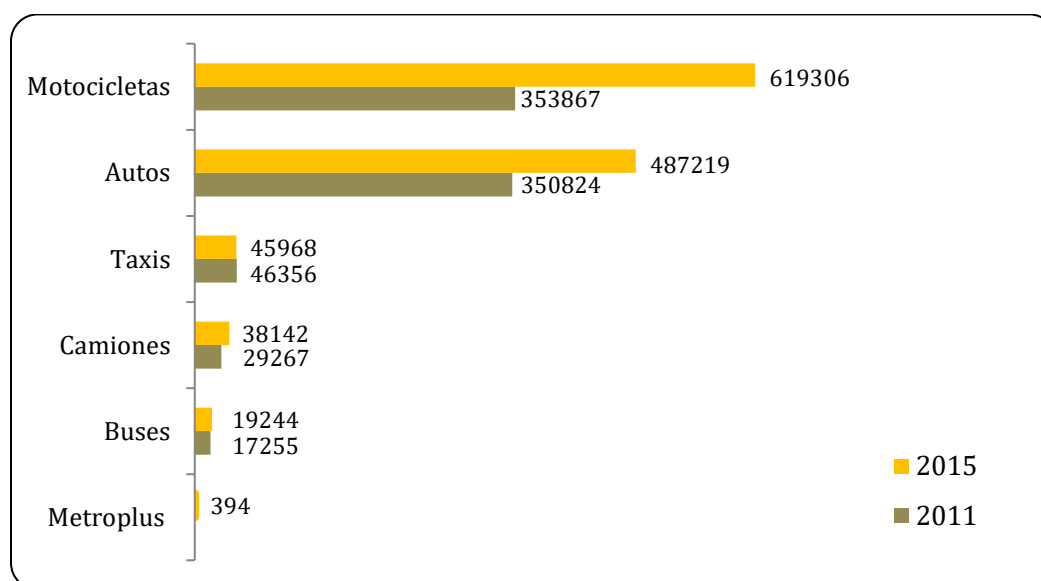
En la Ilustración 2 se evidencia la estructura polinuclear del Valle de Aburrá, identificándose con un núcleo dominante y un crecimiento concentrado, contenido en su delimitación geográfica.



2. Incremento del parque automotor

Para el año 2015 en el gráfico 1 la cantidad de motocicletas aumento un 53,13% con respecto al año 2011, siendo la categoría más representativa y de interés de movilidad para los ciudadanos del Valle de Aburrá, luego está la categoría de autos con un aumento de 28% y para las otras categorías el aumento fue menos significativo. El sistema de buses metroplus se incorpora en el 2015 como nuevo medio de transporte público del metro con el objetivo de mejorar la movilidad de la ciudad.

Gráfico 1. Total de vehículos en el Valle de Aburrá, año 2011 y 2015. Fuente: Elaboración propia – datos [5]



De acuerdo al gráfico 2, en el Valle de Aburrá los automóviles y los camiones son las categorías vehiculares con la mayor demanda energética, pues en el año 2011 consumieron respectivamente el 34% y el 30% del total de energía; después de éstas categorías se ubican los buses y los taxis demandando respectivamente el 16% y 14%, y por último se ubican las motos que consumen tan solo el 6%. Para el año 2015 se cumple el mismo orden de consumo de las categorías vehiculares, incrementando un 9,5% en la demanda energética en los automóviles y una disminución del 9,1% en los camiones, asociado a estos últimos a nuevo parque automotor con tecnologías de control de emisiones.

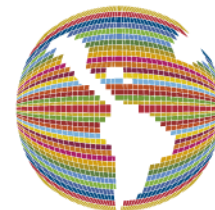
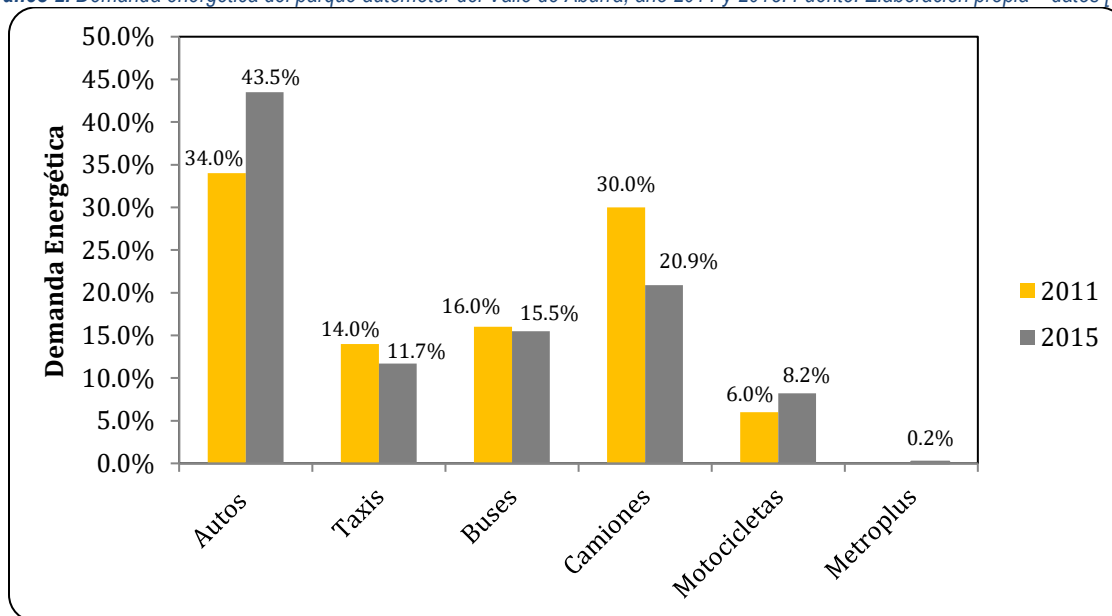


Gráfico 2. Demanda energética del parque automotor del Valle de Aburrá, año 2011 y 2015. Fuente: Elaboración propia – datos [5].



En el gráfico 3 la distribución emisiones de PM 2.5 por categoría vehicular. Los resultados muestran que, aunque los camiones constituyen tan solo el 4% del parque automotor, hacen una importante contribución a la emisión de PM2.5 aportando 67% de las emisiones de este contaminante y luego las motocicletas con una contribución 17.92% en el año 2011. Las emisiones incrementan en todas las categorías, siendo las más importantes y significativas en los camiones para el 2015, el metroplus no genera emisiones de PM 2.5, debido a que utiliza como combustible gas natural vehicular.

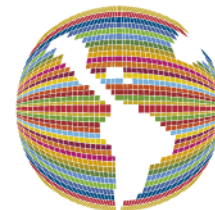
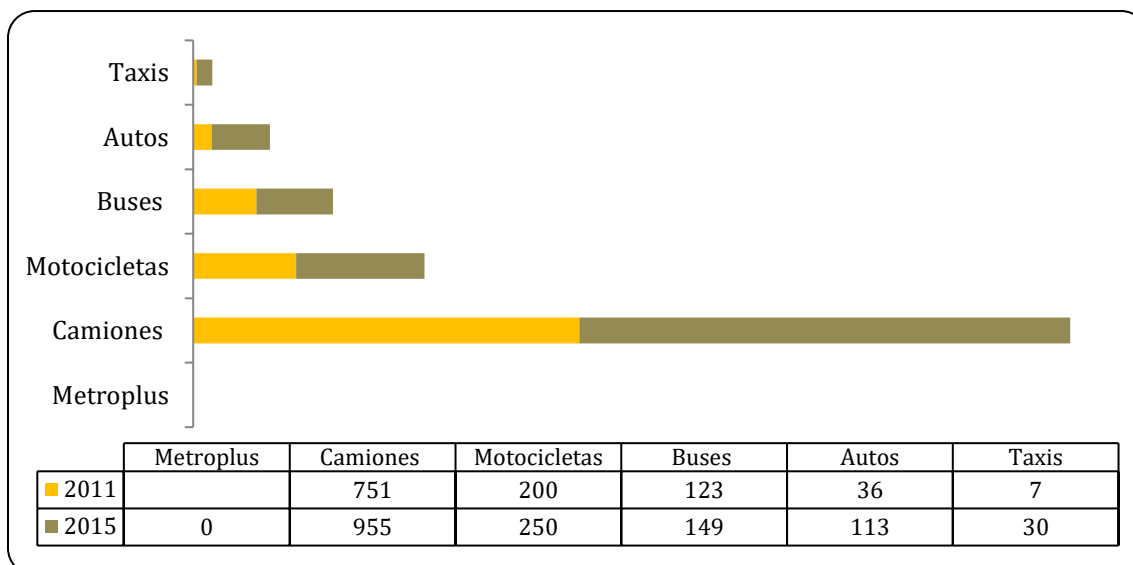


Gráfico 3. Emisiones de PM 2.5 por categoría (Ton), año 2011 y 2015. Fuente: Elaboración propia – datos [5]



3. La morfología del Valle

El Valle de Aburrá corta el sistema de altiplanos, que conforman el rasgo morfológico más sobresaliente del norte de la Cordillera Central. Hace parte de la cuenca del río Medellín - Aburrá, el cual cruza la región de sur a norte, tiene una longitud aproximada de 60 kilómetros, está enmarcado por una topografía irregular y pendiente, que oscila entre 1.300 y 2.800 metros sobre el nivel del mar. La llanura aluvial alcanza su mayor amplitud (10,0 km) en su centro geométrico, donde se localiza la ciudad de Medellín, estrechándose considerablemente hacia el norte y hacia el sur (3 – 0,5 km). Por fuera de la llanura, hacia las laderas, predominan altas pendientes. En la Ilustración 4 representa las condiciones de calidad del aire por sus características geomorfológicas.

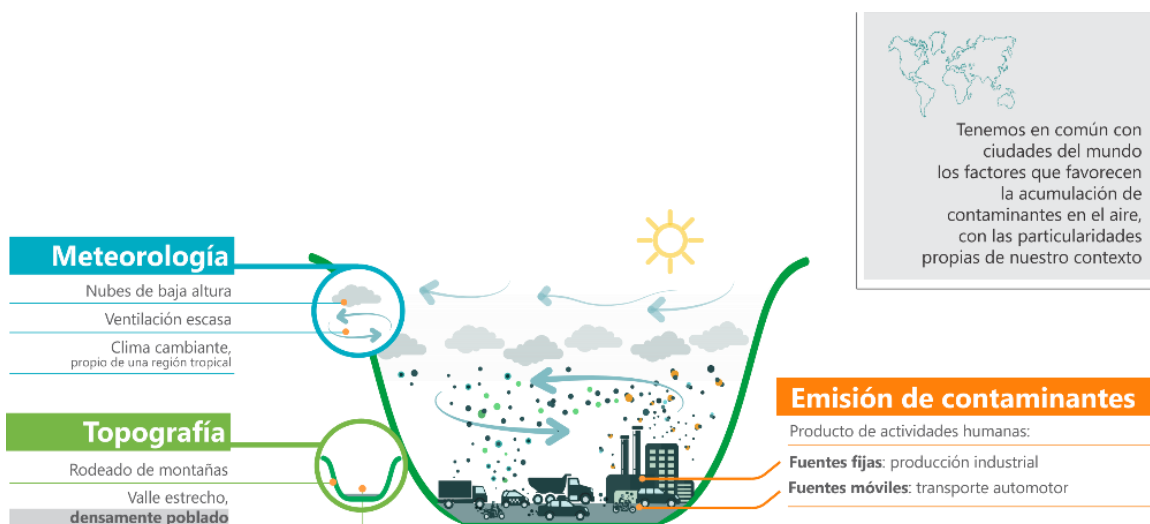
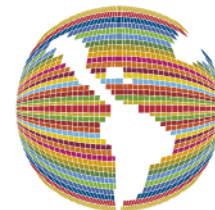


Ilustración 3. Problemática de Calidad del Aire en el Valle de Aburrá. Fuente: [5]

III. ESTADO ACTUAL DEL PROBLEMA

El Área Metropolitana cuenta con una red de monitoreo que permite tener una aproximación de su calidad del aire, a partir de la medición de los contaminantes criterio; según el informe de monitoreo de la calidad del aire, para el período de abril-junio de 2014, el Valle de Aburrá cuenta con 23 sitios de medición fijos, distribuidos en los diferentes municipios que componen el Área Metropolitana.[5]

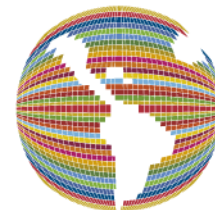
El tema de la calidad del aire, más allá de toda consideración ambiental, representa un problema de salud pública, las estadísticas locales muestran que las enfermedades respiratorias son la tercera causa en el sector urbano del Valle de Aburrá, mientras que en el sector rural estas no aparecen.

Calidad del Aire en Medellín

El Área Metropolitana cuenta con una red de monitoreo que permite tener una aproximación de su calidad del aire, a partir de la medición de los contaminantes criterio.

Desde el año 2012, el municipio de Medellín cuenta con dos (2) estaciones de calidad del aire ubicadas en la Universidad Nacional Núcleo El Volador (MED-UNNV) y en el Museo de Antioquia (MED-MANT) y miden variables como PM2.5, O₃ y NO₂. Estas estaciones son propiedad y son operadas por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA).

De acuerdo a las clasificaciones de estaciones realizada por el AMVA, la estación MED-UNNV es una estación de representatividad poblacional y la estación MED-MANT como una estación de



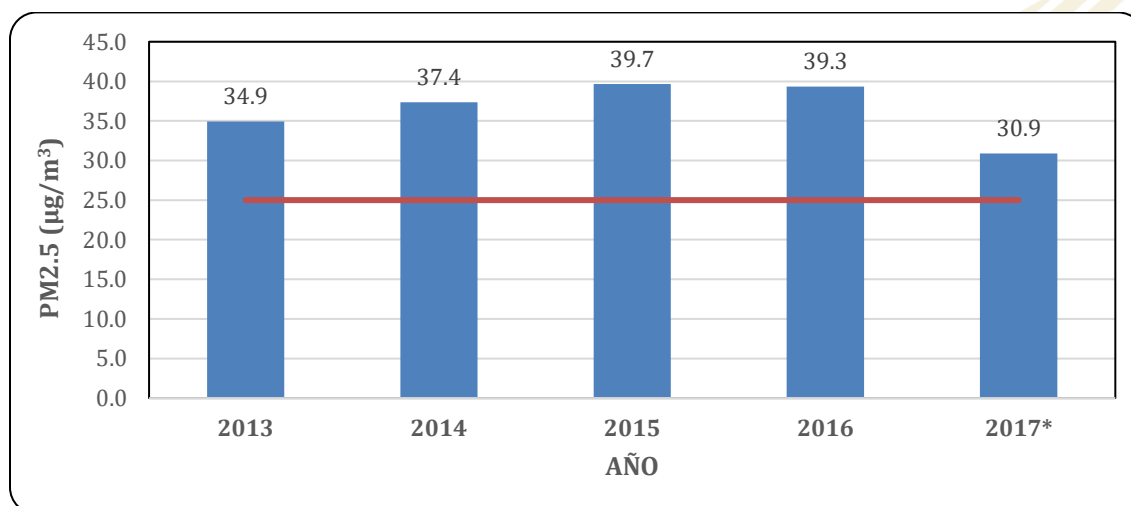
tráfico. Esta clasificación se tiene en cuenta para la activación del Plan Operacional para Enfrentar Episodios Críticos de Contaminación Atmosférica en el AMVA, (POECA) ya que en caso de que una estación de representatividad poblacional como lo es MED-UNNV registre una Índice de Calidad del Aire (ICA) insalubre para grupos sensibles (alerta naranja) o Insalubre (alerta roja), se activan medidas de control de la contaminación, dónde la más destacada es el pico y placa para 6 dígitos durante un horario extendido.

En el Gráfico 4 se presenta la evolución anual de las concentraciones de PM2.5 en la estación MED-MANT, desde el año 2013 hasta el 31 de agosto de 2017. Se puede observar que desde el año 2013 no se cumple con el nivel máximo permisible anual para PM2.5 establecido por la normativa colombiana en $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Resolución 610 de 2010 del MAVDT), adicionalmente entre el 2013 y el 2015 se presentó un incremento de $4.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Entre el año 2016 y 2017 se presenta una disminución en la concentración anual de PM2.5 de $8.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, está disminución se puede atribuir a al POECA implementado en el mes de contingencia (marzo), mes en el cual se disminuyeron las contracciones notablemente (ver Tabla 1 y

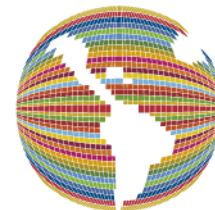
Tabla 2. Evolución del índice de calidad del aire (ICA) del mes de marzo entre los años 2013 y 2017 UNNV. Fuente: [5]

). Es importante resaltar que la concentración anual de 2017 fue estimada con los datos disponibles hasta el 31 de agosto de 2017.[5]

Gráfico 4. Evolución anual de las concentraciones de PM2.5 en la estación MED-MANT. . Fuente: Elaboración propia – datos [5]

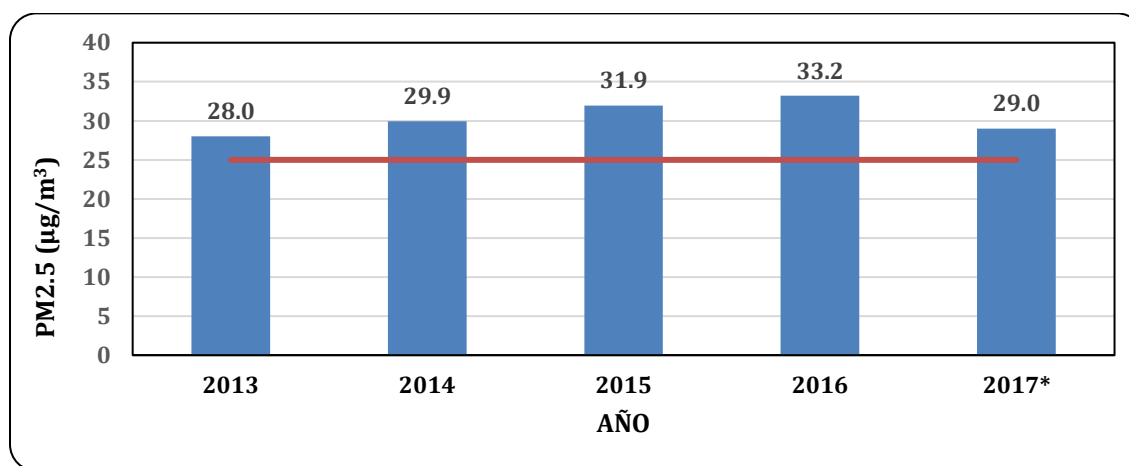


En el Gráfico 5 se presenta la evolución anual de las concentraciones de PM2.5 en la estación MED-UNNV, desde el año 2013 hasta el 31 de agosto del 2017. Se puede observar que desde el año 2013 no se cumple con el nivel máximo permisible anual para PM2.5 establecido por la normativa



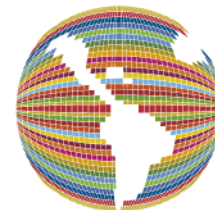
colombiana en $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Resolución 610 de 2010 del MAVDT), adicionalmente entre el 2013 y el 2015 se presentó un incremento de $5.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Es importante resaltar que esta estación es de representatividad poblacional, las cuales de acuerdo al AMVA se encuentran ubicadas en zonas urbanizadas, representan una condición de calidad del aire general de la zona y son reflejo de situaciones particulares y aisladas que incidan en las mediciones.

Gráfico 5. Evolución anual de las concentraciones de PM2.5 en la estación MED-UNNV. . Fuente: Elaboración propia – datos [5]



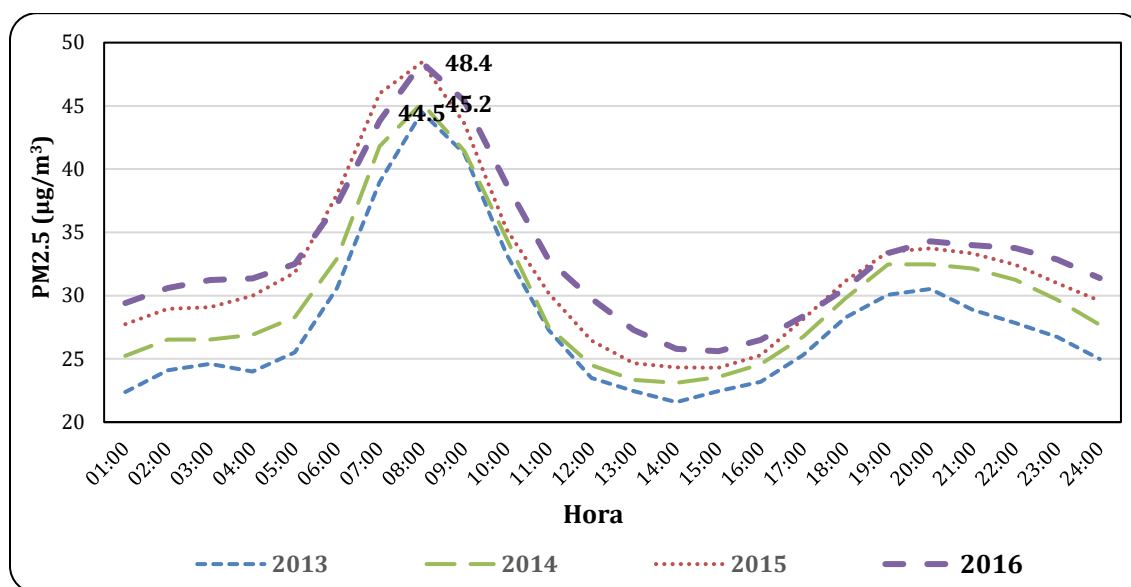
En los Gráfico 6 y 7 representa el registro de PM 2.5 en las estaciones MED-UNNV y MANT, en la serie de tiempo promedio horaria anual de la variación cíclica en las 24 horas del día desde el año 2013 hasta 2016. Los valores se incrementan en la mañana alrededor de las cuatro y en las tardes a las 16 horas, en concordancia con los picos de flujo automotor. Esta relación entre la contaminación atmosférica y la densidad del tránsito automotor permite afirmar que la combustión de los vehículos es la principal fuente de material particulado en ambientes urbanos. [6]

Otros factores que hacen crítica las concentraciones de PM 2.5 son las condiciones meteorológicas y topográficas en el Valle de Aburrá. La ciudad de Medellín está asentada en un valle estrecho, las cadenas montañosas impiden que haya una buena ventilación, por lo que la velocidad de los vientos es moderada e insuficiente para la remoción de los contaminantes. Además, se suma las condiciones meteorológicas adversas como estabilidad atmosférica cuando encontramos nubes a bajas alturas, que impiden que la radiación entre y favorezca a la mezcla y dispersión de los contaminantes, debido a que no hay movimiento vertical del viento. También se encuentra el fenómeno de inversión térmica un caso especial de estabilidad atmosférica, el gradiente de temperatura se invierte, estando más frío en la superficie y aumentando la temperatura mientras se asciende en la troposfera, por tanto, las emisiones de contaminación ascienden y quedan atrapadas hasta la capa donde se presenta la inversión, estando atrapados por dos capas de aire frío. Este evento por lo regular sucede en horas tarde de la noche cuando el cielo está despejado y el aire



cerca del suelo se ha enfriado más rápidamente que el aire superior. La inversión térmica se rompe cuando la radiación es máxima cerca de las 13 horas, logrando al fin la mezcla de contaminantes y la disminución de concentraciones de material particulado. Sin embargo, puede continuar dependiendo de las condiciones climatológicas.

Gráfico 6. Evolución horaria de las concentraciones de PM2.5 en la estación UNNV entre 2013 y 2016. Fuente: Elaboración propia – datos [6]



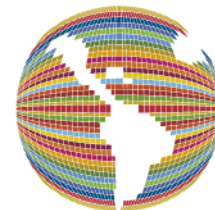
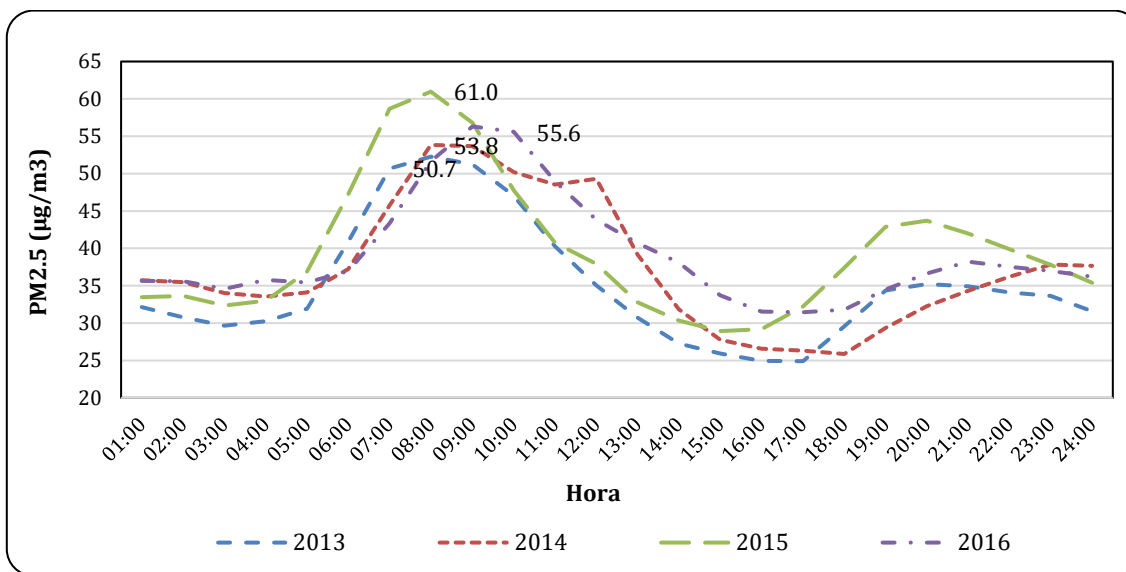


Gráfico 7. Evolución horaria de las concentraciones de PM2.5 en la estación MANT del 2013 entre 2013 y 2016. Fuente: Elaboración propia – datos [6]



En los Gráficos 8 y 9 de PM 2.5 en las estaciones UNNV y MANT, se compara los años 2016 hasta el 31 de agosto del 2017. las concentraciones de material particulado fueron muy críticas para el año 2016, debido a que las condiciones atmosféricas del Valle de Aburrá fueron de nubosidad y condiciones de inversión térmica. Para el 2017 las condiciones han sido más favorables tanto climáticas como la implementación del Plan Integral de Gestión de Calidad del Aire PIGECA.

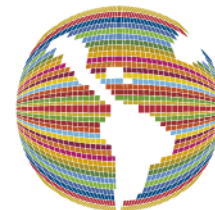


Gráfico 8. Evolución horaria de las concentraciones de PM_{2.5} en la estación UNNV entre 2016 y 31 de agosto de 2017. Fuente: Elaboración propia – datos [8]

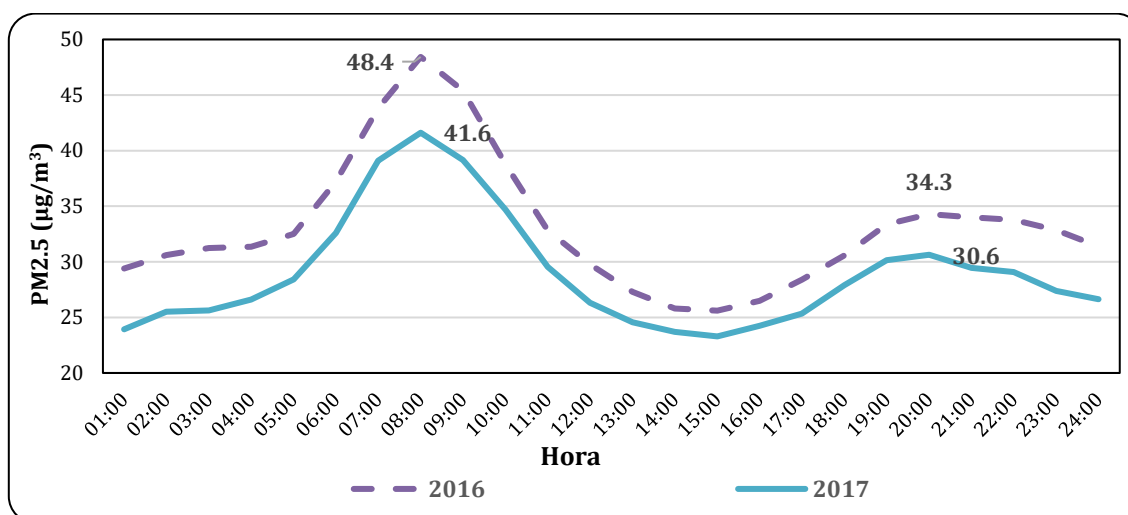
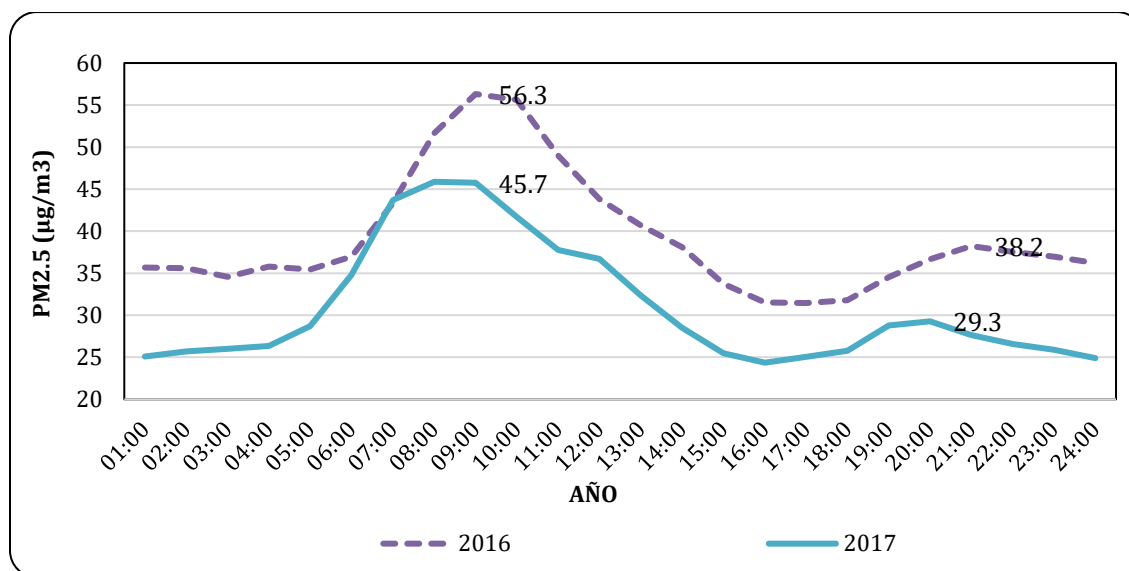
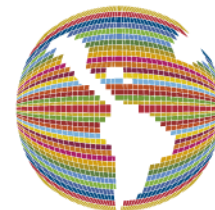


Gráfico 9. Evolución horaria de las concentraciones de PM_{2.5} en la estación MANT entre el 2016 y 31 de agosto de 2017. Fuente: Elaboración propia – datos [8]



En el Tabla 1 y 2 se presenta la evolución del índice de calidad del aire (ICA) durante el mes (marzo) de contingencia por contaminación atmosférica en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Como se puede observar desde el 2013 el índice de calidad del aire del AMVA en el mes de marzo ha pasado de categoría Moderada (Alerta Amarilla) a categoría Insalubre (Alerta Roja) en 2016. Es



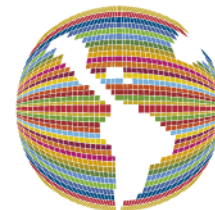
importante resaltar de acuerdo a los inventarios de emisiones elaborados por el AMVA, el 80% de la contaminación se atribuye a las Fuentes Móviles Terrestres. Para el marzo del 2017 paso a categoría moderada en su mayoría en la estación de UNNV y categoría naranja en la estación MANT, esta última estación está ubicada en una zona con mayor tránsito vehicular, pero el registro de ambas estaciones es positivo en comparación al año anterior, que puede estar asociado a las medidas de control ante los eventos de contaminación. El mes de marzo es un periodo crítico para los episodios de contaminación relacionado a nivel macro climático del paso de la Zona de Convergencia Intertropical ZCIT, aumentando la nubosidad a medida que transcurre el mes, impidiendo que pase la radiación solar y ocasionando debilitamiento de los vientos, dando lugar a una atmosfera estable y desfavoreciendo la dispersión de contaminantes.

Tabla 1. Evolución del índice de calidad del aire (ICA) del mes de marzo entre los años 2013 y 31 2017 MANT. Fuente: [5]

Día/ Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
2013	32	32	29	33	35	41	48	45	53	42	37	32	39	51	34	32	26	39				42	41	43	37	40	52	41	30	33	27
2014	26	26	29	33	42	45	52	47	34	40	35	42	54	65	50	41	51	55	51	43			30	26	29	22	32	39	52	51	53
2015	30	37	45	60	62	69	57	43	35	34	29	30	44	50	54	54	61	59	32	42	29	20	26	38	47	53	55	56	36	45	32
2016	56	61	66	63	58	51	63	70	103	102	95	94	89	90	92	84	76	44	47	27	36	45	52	46	59	69	74	81	84	77	49
2017	38	37	33	30	30	33	33	42	29	42	41	29	38	46	31	30	46	57	54	43	39	66	32	34	40	27	21	33	29	35	34

Tabla 2. Evolución del índice de calidad del aire (ICA) del mes de marzo entre los años 2013 y 2017 UNNV. Fuente: [5]

Día/ Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
2013	36.8	34.0	29.0	37.0	38.2	40.2	45.9	43.1	47.8	39.1	36.7	34.5	41.8	50.6	40.8	38.1	30.7	40.0	45.3	47.2	39.4	45.5	44.8					39.8	32.0	33.8	29.2
2014	38.4	36.4	41.5	45.1	47.7						36.5	44.9	57.7	67.0	51.6	47.1	61.9	61.2	55.2	45.2	49.8	41.5	33.7			29.5	30.9	39.8	53.5	50.4	53.0
2015		40.6	54.2	72.3	76.3		70.9	44.1				38.6	62.3	67.0	71.7	74.0	82.3	81.6	49.5	58.6	51.4	33.1	39.1	55.7	76.3	77.9	81.3	81.4	49.2	63.6	53.0
2016	60.5	63.1	74.2	69.5	67.2	55.2	70.7	72.3	113.0	111.3	104.4	106.2	94.6	103.8	98.0	95.7	88.0	55.8	56.2	31.5	44.3	52.2	56.2	45.6	56.7	73.5	75.6	78.8	90.0	80.0	55.6
2017	40.7	38.8	39.7	29.1	31.6	38.5	34.1	46.1	32.6	50.8	52.3	31.0	46.7	51.2					25.0	41.9	41.8	71.3	36.8	39.6	47.9	21.1	18.0	33.6	29.1	32.4	37.5



REFERENCIAS

- [1] DANE, «Proyecciones de población», 2017. [En línea]. Disponible en: <http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>. [Accedido: 03-oct-2017].
- [2] Contraloría General de la República, «Informe sobre el estado de los Recursos Naturales y del Ambiente 2015-2016». 2016.
- [3] Agosto y 2017, «Calidad de Vida de Medellín 2016 |», *Medellín Cómo Vamos*, 24-jun-2017.
- [4] Área Metropolitana del Valle de Aburrá, «Política Pública de Construcción Sostenible. 1 Línea Base». 2015.
- [5] Área Metropolitana del Valle de Aburrá, «Material informativo de aire», 2017. [En línea]. Disponible en: <http://www.metropol.gov.co/Pages/aire.aspx>. [Accedido: 03-oct-2017].
- [6] Bedoya, J. and Martínez, E. (2008). Calidad del aire en el Valle de Aburrá Antioquia - Colombia. [online] Disponible en: <http://CALIDAD DEL AIRE EN EL VALLE DE ABURRÁ ANTIOQUIA -COLOMBIA> [Acceso 30 Sep. 2017].
- [7] Toro Gómez, M., Vásquez, E., Garcia Rivera, P., Quiceno Rendón, D., Londoño Largo, A., & Acevedo Cardona, L. (2012). Inventario de Emisiones Atmosféricas del Valle de Aburrá, año base 2011. Metropol. Retrieved 3 octubre 2017, de <http://www.metropol.gov.co/CalidadAire/InventariodeEmisiones/Inventario%20de%20emisiones%20a%20atmosf%C3>.