



CONCEJO DE MEDELLÍN

EL PODER ES **TÚYO**

OPPCM

Observatorio de Políticas Públicas
del Concejo de Medellín

Calidad del Aire Urbano en Medellín



**Universidad
de Medellín**
Ciencia y Libertad



Vinilada Minereducación

Camino de la Política para Mejorar la Calidad del Aire Urbano en Medellín, Colombia

Columbia University

Escuela de Asuntos Internacionales y Públicos

Proyecto Final

Primavera 2017

Cliente: La Ciudad Verde

Asesor: Adam Hinge

Equipo: Shawn Bush, William Jordan, Jeewon Kim, Yen Le, Debashree Poddar, Cameron

Torreon

**TRADUCCIÓN REALIZADA PARA
EL OBSERVATORIO DE POLÍTICAS PÚBLICAS DEL CONCEJO DE MEDELLÍN,**

**POR:
MICHAEL J.BUCKLEY
ESTUDIANTE DE CIENCIAS POLÍTICAS DE LA UNIVERSIDAD LYNN- FLORIDA**

Resumen

La calidad del aire en Medellín, Colombia ha empeorado en los últimos años alcanzando niveles de alerta roja en la primavera de 2015, 2016, y ahora 2017. El aumento del uso del automóvil y las características topográficas y meteorológicas únicas del Valle de Aburrá contribuyen a mayores concentraciones de contaminantes dañinos, causando problemas de salud pública. La Ciudad Verde, un grupo de reflexión sin fines de lucro enfocado en movilizar a la sociedad civil para influenciar la creación de políticas sostenibles, ha desafiado al equipo de Capstone de la Escuela de Asuntos Internacionales y Públicos de la Universidad de Columbia para identificar una posible política para mejorar la calidad del aire en Medellín.

El equipo ha mapeado la estructura de gobierno de Medellín y el Gran Valle de Aburrá, realizó entrevistas a las partes interesadas y analizó los costos y beneficios. El equipo concluye que el costo de la inacción supera los costos incurridos por la sociedad a largo plazo. El equipo identifica y recomienda un escenario de política proactiva en el que Medellín prioriza siete medidas de intervención críticas relacionadas con el sector del transporte en función de su viabilidad y eficacia.

Tabla de Contenido

Siglas en Español Utilizadas en este Informe 8

Resumen Ejecutivo 9

Problema 9

Metodología 9

Solución 10

Próximos Pasos 15

1. Antecedentes 15

Introducción 15

Fuentes del Problema de la Contaminación 17

Topografía 17

Fuentes Hechas por el Hombre: Transporte e Industria 18

Estacionalidad 18

Cambio Climático y El Niño 19

Gobernanza Ambiental 19

Gobierno Nacional de Colombia 21

Departamento de Antioquia 22

Secretario de Medio Ambiente - Departamento de Antioquia 24

Área Metropolitana del Valle de Aburrá 24

Gobierno Municipal de Medellín 26

Secretario de Medio Ambiente - Ciudad de Medellín 27

Secretario de Movilidad - Ciudad de Medellín 27

Interacciones entre el Gobierno y la Academia 28

Cultura de Gobernanza 28

Papel de las Instituciones Académicas 30

Investigación Actual 31

SOS Por el Aire 32

2. Políticas Actuales 33

Pico y Placa 33

Transporte Rápido en Autobús 34

Estándares de Calidad del Combustible 35

Estándaras para Vehículos 35

Desafíos 36

Transporte 36

Transporte público 36

Motocicletas 37

Camiones 38

Cuestiones Políticas e Institucionales 39

Superposición de Jurisdicciones y Aprobación de Responsabilidades 39

Problemas de Coordinación e Intercambio de Información 40

Escepticismo Acerca de los Compromisos 40

Voluntad Política 40

Desafíos de Aplicación 41

Dinámica Conductual 41

Legado de Normas 41

Esfuerzos Existentes 42

Lo que Falta 43

Información y Recopilación de Datos 44

3. Justificación de la Intervención Gobierno Adicional 45

Salud Pública 45

Análisis de Costos 48

Mortalidad 48

Disposición para Pagar 52

Pérdida de la Competitividad Urbana 53

4. Escenario Proactivo y Recomendaciones 54

- 0. Institucionalizar medidas de emergencia 60
- 1a. Regule Motocicletas y Vehículos de Segunda Mano 65
- 1b. Mejore la Calidad del Combustible 68
- 2a. Promover el Cambio de Comportamiento del Conductor 71
- 2b. Promover Bicycle Ridership 73
- 3a. Límites de Lugar en Vehículos Pesados 75
- 3b. Implementar el Programa de Financiamiento de Reequipamiento de Vehículos 77

5. Conclusión 79

Posibles Pasos Sigüientes 83

Bibliografía 84

Apéndice 89

Fuentes de Contaminación del Aire 89

Transporte vs. Industria 89

Transporte 91

Industria 94

Metodológicos 94

Mapas 96

Mesas

Tabla 1: Descripción general.....	12
Tabla 2: Especificaciones de BRT en Medellín.....	34
Tabla 3: Valor de una vida estadística: USD \$ 1.3m, \$ 1.2m, \$ 0.4m.....	50
Tabla 4: Etapas de la intervención política y medidas de política relevantes.....	56
Tabla 5: Descripción general	57
Tabla 6: Descripción general de las medidas de emergencia.....	62

Tabla 7: Sistema de calificación de calidad del aire de AMVA.....	64
Tabla 8: Restricciones en la selección de vehículos.....	67
Tabla 9: Descripción de la mejora de la calidad del combustible.....	70
Tabla 10: Descripción general del comportamiento del consumidor y del conductor del cambio.....	72
Tabla 11: Promover la descripción del pasajero de bicicletas	74
Tabla 12: Descripción de las restricciones de los vehículos pesados (HDV)	76
Tabla 13: Programa de financiación de reacondicionamiento de vehículos visión de conjunto.....	78
Tabla 14: Alternativas del camino de política: calidad del aire de Medellín	79

Figuras

Figura 1: Gobernabilidad ambiental en Colombia	11
Figura 2: Apoyo al cambio e influencia entre las partes interesadas en Medellín.....	29
Figura 3: Promedio mensual de Promedio PM2,5 a lo largo del tiempo en el Valle de Aburrá...46	
Figura 4: Promedio mensual de promedio PM10 a lo largo del tiempo en el Valle de Aburrá...47	
Figura 5: Fuente de contaminación PM2,5, que compara el sector del transporte y la industria.....	89
Figura 6: Fuente de contaminación por CO2, comparando el sector del transporte y la industria.....	90
Figura 7: Fuente de contaminación por NOx, comparando el sector del transporte y la industria.....	90
Figura 8: Fuente de contaminación de SOx, comparando el sector del transporte y la industria.....	91
Figura 9: Desglose de las almas de PM2.5 en el Valle de Aburrá por tipo de vehículo.....	92
Figura 10: Desglose de la contaminación por dióxido de carbono en el Valle de Aburrá por tipo de	

vehículo.....	92
Figura 11: Desglose de la contaminación por óxido nítrico en el Aburrá Valle por tipo de vehículo.....	93
Figura 12: Fuentes de contaminación por industria.....	94
Figura 13: Medellín dentro de Colombia.....	96
Figura 14: Una ilustración de la estacionalidad en la contaminación del aire en el valle de Aburrá. (AMVA 2015)	97
Figura 15: Jurisdicción de AMVA (AMVA 2015)	97
Figura 16: Diez municipios dentro de AMVA	98

Acrónimos Españoles Utilizados en Este Informe

AAU *Autoridad Ambiental Urbana* – Urban Environmental Authority

AMVA *Autoridad Ambiental Urbana del Area Metropolitana del Valle de Aburrá* – Aburrá Valley Urban Environmental Authority

CAR *Corporación Autónoma Regional* – Autonomous Regional Corporation

CDS *Corporación de Desarrollo Sostenible* – Sustainable Development Corporation

DANE *Departamento Administrativo Nacional de Estadística* – National Administrative Statistics Department

DNP *Departamento Nacional de Planeación* – National Department of Planning

IDEAM *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales* – Institute of Hydrology, Meteorology and Environmental Studies

MADR *Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural* – Ministry of Agriculture and Rural

Development

MADS *Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible* – Ministry of Environment and Sustainable Development

MAVDT *Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial* – Ministry of Environment, Housing and Territorial Development

MME *Ministerio de Minas y Energía de Colombia* – Ministry of Mines and Energy of Colombia

SIATA *Sistema de Alerta Temprana* – Early Warning System of Medellín and the Aburrá Valley

SINA *Sistema Nacional Ambiental* – National Environmental System

Resumen Ejecutivo

Problema

La calidad del aire en Medellín, Colombia ha empeorado en los últimos años alcanzando niveles de alerta roja en la primavera de 2015, 2016 y ahora 2017. El aumento en el uso de automóviles, combinado con las características topográficas y meteorológicas únicas del Valle de Aburrá, contribuye a mayores concentraciones de contaminantes nocivos que causan problemas de salud pública. La Ciudad Verde, un grupo de expertos sin fines de lucro enfocado en movilizar a la sociedad civil para influenciar la creación de políticas sostenibles, ha desafiado al equipo de SIPA Capstone a identificar un camino de política para mejorar la calidad del aire en Medellín.

Metodología

El equipo investigó las fuentes y los costos relacionados con la contaminación atmosférica de Medellín entrevistando a expertos, políticos y partes interesadas en Medellín. Destacados funcionarios

del equipo entrevistado incluyen el Secretario de Salud y el Secretario de Ambiente de Medellín, subsecretarios del Área Metropolitana del Valle de Aburrá (o AMVA, la autoridad regional de medio ambiente y transporte) y profesores de la Universidad de Antioquia y la Universidad Nacional, entre otros. Estas entrevistas proporcionaron información sobre la fuente de la contaminación del aire, las estructuras políticas y de gobierno de la ciudad, la opinión popular, los actuales esfuerzos de mitigación y divulgación, y la investigación pertinente.

Solución

El equipo trazó un mapa de la estructura de gobierno de Medellín y el Gran Valle de Aburrá para identificar a los actores clave asociados con la gestión de la calidad del aire en la región. El análisis concluye que las autoridades ambientales y de transporte regionales como AMVA tienen la mayor autoridad política con respecto al desarrollo y la implementación de medidas de calidad del aire. AMVA, por ejemplo, tiene la capacidad de crear estándares que son más estrictos que los nacionales. El desafío, sin embargo, es hacer cumplir a nivel local.

Las partes interesadas en Medellín, incluidos políticos, académicos y líderes de la industria, reconocen ampliamente que las principales fuentes de contaminación del aire son camiones, camiones de volteo y motocicletas, todos los cuales están regulados mínimamente. El análisis de costos indica que tomar medidas más agresivas ahora para reducir las emisiones nocivas, especialmente del sector del transporte, será más rentable para combatir la crisis de la calidad del aire que permanecer en el curso actual. Por lo tanto, el equipo recomienda que Medellín priorice siete medidas críticas, basadas en su viabilidad y efectividad. La respuesta más impactante a corto plazo es institucionalizar las medidas de emergencia durante los días pico de contaminación del aire. Además, a lo largo de cada una de las tres etapas siguientes al ciclo de vida de un vehículo hay dos medidas de intervención: pre-uso (vehículo y selección de tecnología antes de la adaptación en la carretera), en uso (cambios operacionales y de comportamiento mientras los vehículos están en la carretera), y post-uso (adaptación o retiro de

vehículos existentes y viejos). La siguiente tabla resume las intervenciones recomendadas e identifica a las entidades responsables.

Tabla 1: Descripción General

Recomendación	Entidades Responsables	Resumen
Impacto relativo anticipado: Verde = Alto Amarillo = Medio Azul = Bajo		
0. Institucionalizar medidas de emergencia	Junta Metropolitana; SIATA	Transición de la promulgación de medidas de emergencia, Pico y Placa, de discrecional a legal. Actualmente, las medidas se deciden por la deliberación consensuada de la Junta Metropolitana. La conexión firme de la calidad del aire con los resultados tangibles ayudará a internalizar los costos de contaminación para las personas y las organizaciones.
1a. Regular motocicletas y vehículos de segunda mano	Ciudad de Medellín; AMVA; Junta Metropolitana	Los mercados de motocicletas y vehículos de segunda mano están ligeramente regulados, pero contribuyen a una parte importante de la contaminación del aire y socavan otras medidas de política. El establecimiento de requisitos de registro llenará el vacío y permitirá a las autoridades rastrear y administrar más fácilmente la flota.
1b. Mejora la calidad del combustible	MADS, DNP, MME, Ecopetrol, AMVA ¹	La ciudad de Medellín y otros municipios pertenecientes al Área Metropolitana del Valle de Aburrá deben seguir presionando a Ecopetrol para que se llegue a un acuerdo para mejorar la calidad del combustible en el Valle con un contenido de azufre de 10 ppm de los niveles actuales de 50

		ppm.
2a. Promover el cambio de comportamiento del conductor	AMVA; Medellín Secretaria de Medio Ambiente	La ciudad de Medellín, a través de iniciativas diseñadas e implementadas por el Secretario de Medio Ambiente, debe educar a los conductores sobre prácticas de manejo más eficientes, así como fomentar el uso compartido del automóvil.
2b. Promover el uso de bicicletas	AMVA (Secretario de Movilidad)	Los alcaldes individuales de cada una de las diez localidades deberían asignar fondos para implementar los planes en el POT. Además, los alcaldes y los gobiernos locales deben coordinar de manera efectiva con sus respectivas Herencia de Movilidad Humana (Patrimonio de la Movilidad Humana) para garantizar la finalización efectiva de los proyectos.
3a. Poner límites a los vehículos pesados	Medellín Secretaria de Movilidad	La alcaldía debería emitir un decreto que limite las horas que los vehículos pesados pueden conducir por la ciudad durante las horas no pico. El alcalde debe buscar el apoyo de la Junta Metropolitana para alentarlos a adoptar la misma política.

<p>3b. Implementar un programa de financiamiento de modificación de vehículos</p>	<p>AMVA; Medellín; Empresas privadas de autobuses</p>	<p>La ciudad de Medellín debe asignar fondos a AMVA para implementar un programa de reacondicionamiento de vehículos (subsidijs para convertidores catalíticos) para compañías privadas de autobuses y propietarios que operan en Medellín</p>
---	---	--

Próximos Pasos

Una asociación continua entre La Ciudad Verde y el programa SIPA Capstone proporcionaría un importante valor de política mediante la investigación de los costos y beneficios específicos de la implementación de las siete políticas descritas en este informe. Esto incluye evaluar los datos de emisiones de los diferentes sectores y fuentes y analizar el efecto que tienen las políticas actuales en el comportamiento del consumidor.

.....

En el siguiente informe, la Sección 1 describe el problema de la calidad del aire en Medellín; La Sección 2 discute las políticas actuales que abordan el problema, así como los desafíos asociados; La Sección 3 proporciona una revisión de la literatura y estimaciones de los costos de salud y económicos resultantes de la contaminación del aire; y la Sección 4 ofrece recomendaciones para esfuerzos de mitigación rentables y factibles. La Conclusión resume los hallazgos del informe y detalla los próximos pasos posibles.

Un agradecimiento especial a Carlos Cadena Gaitán y Alejandro Alvarez Vanegas de la Universidad EAFIT por su apoyo durante todo el proyecto.

1. Antecedentes

Introducción

Son los muchos éxitos de Medellín en las últimas tres décadas que hacen posible que la ciudad se enfrente al desafío ambiental de la contaminación del aire. Si bien la tasa de homicidios aumentó casi un ocho por ciento en 2016 (Alsema 2017), los niveles actuales de violencia urbana siguen siendo una fracción de lo que eran en los años ochenta y noventa. Una vez que ocupó el primer lugar en el mundo por asesinatos per cápita, en las clasificaciones recientes ni siquiera se encuentra en los primeros cincuenta (World Atlas 2017).

Durante este período, la ciudad también ha sufrido una transformación física dramática. Se ha hecho mundialmente conocida por sus enfoques innovadores para el uso de la tierra, la sostenibilidad, el transporte y la movilidad (Toderian 2014). Inspirándose en las pistas de esquí y en los centros comerciales, los planificadores de la ciudad han reconectado la ciudad exterior elevada con las góndolas y las escaleras mecánicas. Nuevas escuelas, bibliotecas y parques han ayudado a revitalizar las comunidades.

A medida que retroceden los viejos desafíos, surgen otros nuevos. A pesar de los enormes avances en el sistema de transporte de la ciudad, recién en 2015 la ciudad agregó un sistema de tranvías a su repertorio: la cantidad de vehículos en la ciudad sigue en aumento. Los vehículos adicionales, combinados con las características topográficas y meteorológicas únicas del Valle de Aburrá donde se encuentra Medellín, han contribuido a las crisis de contaminación atmosférica durante la primavera de 2015, 2016 y ahora 2017. En general, políticas destinadas a reducir la contaminación atmosférica en el valle Tuvo éxito en hacerlo entre 2008 y 2011, pero la tendencia se revirtió en los años siguientes (Medellín Cómo Vamos 2016).

Como la calidad del aire ha empeorado, la ciudad ha comenzado a enfrentar la dinámica que ha

precipitado el problema: un legado de normas sociales resultantes de las décadas anteriores de inseguridad, las características topográficas inevitables del Valle de Aburrá y factores socioeconómicos subyacentes, incluida la desigualdad. Sin embargo, si bien el problema ha atraído una mayor atención en los últimos años, el caso para abordar el problema todavía se está desarrollando en la esfera pública.

En esencia, la gestión de la calidad del aire intenta resolver un problema clásico de los bienes públicos: la causa y los efectos de la contaminación del aire están muy dispersos y los individuos tienen pocos incentivos para cambiar su comportamiento. Las circunstancias son eminentemente más desafiantes para Medellín cuando se considera la topografía, el impacto desproporcionado en los ciudadanos más pobres y menos poderosos políticamente, y una tradición de intereses especiales arraigados.

La necesidad de que el gobierno intervenga en el problema es clara, pero estas capas adicionales de complejidad social, geográfica y económica hacen que cualquier esfuerzo de política pública en Medellín dependa aún más de la voluntad política. Dado que el movimiento para abordar el problema de la calidad del aire está en sus primeras etapas, el papel de este informe será delinear los hallazgos que ilustran los costos para el status quo y los beneficios para un enfoque gubernamental más proactivo y sólido. El informe busca proporcionar la priorización más sensible y beneficiosa de las intervenciones inmediatas disponibles.

Fuentes del problema de la contaminación

Topografía

Al igual que en otras ciudades donde la contaminación es notable, como Los Ángeles, Santiago y la Ciudad de México, Medellín se encuentra en un valle estrecho, rodeado de montañas inclinadas. Esta topografía, combinada con bajas velocidades del viento, previene la dispersión de la contaminación

(Ver Apéndice: Mapa).

Fuentes Hechas por el Hombre: Transporte e Industria

De acuerdo con el Inventario de Emisiones Atmosféricas 2013 del Valle de Aburrá, entre el 70-80 por ciento de las emisiones provino de fuentes móviles, excluyendo SO_x, que provenía principalmente de la industria. Esto ayudaría a explicar por qué los problemas de contaminación parecen haber empeorado en los últimos años: a pesar de la introducción de políticas como Pico y Placa, destinadas a reducir el número de automóviles en la carretera, el número de automóviles creció un 3,1 por ciento entre 2014 y 2015, o de 1.234.946 autos a 1.273.223 (Roldán 2017). Esto incluye un crecimiento de 4,1 por ciento en el número de autos y un crecimiento de 2,1 por ciento en las motocicletas. En la última década, el aumento es significativo: hay un 67 por ciento más de automóviles en el Valle de Aburrá, un 280 por ciento más de motocicletas, un 54 por ciento más de taxis y autobuses y un 50 por ciento más de camiones (AMVA 2013). Si bien la combinación de combustibles ha mejorado en Colombia desde 2004, todavía no cumple con la calidad recomendada por la Organización Mundial de la Salud (OMS).²

Estacionalidad

Las condiciones climáticas predominantes durante el período de febrero a abril contribuyen a la mala calidad del aire. Durante este tiempo, así como entre octubre y diciembre, la región hace una transición entre las estaciones húmedas y las secas. Esto conduce a una mayor humedad, nubes bajas y baja incidencia de radiación solar en el suelo, todo lo cual ayuda a "atrapar" la contaminación en el Valle de Aburrá (Medellín Cómo Vamos 2016).

Cambio Climático y El Niño

El cambio climático ha afectado los patrones climáticos y ha aumentado la intensidad de El Niño en

² El desglose detallado de la fuente de contaminación del aire se puede encontrar en el Apéndice.

Colombia. En 2015, el instituto nacional de meteorología clasificó El Niño como un "fenómeno fuerte", el más alto categoría en la escala. El efecto de El Niño varía según el momento y la ubicación: puede conducir a mayor frecuencia en lluvia o sequía prolongada. En la parte occidental del país donde Medellín reside, El Niño ha llevado a una sequía extrema y temperaturas más altas. La falta de lluvia ha resultado en aumento de partículas en el aire, así como baja o nula velocidad del viento (Dennis 2015).

Gobernabilidad Ambiental

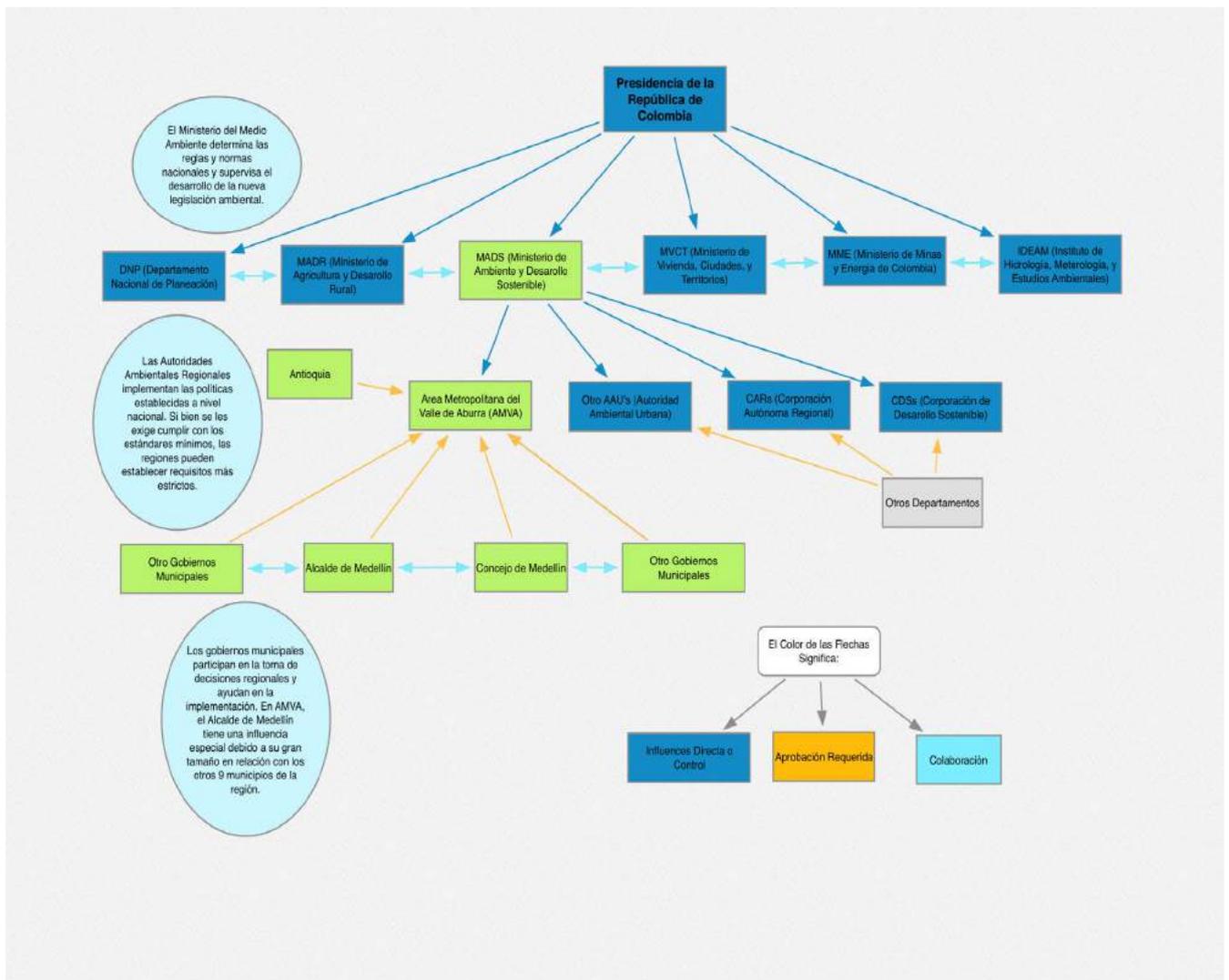
La estructura que rige la política ambiental es un complejo entramado de jurisdicciones y jerarquías superpuestas. Los niveles de gobierno federales, departamentales, regionales y municipales son capaces de afectar la política ambiental y tienen cierta responsabilidad para garantizar que las reglamentaciones sean ejecutables y consistentes. Este informe busca desmitificar la jerarquía, los procesos y la jurisdicción de la formulación de políticas ambientales en Medellín.

Las políticas ambientales, tal como se definen en la Ley Federal colombiana 99 de 1993, son las reglas y medidas que "las autoridades ambientales implementan para la regulación del uso, manejo, explotación o movilización de recursos naturales renovables; o para la preservación del medio ambiente natural, incluso si limitan el ejercicio de los derechos individuales y las libertades públicas para la preservación o restauración del medio ambiente".

Los tres niveles más importantes de gobierno para la gestión de la calidad del aire en Colombia son el gobierno nacional, las autoridades ambientales regionales o metropolitanas y los gobiernos municipales. Los departamentos, o provincias, abarcan numerosas autoridades regionales, pero desempeñan solo un papel consultivo en la gobernanza ambiental. Las normas mínimas se establecen a nivel nacional, mientras que las autoridades regionales son responsables de la ejecución y la implementación. Sin embargo, si la región desea buscar regulaciones más estrictas que las establecidas

a nivel nacional, debe consultar a los gobiernos municipales locales. Además, los gobiernos municipales a veces participan en consultas y políticas de comunicación a los ciudadanos.

Figura 1: Gobernabilidad ambiental en Colombia



Gobierno Nacional de Colombia

La Constitución de 1991 sentó las bases del moderno sistema nacional de gestión ambiental en Colombia, que se articuló con más detalle en la Ley 99. Anteriormente, las autoridades sanitarias nacionales y locales eran responsables de la gestión de la calidad del aire (Sánchez-Triana et al 2007). La Ley 99 condujo a la creación del Sistema Nacional Ambiental (SINA), que abarca las instituciones reguladoras clave para el medio ambiente en Colombia: el Ministerio de Medio Ambiente (MMA, ahora el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, o MADS) y el autoridades ambientales (Autoridades Ambientales Urbanas, o AAU, Corporaciones Regionales Autónomas, CAR y Corporaciones de Desarrollo Sostenible o CDS). Este sistema establece una estructura para las partes interesadas relevantes, como ONG e instituciones de investigación, para interactuar con las entidades gubernamentales y delinea los mecanismos legales para la concesión de licencias, la planificación, el financiamiento y la participación pública. Específicamente, MADS es responsable de generar reglas y normas nacionales para la gestión de la calidad del aire, mientras que las CAR y las AAU son responsables de la implementación. Sin embargo, las autoridades regionales pueden establecer requisitos más estrictos que los establecidos a nivel nacional. En general, la gestión ambiental en Colombia es colaborativa, con la participación y consulta continuas de los niveles más bajos del gobierno junto con institutos académicos, organizaciones sin fines de lucro y el sector privado.

Departamento de Antioquia³

La política ambiental y las normas y regulaciones de calidad del aire se adhieren a un orden jerárquico, con políticas de los Departamentos del Gobernador de Antioquia por debajo del Ministerio del Medio Ambiente (MADS). El Título IX de la Ley 99 describe las funciones de los Departamentos de asuntos ambientales:

³ El término Departamento aquí se refiere a un estado o una provincia.

1. Promover e implementar programas y políticas nacionales, regionales y sectoriales en relación con el medio ambiente y los recursos naturales renovables;
2. Emitir, sujeto a normas más estrictas, disposiciones departamentales especiales relacionadas con el medio ambiente;
3. Proporcionar apoyo presupuestario, técnico, financiero y administrativo a las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR), municipios y otras entidades territoriales que se crean a nivel departamental, en la ejecución de programas y proyectos y en las tareas necesarias para la conservación de la medio ambiente y recursos naturales renovables;
4. Ejercer, en coordinación con las demás entidades del Sistema Nacional Ambiental (SINA), y sujeto a la distribución legal de facultades, funciones de control y monitoreo del medio ambiente y recursos naturales renovables, a fin de garantizar el cumplimiento de los deberes del Estado y particulares en asuntos ambientales y para proteger el derecho a un medio ambiente saludable;
5. Desarrollar, con el asesoramiento o la participación de las Corporaciones Autónomas Regionales, programas de cooperación e integración con las entidades territoriales vecinas y vecinas del país vecino, dirigidas a promover la preservación del medio ambiente común y de los recursos naturales renovables binacionales;
6. Promover, cofinanciar o ejecutar, en coordinación con los órganos de gobierno y agencias ejecutoras del Sistema Nacional de Ajuste Territorial y las Corporaciones Autónomas Regionales, obras y proyectos de riego, drenaje, recuperación de tierras, defensa contra inundaciones y regulación de canales o arroyos de agua, para el manejo y uso adecuado de las cuencas hidrográficas;
7. Coordinar y dirigir, con el asesoramiento de las Corporaciones Autónomas Regionales, las actividades de control y vigilancia ambiental intermunicipal, llevadas a cabo en el territorio del departamento con el apoyo de la fuerza pública, en relación con la movilización del procesamiento, uso, explotación y comercialización de recursos naturales renovables.

Debido a que las autoridades ambientales regionales (las CAR analizadas anteriormente, junto con las AAU) implementan políticas ambientales nacionales, los gobiernos departamentales en Colombia

desempeñan un papel limitado en esta área. El gobierno departamental también ayuda en la investigación y prepara informes sobre el estado de los recursos ambientales en muchas regiones de los departamentos.

Secretario de Medio Ambiente - Departamento de Antioquia

La ley federal hace hincapié en la coordinación del Departamento de Medio Ambiente con las autoridades regionales y los municipios. Incluyendo a través de asesoría, financiamiento y asistencia con la implementación, el Departamento de Medio Ambiente está legalmente obligado a apoyar al Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA) en sus esfuerzos por mejorar el medio ambiente y la calidad del aire por extensión.

Área Metropolitana del Valle de Aburrá

Creada en 1980, AMVA es la Autoridad Urbana Autónoma (AAU) que representa a diez (los municipios ubicados en el Valle de Aburrá) de los 125 municipios de Antioquia. Medellín es la capital y la ciudad más grande en el área metropolitana y comprendía el 72 por ciento de su población a partir de 2005 (DANE 2005).

AMVA está gobernada por una entidad llamada "Junta Metropolitana", que consiste en:

- los diez alcaldes de la región (con el alcalde de Medellín como presidente);
- un representante de los Consejos Municipales;
- un representante del Gobernador de Antioquia;
- un representante elegido por organizaciones ambientales sin fines de lucro;
- un representante del Gobierno Nacional; y
- el Director de Planificación del Departamento de Antioquia (AMVA 2016).

Vale la pena señalar que el Concejo Municipal de Medellín tiene un representante adicional en la Junta, mientras que las municipalidades restantes comparten un solo representante. Además, el

Alcalde de Medellín es el principal responsable de seleccionar al director de la Junta.

AMVA supervisa el proceso de planificación urbana de la región y actúa como una autoridad ambiental y de tránsito masivo, que incluye los sistemas de metro y teleférico y el Bus Rapid Transit (BRT) (AMVA 2017a).

AMVA ha sido designada como la autoridad de tránsito masivo que planifica, controla, monitorea, regula y sanciona las actividades relacionadas con los diferentes modos de transporte (taxis, autobuses, Metro, Metroplus) en su jurisdicción. Las leyes 105 y 99 de 1993, 336 de 1996, 1625 de 2013 y los decretos 2660 de 1998, 170, 172, 175 de 2001 y 3366 de 2003 determinan el poder de la Autoridad con respecto al campo del sistema público de transporte de pasajeros (AMVA, y Consorcio de Movilidad Regional 2009). Sus muchas funciones incluyen definir honorarios y autorizar licitaciones.

AMVA está facultada para administrar leyes dentro de su jurisdicción con respecto al medio ambiente, los recursos renovables y el desarrollo sostenible, siempre que se ajusten a las disposiciones y políticas legales del Ministerio del Medio Ambiente. AMVA debe cumplir con los estándares mínimos de vigilancia ambiental y las medidas de la ley federal, y tiene la discreción de promulgar medidas más estrictas (Ley 99 de 1993).

Además, siguiendo el Programa de Protección de la Calidad del Aire en 1998, AMVA es responsable de preparar el Plan de Descontaminación y presentarlo a los nueve (ahora diez) municipios incorporados para su adopción (AMVA 2009). El plan más reciente fue lanzado en 2009, y se espera que se publique un plan actualizado en 2017.

Los fondos de AMVA provienen principalmente de los impuestos a la propiedad dentro de cada área metropolitana, además de otras contribuciones, como donaciones y venta de servicios. La ciudad de

Medellín proporciona la mayoría de estos fondos, que es el más grande y mejor financiado de los municipios. Las partidas presupuestarias se asignan voluntariamente en el presupuesto anual. Su plan de gestión Pura Vida 2012-2015 tuvo una inversión de USD \$350M (AMVA 2017b). Todos los programas o proyectos que se aplicarán a la región deben ser aprobados por los diez municipios.⁴

Gobierno Municipal de Medellín

El alcalde de Medellín tiene jurisdicción sobre las políticas de la ciudad, con respecto a la calidad del aire o de otro tipo, siempre que no estén más reguladas que en el próximo nivel más alto. Sin embargo, el alcalde de Medellín, en particular, tiene una gran influencia en los niveles más altos del gobierno. Como se mencionó, Medellín tiene representantes adicionales en el directorio de AMVA, de los cuales está impregnado el poder de seleccionar su liderazgo (el director de AMVA).⁵

Secretario de Medio Ambiente - Ciudad de Medellín

Mientras que el sitio web de la Secretaría de Medio Ambiente de Medellín indica que la oficina tiene la tarea de "liderar la implementación de políticas ambientales nacionales, regionales y locales y recursos naturales renovables con los diferentes actores", los representantes de alto nivel enfatizan que, con respecto a la calidad del aire, la oficina se limita a la educación de los estudiantes menores de la edad universitaria. Los representantes de la Secretaría visitan las escuelas para enseñarles a los estudiantes los principios de la sostenibilidad y la administración ambiental, incluida la provisión de información sobre la contaminación del aire.⁶

⁴ La asignación presupuestaria de AMVA se puede encontrar en:
<http://www.metropol.gov.co/institucional/InformacionFinanciera/RESULTADOpercent20DEpercent20LAppercent20GESTIpercentC3 percent93Npercent20PRESUPUESTALpercent202016.pdf>

⁵ El presupuesto de la Ciudad de Medellín se puede encontrar en:
<https://www.Medellin.gov.co/irj/portal/Medellin?NavigationTarget=navurl://dea8ca8796a2f10f2642b5ff7065efce>

⁶ Veronica Cotes y Paola Zapata (Secretaría de Medio Ambiente, Medellín, Oficina de Oscar Hoyos Giraldo), en discusión con los autores. Marzo de 2017.

Secretario de Movilidad - Ciudad de Medellín

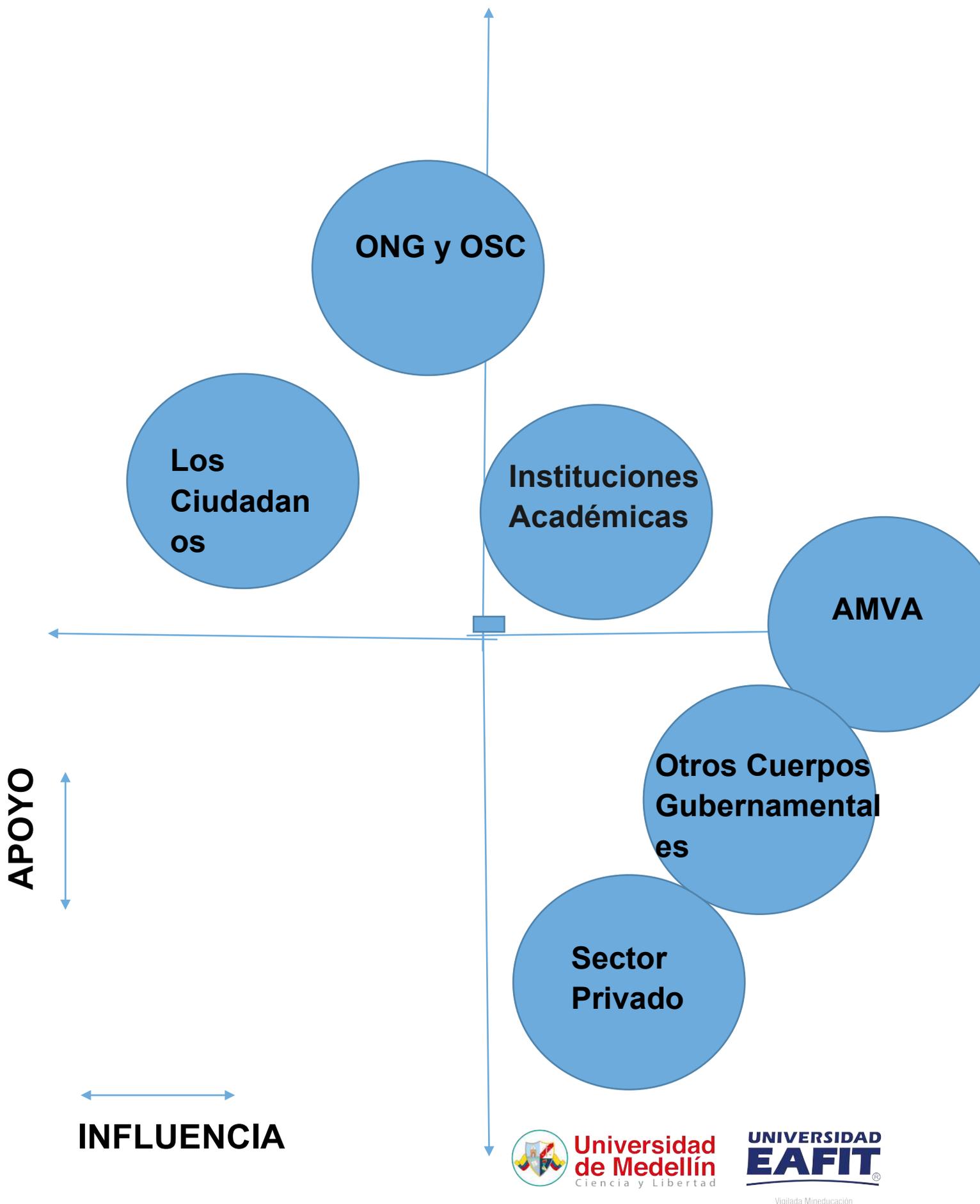
Actualmente, los Secretarios de Medio Ambiente y Transporte, bajo la Ley 769 de 2002 del Código de Tránsito Nacional y los Artículos 28, 50, 51, 52, 53, 54 y las Resoluciones 3500 de 2005 y 2200 de 2006 requieren la revisión técnica mecánica de un vehículo. En teoría, la primera revisión mecánica obligatoria de vehículos privados se lleva a cabo después de seis años de la compra, luego cada año; a los dos años y todos los años para vehículos públicos; y a los dos años y luego cada año para las motocicletas (Secretaría de Movilidad de Medellín 2014). El proceso de revisión evalúa la carrocería del vehículo, el estado de los frenos, la dirección, la suspensión, el sistema de señales visuales y audibles, las llantas y el conjunto de seguridad, y las emisiones de gases. Estas revisiones técnicas mecánicas y de gas deben llevarse a cabo en centros de diagnóstico automotriz (CDA) autorizados por el Secretario de Transporte y el Secretario de Medio Ambiente. Si un vehículo no cumple con los últimos estándares, el conductor incurre en una multa de 15 salarios mínimos legales diarios, y la autoridad puede ordenar la inmovilización del vehículo (o en términos coloquiales, "llevar el carro a los patios" o "llevar el auto a Los tribunales").

Interacciones Entre el Gobierno y la Academia

Cultura de Gobernanza

En Medellín, el nivel de participación del sector privado y la comunidad parece ser alto. Antes de la implementación de cualquier política, la agencia principal busca obtener el consentimiento voluntario de todas las partes interesadas. En ocasiones, cuando el consentimiento parece difícil, la agencia entra en negociaciones con el interesado. Aunque esto parece ser un enfoque muy inclusivo, las negociaciones a menudo funcionan a favor de las partes interesadas más influyentes. Este método de adopción e implementación de políticas se vuelve aún más complicado y eventualmente estancado en el caso de asuntos que involucran bienes públicos y un alto nivel de externalidades, casos en los que hay claros ganadores y perdedores.

Figura 2: Apoyo para el cambio y la influencia entre los interesados en Medellín



Apoyo: Esto muestra el grado de apoyo que varios grupos de interés expresan para reducir la contaminación del aire en Medellín. La magnitud del soporte aumenta de abajo hacia arriba.

Influencia: Esto muestra la influencia o el poder que tiene la parte interesada en el presente y en el futuro cercano. El poder aumenta de izquierda a derecha.

Papel de las Instituciones Académicas

Las instituciones académicas juegan un papel influyente con respecto a la formulación y adopción de políticas. Algunas instituciones son parte del SINA, y la investigación académica generalmente se lleva a cabo como un pretexto para la aprobación de nuevos estándares o legislación.

Si bien la investigación independiente en las universidades es común, los equipos de investigación prefieren trabajar en colaboración con organismos gubernamentales e instituciones públicas.⁷ Algunos académicos creen que la investigación solo se circularía y notaría si los organismos directamente responsables de la implementación de las recomendaciones tuvieran algo que ver. Además, existe una fuerte noción de que existe una gran brecha entre el lenguaje académico y el público que solo se puede salvar cuando se trata de instituciones públicas.⁸

Por otro lado, los organismos gubernamentales y las instituciones públicas se acercan a los equipos de investigación de las 30 universidades de Medellín para validar sus políticas o diseñar políticas (respaldados por modelos académicos, análisis de datos e investigación). La asociación con instituciones académicas aumenta la credibilidad de la agencia a cargo de tomar medidas.

La Investigación Actual

⁷ Luis Belalcazar. (Profesor de la Universidad Nacional-Bogotá), en conversación con los autores. Marzo de 2017.

⁸ Sergio Orrego. (Profesor de la Universidad Nacional-Medellín), en conversación con los autores. Marzo de 2017.

Con respecto a la calidad del aire en Medellín, el Secretario de Salud de Antioquia, a través de la Subsecretaría de Salud Ambiental, está utilizando datos proporcionados por los hospitales más grandes del área para generar un informe titulado "Vigilancia Epidemiológica de los Efectos de la Salud Asociados con la Calidad del Aire" para conectar más directamente la calidad del aire y los efectos sobre la salud. Mediante la recopilación de datos sobre individuos, como hábitos de fumar, métodos de cocina y si hay o no una mascota doméstica, el Subsecretario espera aclarar la correlación entre la calidad del aire y la salud. Actualmente, los datos recopilados y procesados representan solo el tres por ciento del total de la población. La oficina estima que en un año recopilarán y procesarán todos los datos históricos de los últimos cinco a siete años para formar una línea de base. El informe no se hará público hasta 2018, según un representante de la oficina.

La Universidad de Antioquia está trabajando en un proyecto de investigación conjunta con AMVA. El objetivo general del proyecto es comprender la complejidad de los problemas de salud asociados con los desafíos de la calidad del aire e identificar indicadores clave que ayuden a desentrañar el efecto exacto de la contaminación del aire en la salud.⁹ Uno de los objetivos de la investigación es calcular el los costos de la contaminación del aire de Medellín. Esto implicaría cuantificar el número de admisiones hospitalarias relacionadas con enfermedades respiratorias (causadas por la exposición a la contaminación del aire). El equipo de investigación usa procedimientos de minería de datos para avanzar en sus esfuerzos. El equipo de investigación espera publicar el informe en el verano de 2017. Según uno de los miembros del equipo de investigación, Juan Pineros, una de las limitaciones clave que enfrenta el equipo es la falta de recursos monetarios.¹⁰

La Universidad Nacional (los campus de Bogotá y Medellín) tiene equipos que trabajan en diversos aspectos de la contaminación del aire y el cambio climático. Estos incluyen la exposición a la contaminación del aire (Nestor Rojas), el inventario de emisiones y las políticas del ciclo de vida (Luis

⁹ Juan Pineros. (Profesor de la Universidad de Antioquia), en discusión con los autores. Marzo de 2017.

¹⁰ Juan Pineros. (Profesor de la Universidad de Antioquia), en discusión con los autores. Marzo de 2017.

Balcazar), y la investigación relacionada con el efecto de las minas de carbón en el norte. Sergio Orrego, profesor en el campus de la Universidad de Medellín, está trabajando en un análisis de series cronológicas de las emisiones de PM 2,5, los cambios en el método de transporte y las enfermedades respiratorias en Medellín con el fin de verificar las tendencias significativas.

Estado de los Recursos Naturales publica un informe anual. El informe para 2016 se publicará próximamente (Contraloría General de Antioquia 2016). El informe hace un inventario de todos los recursos naturales actuales en el estado, comenta sobre los cambios y hace proyecciones y analiza las políticas que impactarían el stock actual de recursos.

SOS Por el Aire

"SOS Por el Aire" es un colectivo de académicos formado con el objetivo de unir las diversas universidades y centros de conocimiento de toda la ciudad en su esfuerzo por combatir la crisis de la contaminación del aire. Una de las tareas que el grupo se ha propuesto es analizar el próximo Plan de Descontaminación y validarlo criticando las diversas medidas incluidas en el informe.¹¹

2. Políticas Actual

Medellín ha sido reconocida como líder de la política de transporte en América Latina debido a sus esfuerzos de reducción de la congestión del tráfico y las iniciativas de transporte público. Estas iniciativas incluyen el sistema de transporte público Pico y Placa y Metroplus.

Pico y Placa

En 2005, la ciudad de Medellín presentó Pico y Placa para reducir la congestión vehicular tanto para automóviles como para motocicletas. La política, también adoptada por ciudades cercanas en el Valle de Aburrá, y Bello, restringe el número de vehículos en la carretera al permitir solo la mitad de los

¹¹ Alejandro Alvarez. (Ingeniero de procesos en la Universidad EAFIT), en discusión con los autores. Marzo de 2017.

automóviles registrados, se aplica Itagüí, Envigado de acuerdo con los números de placas de licencias, para conducir en cualquier día en particular durante la hora punta (7:00-8:30AM y 5:30-7:00PM). Los números pares e impares de las placas giran día por medio. Ahi esta un programa de rotación similar para taxis. Los conductores que violan el reglamento de Pico y Placa son multados con 386.850 Pesos colombianos, el equivalente a USD \$135 (Información del Pico y Placa en Colombia 2017).

Investigación de Cantillo y Ortuzar (2014) indicó que la política redujo la congestión, pero solo para un corto período de tiempo. Esto también se mantuvo para la contaminación con reducciones inmediatas a corto plazo vencido por un retorno eventual a los niveles anteriores. La ciudad volvió a niveles previos de contaminación por 2007.

Autobuses de Tránsito Rápido

Colombia desarrolló el Programa Nacional de Transporte Urbano para desarrollar y expandir el Transporte Rápido de Autobuses (BRT) en todo el país. El primer BRT colombiano, TransMilenio construido en Bogotá en 2002, fue considerado un éxito El BRT redujo el tiempo de viaje en un 32 por ciento y aumentó los valores de propiedad a lo largo de las líneas por 15-20 por ciento. Con respecto a la calidad del aire, TransMilenio reduce el SO₂ en un 43 por ciento, NO_x en un 18 por ciento y partículas en un 12 por ciento (Turner et al 2012).

En Medellín, actualmente hay dos líneas de BRT en operación; la primera línea se abrió en 2011 y la segunda en 2013. Las especificaciones se encuentran en la Tabla 2 a continuación.

Tabla 2: Especificaciones de BRT en Medellín

	Línea 1	Línea 2
Longitud	12,5km	13,5km
Estaciones/Paradas	20	8
Autobuses	25	47

Tiempo	45 min	60 min
Velocidad	16km/h	13km/h
Tiempo de Espera	2:55 min	6 min
Capacidad/Hora	3.018 personas	1.350 personas
Abierto	22/12/2011	22/04/2013

Las líneas Metroplus BRT transportan 60.000 personas diariamente y el 90 por ciento de la ruta del autobús se encuentra en un autobus derecho de paso carril de camino. Los autobuses miden 18 metros de largo y tienen una capacidad de 160 pasajeros. Ellos son accionados por gas natural y reducir los costos de combustible en un 40 por ciento. Los autobuses también cuentan con tecnología de punta - Conexiones GPRS y Wi-Fi para la ubicación del vehículo y la transmisión de datos, lo que mejora la experiencia del viajero (Global BRT Data 2017).

Estándares de Calidad del Combustible

Los estándares de combustible en Colombia están regulados por el Ministerio de Minas y Energía, y la Empresa Petrolífera (Ecopetrol), principalmente estatal, administra la capacidad de refinación en el país. La refinería principal está en Cartagena y la producción es suficiente para satisfacer la demanda doméstica de gasolina. Sin embargo, el 55 por ciento de la demanda de diesel debe satisfacerse a través de las importaciones (Gomez 2016). Ecopetrol planea invertir USD \$4,5 millones para actualizar dos refinerías estatales enfocadas en la producción de diesel.

Desde 2001, el gobierno ha estado fortaleciendo los estándares de calidad del combustible y aumentando la mezcla de biocombustibles en la gasolina. Los requisitos actuales para la mezcla de biodiesel y etanol es de 8-10 por ciento dependiendo de la región. En 2013, Colombia completó un proceso de fortalecimiento de su estándar sobre emisiones de azufre y redujo el azufre en el diesel a 50 ppm y en la gasolina a 300 ppm (PNUMA 2014).

Estándares de Vehículos

Colombia ha prohibido la importación de vehículos usados. Los vehículos que se importan deben cumplir los siguientes criterios:

1. Ser un modelo del mismo año;
2. Tener un convertidor catalítico, un sistema de filtración para reducir las emisiones del vehículo.

Los vehículos nuevos livianos y pesados deben cumplir con las normas de emisiones Euro 1; la excepción notable son los autobuses, que deben cumplir con las normas Euro 2.

Las regulaciones son laxas para los vehículos existentes en la flota. Los vehículos pesados, por ejemplo, deben cumplir con el equivalente de las normas de la Agencia de Protección Ambiental de los EE. UU. (EPA) de 1994 para los autobuses y las normas de 1991 para todos los demás vehículos (PNUMA 2014).

Desafíos

Existen múltiples desafíos para mejorar la calidad del aire en diversas áreas, incluido el transporte, la gobernanza política e institucional, la implementación de cambios de comportamiento y la recopilación de datos.

Transporte

Transporte público

El sector del transporte contribuye con el 80 por ciento de las emisiones de PM_{2,5} en Medellín. Nombrado uno de los principales sistemas de tránsito en el mundo por el Instituto de Política de Transporte y Desarrollo (ITDP), y votado como la Ciudad del Año por el Wall Street Journal y Citi en 2012, Medellín cuenta con el sistema de transporte público más avanzado de Colombia (Instituto para la Política de Transporte y Desarrollo 2012). Los sistemas de metro y góndola fueron elogiados como

instrumentos para acelerar la movilidad ascendente, con dos líneas de metro que corren de norte a sur por el valle a lo largo del río y tres líneas de "Metrocable" (góndola) que se extienden por el valle.

A pesar de las mejoras drásticas, el transporte público aún está asociado con las preocupaciones de seguridad de años anteriores. Esto es especialmente cierto en el sistema de autobuses, con una cobertura ineficiente e insuficiente al servicio del público, especialmente en las altitudes más altas. A diferencia del sistema de Metro, los autobuses son en gran parte propiedad y operados por compañías privadas, promoviendo aún más la ineficiencia en la coordinación.

Motocicletas

La propiedad de motocicletas ha ido en constante aumento en áreas urbanas en desarrollo en todo el mundo debido a la asequibilidad y la facilidad de uso cuando se maniobra con mucho tráfico. Según AMVA, la propiedad de la flota automotriz en Medellín se duplicó aproximadamente de 271.000 a 546,768 desde agosto de 2005 y agosto de 2015, pero el número de motocicletas aumentó cinco veces de 139.000 a 710.186 (AMVA 2015). Además, hay poca regulación o mantenimiento de registros cuando los consumidores compran una motocicleta. Solo se necesita mostrar una identificación emitida por el gobierno para comprar una motocicleta.

Esta tendencia al alza en el número de vehículos no solo prevalece en Medellín, sino también en muchos países de rápido desarrollo como Tailandia y Vietnam, y está asociada con el aumento del estatus socioeconómico de los ciudadanos. Los países asiáticos han implementado regulaciones basadas en la Unión Europea (UE), aunque no se actualizan con la misma frecuencia que las normas de la UE. Si bien existe una amplia percepción de que los vehículos de dos ruedas son más eficientes energéticamente por milla de pasajeros que los vehículos de cuatro ruedas, los vehículos de dos ruedas se encuentran entre los automóviles y los autobuses.

Hay posibles intervenciones en tres etapas en la vida de un vehículo: nuevas compras, regulación

continúa de los vehículos existentes, y la retroadaptación o descarte de modelos obsoletos. Los vehículos de dos ruedas o, a veces, de tres ruedas (o, motocicletas en general) y las características de emisiones relacionadas históricamente han recibido menos atención reguladora. El mercado de motocicletas se ha enfrentado a menos regulaciones o incentivos para garantizar bajas emisiones para vehículos nuevos.

Camiones

Las flotas de servicio pesado, especialmente las volquetas, son las más contaminantes, con aproximadamente el 80 por ciento de los vehículos que van desde menos Euro I hasta el Euro III, y solo el 20 por ciento cumple con el estándar Euro IV.^{12;13} Actualmente, estándares para servicio pesado las camionetas y furgonetas raramente se aplican (AMVA 2009). Muchos de los vehículos funcionan con diesel de baja calidad (ACPM) y podrían cambiarse para funcionar con gas natural, o pueden desecharse y reemplazarse por completo.

El desafío para Medellín y el Valle de Aburrá es que muchos de los camiones que contribuyen a la contaminación en la región no están registrados localmente, sino que están pasando por la zona y transportando bienes a otras partes del país. La infraestructura y las redes de carreteras en la región requieren que los conductores de camiones entren y conduzcan por el valle. No hay rutas alternativas para evitar el valle si el conductor necesita llegar al lado opuesto.¹⁴

Cuestiones Políticas e Institucionales

Superposición de Jurisdicciones y Aprobación de Responsabilidades

¹² Sergio Giraldo Posada y Jorge Toro, (Ex consultores, Transporte Público de Medellín - TPM) en discusión con los autores. Marzo de 2017.

¹³ La Unión Europea (UE) regula las normas de emisión del transporte por carretera y, en general, se adopta como parte del marco de la UE. Las normas actuales de la UE para vehículos ligeros (turismos y furgonetas) se encuentran en Euro 6 (Reglamento 2016/427), mientras que los vehículos pesados se clasifican en Euro VI (Reglamento de la Comisión 582/2011). (Comisión Europea 2016)

¹⁴ Natalia A. Restrepo Vélez y Francisco Alejandro Correa Gil, (Representantes de AMVA), en discusión con los autores. Marzo de 2017.

La difusión de la responsabilidad entre una serie de agencias gubernamentales a nivel federal, estatal y municipal complica la coordinación y la formulación de políticas. Aunque no es raro que un país tenga una estructura gubernamental compleja, las políticas relacionadas con la contaminación del aire y el transporte en el Valle de Aburrá requieren un apoyo unánime. El número de entidades gubernamentales -desde los municipios, a la autoridad regional, hasta la ciudad de Medellín- comprende un marco de jurisdicción superpuesto y regulatorio. Esto hace que sea difícil para problemas complejos, como la calidad del aire, donde las fuentes son ampliamente difusas, pero las entidades responsables de la regulación y la aplicación son un mosaico de jerarquías y organizaciones interconectadas. La falta de una estructura de gobierno simplificada presenta un desafío para la promulgación de medidas de política efectivas. Puede no estar claro, incluso para los responsables de la formulación de políticas, qué entidades gubernamentales interactúan y cómo interactúan para regular la industria del transporte.

Problemas de Coordinación e Intercambio de Datos

AMVA, las Secretarías de Movilidad, Medio Ambiente y Salud, y otras partes interesadas se reúnen una vez al mes para discutir una variedad de cuestiones. No obstante, parece haber una falta continua de coordinación en la política de calidad del aire.

Escepticismo Sobre los Compromisos

A través del Transporte Público de Medellín (Transporte Público de Medellín - TPM), AMVA está llevando a cabo iniciativas para mejorar la calidad del aire a través de mejoras en el sistema de transporte. Sin embargo, estas iniciativas son lentas y generan escepticismo sobre el compromiso de AMVA con la implementación total de las iniciativas propuestas.

Voluntad Política

El apoyo público juega un papel crítico en informar a los políticos y políticos. A falta de apoyo vocal de la academia, organizaciones sin fines de lucro y familias, así como del sector empresarial, las organizaciones políticas y los activistas, el capital político necesario para impulsar una legislación sólida puede ser más de lo que las partes vulnerables están dispuestas a gastar en aras de mejorar la calidad del aire de la ciudad.

Desafíos de Aplicación

Los problemas de capacidad persisten en un sector público con recursos limitados. En la era actual de regulación flexible, los automóviles y las motocicletas se volvieron casi omnipresentes, con tasas de ocupación promedio de autos que actualmente rondan las 1,3 personas por vehículo.¹⁵ Imponer nuevas reglamentaciones para todos estos vehículos probablemente requeriría un cambio en cómo los ciudadanos comunes ven a las autoridades reguladoras como así como una mayor capacidad para esas autoridades.

Dinámica Conductual

El comportamiento es el núcleo del problema de la calidad del aire. Casi todos en Medellín contribuyen al problema, pero pocos internalizan los costos o tienen un incentivo suficiente para cambiar el comportamiento individual. Como resultado, aumentar la conciencia y cambiar las normas a través de la educación será un componente tan vital para resolver los desafíos de la calidad del aire como desarrollar medidas efectivas de política pública.

Legado de Normas

Medellín ha desarrollado una reputación duramente ganada como una ciudad conocida por su transporte innovador y progresivo. El público en general tiene en alta estima ciertos modos de transporte ya que Medellín es la única ciudad de Colombia con un metro y el sistema de teleférico fue

¹⁵ Luis Belalcazar. (profesor de la Universidad Nacional-Bogotá), en conversación con los autores. Marzo de 2017.

un proyecto pionero no solo para Colombia, sino para América Latina en general. Ambos sistemas son un motivo de orgullo ampliamente aclamado y el número de pasajeros continúa aumentando constantemente para cada uno. Sin embargo, esta actitud no es generalizada. Las normas que disuaden el uso de otras formas de transporte, incluidos el autobús, el ciclismo e incluso el caminar, siguen firmemente arraigadas. Esto se debe en gran parte al legado de los años anteriores, donde la seguridad era la principal preocupación para los ciudadanos. A medida que la ciudad se desarrolló, esto ha tenido un efecto negativo compuesto, ya que la propiedad de automóviles se ha vuelto cada vez más esperada y deseada, y la ciudad generalmente ha adaptado gran parte de su infraestructura para acomodar esta norma.

Esfuerzos Existentes

Actualmente, la ciudad mantiene algunos programas para educar y concienciar a la población sobre el estado general de la calidad del aire. Desde 2010, la oficina del Alcalde se ha asociado con AMVA para patrocinar un programa de alerta de calidad del aire conocido como SIATA (Sistema de Alerta Temprana). Ocho estaciones de monitoreo ubicadas en todo el valle de Aburrá brindan información en tiempo real sobre la calidad del aire y emiten advertencias cuando los niveles de PM_{2,5} alcanzan umbrales peligrosos. El sistema emite alertas a través de plataformas de redes sociales, su sitio web y una aplicación móvil ampliamente utilizada. Si bien el sistema de alerta es una función de los umbrales establecidos para la calidad del aire que se desarrollan junto con un número de electorados no gubernamentales, la Junta Metropolitana debe acordar alertas extremas, incluidas las del pasado, antes de su emisión. La asociación gubernamental financia el programa, pero una red de universidades e instituciones académicas lo mantiene y lo gestiona.

Además del programa de monitoreo, la Secretaría del Medio Ambiente de Medellín lleva a cabo programas educativos dirigidos a estudiantes de primaria, secundaria y preparatoria. Los programas educativos se centran en enseñar a la generación más joven de la ciudad sobre la sostenibilidad y el valor del medio ambiente e incluye diferentes actividades, incluidos talleres y teatro. El objetivo final

del programa es crear nuevos hábitos para cambiar la cultura hacia cosas como la propiedad de automóviles y las percepciones del público hacia el transporte público. Como lo expresaron representantes del Departamento, la conciencia pública en Medellín es importante y la falta de conciencia es quizás el mayor obstáculo para abordar el problema de la calidad del aire. El programa pretende lograr un cambio cultural enfocándose en los jóvenes con la esperanza de que el mensaje se transmita a los adultos y a las generaciones mayores.¹⁶

Lo Que falta

Si bien los programas existentes ilustran la aceptación del gobierno de la calidad del aire como un problema inmediato, la falta de programas dedicados de concienciación y educación para el mayor grupo demográfico que realmente contribuye a la contaminación pone de relieve la renuencia a aceptar el problema por completo. El principal problema con los programas antes mencionados es la falta de impacto inmediato. Si bien los protocolos de SIATA se desarrollan para cumplir con los estándares ampliamente aceptados de calidad del aire, la emisión de alertas no está conectada a ningún efecto tangible mayor que restrinja el aumento de la conducción o proporcione incentivos para modos alternativos de transporte o de otro tipo. Los programas educativos, aunque encomiables y una plataforma a largo plazo totalmente necesaria, se dirigen al único grupo demográfico que no contribuye en gran medida a la generación de material particulado a gran escala.

Información y Recolección de Datos

La mayoría de las instituciones públicas entrevistadas manifestaron explícitamente su preocupación sobre el tema de la contaminación del aire, pero al mismo tiempo tenían temores sobre los costos reales de la contaminación del aire.¹⁷ Afirmaron que no se disponía de datos o pruebas que pudieran atribuir un número específico de muertes o problemas de salud directamente a la contaminación del

¹⁶ Veronica Cotes y Paola Zapata. (Secretaría de Medio Ambiente, Medellín, Oficina de Oscar Hoyos Giraldo), en discusión con los autores. Marzo de 2017.

¹⁷ Natalia A. Restrepo Velez y Francisco Alejandro Correa Gil. (Representantes de AMVA), en discusión con los autores. Marzo de 2017.

aire. Los impactos sobre la salud que son indicativos de mala calidad del aire, de acuerdo con estos organismos gubernamentales, también podrían ser compuestos o causados por hábitos personales, efectos meteorológicos, riesgos ocupacionales y los niveles de exposición.¹⁸ Si bien se han empleado recursos y tiempo en investigaciones para llegar a un número exacto de los resultados en su mayoría no han sido concluyentes o impugnada.¹⁹ Esta "falta de información" sigue siendo una de las principales razones citadas para la inacción.

Teniendo en cuenta el contexto de la cultura de gobernanza en Medellín, los organismos gubernamentales buscan estos datos, que sean específicos y completos, para poder utilizarlos como un instrumento durante las negociaciones y como palanca. Si bien las intenciones son buenas, es imposible llegar a ser tan específico debido a la presencia de numerosas variables incontrolables y condiciones cambiantes. Además, las metodologías de investigación son siempre propenso a críticas y suposiciones clave siempre podrían ser opuestas.

3. Justificación de la Intervención Gubernamental Adicional

La contaminación del aire urbano en los últimos años ha ido en aumento, junto con el PIB de la ciudad. Es un caso clásico de actividades económicas que producen externalidades, donde los actores privados no tienen en cuenta los costos y el impacto en la sociedad durante la toma de decisiones. Como es el caso de muchos problemas de bienes públicos, la única solución para internalizar estos costos externos (para la sociedad) es a través de una fuerte intervención del gobierno. Sin embargo, una revisión del Banco Mundial publicada en 2015 encontró que la contaminación del aire todavía se le dio "baja prioridad" a los países en desarrollo (Awe et al 2015). Las entrevistas realizadas con

¹⁸ Enrique Henao y Carolina Agudelo. (Secretaría de Salud, Subsecretaría de Salud Ambiental, Antioquia), en discusión con los autores. Marzo de 2017.

¹⁹ Elkin Martínez. (Epidemiólogo y Profesor de Salud Pública en la Universidad de Antioquia), en discusión con los autores. Marzo de 2017.

varias agencias gubernamentales en Medellín reflejaron una actitud similar.

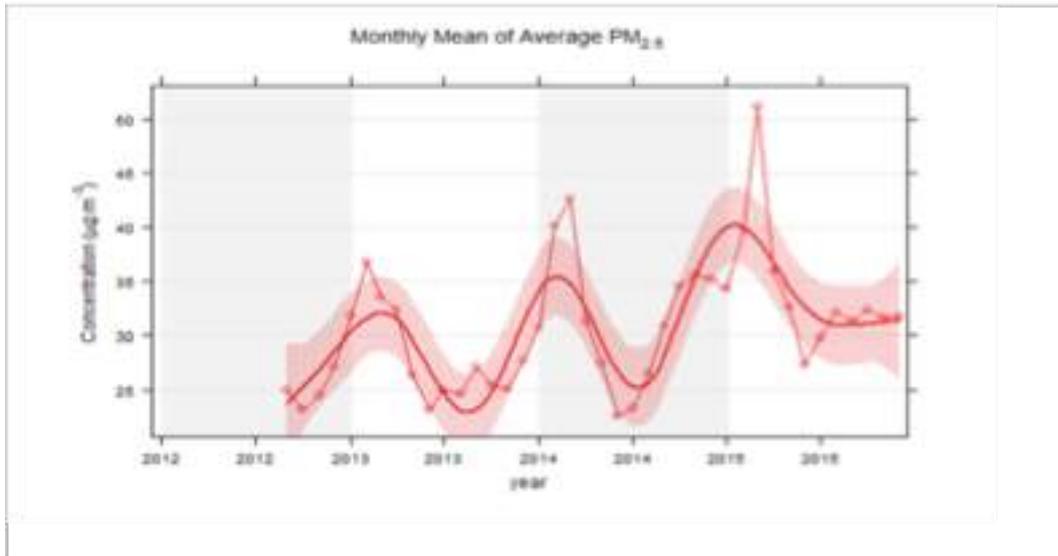
La razón de esta inacción gubernamental radica en la complejidad de evaluar los costos de la contaminación del aire y los beneficios de las inversiones realizadas para mejorar la calidad del aire, como se vio en el caso de Medellín. Sin embargo, incluso si no hay un número específico en este retorno a la inversión, las razones para la participación inmediata y dura del gobierno son económica y éticamente convincentes.

Salud Pública

Según la OMS, existe una estrecha relación entre la exposición a altas concentraciones de pequeñas partículas (PM10 y PM2,5) y el aumento de la mortalidad o la morbilidad, tanto a diario como a lo largo del tiempo (Oficina Regional de la OMS para Europa 2013). Varios otros estudios llegan a la misma conclusión. Esto tiene claras implicaciones para los formuladores de políticas. La adopción de políticas para reducir los niveles de PM2,5 y PM10 reduciría los efectos de salud asociados y, finalmente, se traduciría en una disminución de los costos de salud pública y en un aumento de los ingresos derivados de la mejora de la productividad. En esta sección, revisaremos y analizaremos la literatura existente en un intento de producir un rango de estimaciones para los costos inmediatos relacionados con la salud de la contaminación del aire en Medellín.

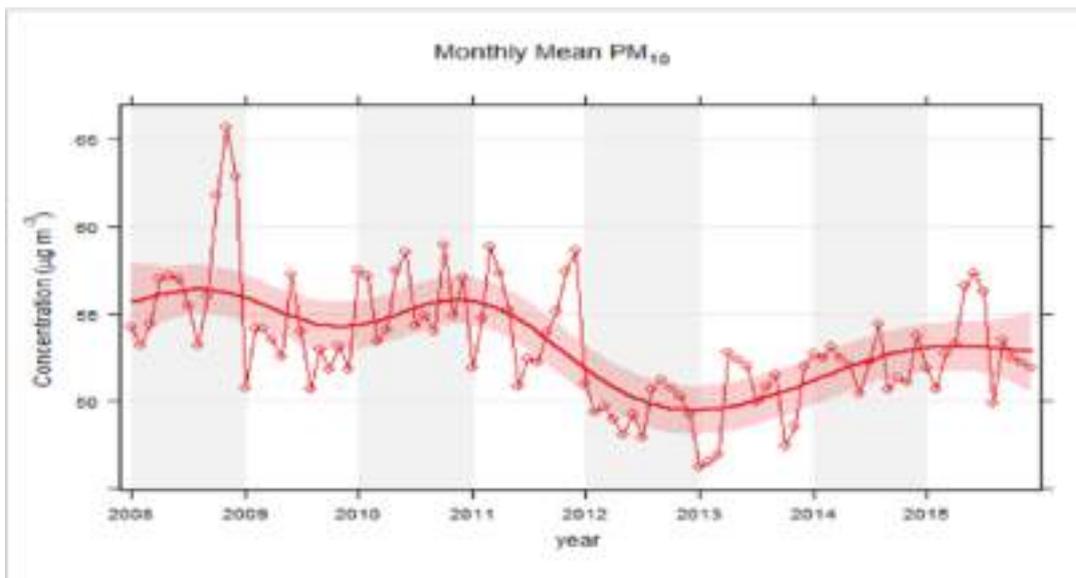
La OMS define ciertos niveles de umbral para la concentración de PM10 y PM2,5. Para PM2,5, el nivel es de $10 \mu\text{g} / \text{m}^3$ (para una media anual) y $25 \mu\text{g} / \text{m}^3$ (para una media de 24 horas). Para PM10 es $20 \mu\text{g} / \text{m}^3$ (anual) y $50 \mu\text{g} / \text{m}^3$ (24 horas). Las concentraciones de material particulado por encima de estos umbrales se definen como un riesgo para la salud. Las Figuras 3 y 4 a continuación indican que, para la región AMVA, las concentraciones de PM2,5 y PM10 han sido constante y en muchas ocasiones significativamente mayores que los niveles umbral de la OMS.

Figura 3: Promedio mensual promedio de PM2,5 a lo largo del tiempo en el Valle de Aburrá



Fuente: AMVA 2015

Figura 4: Promedio mensual promedio de PM10 a lo largo del tiempo en el Valle de Aburrá



Fuente: AMVA 2015

Esto demuestra que los niveles insalubres de contaminación son un problema persistente que probablemente imponga una gran carga de salud a la ciudad.

Análisis de Costos

En Colombia, los costos de salud (que incluyen solo los costos de morbilidad y mortalidad) de la

contaminación del aire urbano han aumentado considerablemente a lo largo de los años. En 2002, estos costos representaron el 0,78 por ciento del PIB del país, mientras que en 2010 fueron equivalentes al 1,12 por ciento del PIB (Golub et al 2014). Se calculó que la mortalidad representaba el 79 por ciento del costo total.

Es seguro suponer que estos datos nacionales agregados son, si no del todo, razonablemente ilustrativos de la situación de Medellín, ya que solo se refiere a la contaminación del aire urbano, y Medellín es la segunda ciudad más grande del país. Sobre la base de este supuesto, significaría que, suponiendo un PBI para Medellín de USD 17.069 millones (Agencia de Cooperación Internacional de Medellín 2010), el costo total de la salud debido a la contaminación urbana de la ciudad sería de alrededor de USD 200 millones. Sin embargo, como se muestra en el siguiente análisis, los costos parecen ser mucho más altos para Medellín que este costo estimado.

Mortalidad

Existe una amplia investigación que vincula la calidad del aire, particularmente la concentración de PM_{2,5}, y los casos de enfermedades mortales. Si bien las enfermedades cardiopulmonares y el cáncer de pulmón también se pueden atribuir a variables de nivel individual como la ocupación y otros hábitos como fumar, la contaminación del aire ambiente sigue siendo un factor clave.

En la región AMVA, el cáncer de pulmón y cardiopulmonar constituye el 36 por ciento de todas las muertes, según estimaciones del Banco Mundial (Golub et al 2014). Lo que sigue siendo controvertido es el número exacto de estas muertes que pueden estar directamente asociadas con la contaminación del aire. Se han llevado a cabo una serie de estudios para lograr tal determinación, pero menos específicos de las circunstancias de Medellín. El Análisis Ambiental por Países del Banco Mundial reveló que en 2007 hubo 6.040 muertes en todo el país a causa de la mala calidad del aire urbano, de las cuales, 13% o 785 casos fueron de la región AMVA. Un informe más reciente realizado por el epidemiólogo Elkin Martínez en 2012, que incluyó un análisis de series cronológicas de las causas de

muerte enumeradas en los certificados de defunción en Medellín y Colombia, encontró que, anualmente, hay aproximadamente 3.000 muertes en Medellín (o 20 por ciento de la mortalidad anual total) que puede atribuirse a enfermedades generalmente asociadas con mala calidad del aire. Un informe separado publicado por AMVA calculó la tasa en un 9,2 por ciento de la mortalidad anual total, o 1.380 muertes relacionadas con la contaminación en base a un número total anual de 15.000. Actualmente, investigadores de la Universidad de Antioquia en Medellín están llevando a cabo un estudio similar sobre este tema.²⁰

Una segunda variable en cuestión es el valor monetario de una vida estadística (VSL). Durante varias entrevistas realizadas, se encontró que algunos estudios en el pasado no fueron aceptados sobre la base del VSL utilizado.²¹ Sin embargo, a pesar del desacuerdo sobre este tema, los costos asociados con la mortalidad demuestran ser significativos para la región en cada estimación. El informe del Banco Mundial y el IMHE estima que el VSL para Colombia estaría dentro del rango de USD 0,4 millones a USD 1,3 millones. Con base en una fórmula propuesta por el Departamento de Transporte de los EE. UU. (Rogoff y Thomson 2104), se calculó que la VSL para Medellín era de USD 1,2 millones.²² La Tabla 3 a continuación expone las estimaciones del costo de la mortalidad para cada uno de los tres valores de VSL. El número estimado de muertes anuales se refiere a toda la región del Valle de Aburrá que se encuentra bajo la jurisdicción de AMVA. Todas las estimaciones del PIB se llevaron a cabo sobre la base del PIB de Medellín en 2010. Dado que Medellín sigue siendo el principal contribuyente económico de la región, se asumió que el PIB del valle de Aburrá reflejaría esencialmente el PIB del municipio.²³

²⁰ Juan Pineros. (profesor de la Universidad de Antioquia), en discusión con los autores. Marzo de 2017.

²¹ Enrique Henao y Carolina Agudelo. (Secretaría de Salud, Subsecretaría de Salud Ambiental, Antioquia), en discusión con los autores. Marzo de 2017.

²² Calculado como $US\ VSL * (PIB\ per\ cápita\ en\ Medellín / PIB\ per\ cápita\ en\ los\ EE.\ UU.)$ VSL estadounidense: 9,05 millones (Departamento de Transporte de EE. UU. 2011)
PIB per cápita EE.UU.: 53.041 USD (Banco Mundial 2013) PIB per cápita Medellín: 7.207 USD (ACI 2010)

²³ Al realizar investigaciones, se observó que, para muchos estudios y documentos gubernamentales, los indicadores económicos de Medellín se tomaban como un proxy para toda el área metropolitana.

Tabla 3: Valor de una vida

estadística: USD \$1,3m, \$1,2m, \$0,4m

Fuente de Dato	Número Estimado de Muertes Anuales	VSL (Millones de USD)	Costo estimado de mortalidad (millones de USD)	Porcentaje del PIB (porcentaje)
Banco Mundial CEA (2007	785 (13 por ciento de la Mortalidad Nacional Anual Estimada)	1,3	1.021	6,0
		1,2	942	5,5
		0,4	314	1,8
Elkin Martinez (2012)	3.000 (20 por ciento de la mortalidad anual)	1,3	3.900	22,8
		1,2	3.600	21
		0,4	1.200	7
AMVA (2015)	1.380 (9.2 por ciento de la mortalidad anual)	1,3	1.794	10,5
		1,2	1.656	9,7
		0,4	552	3,2

De los cuadros anteriores se desprende que, a partir de los datos más recientes (posteriores a 2010), incluso si se tienen en cuenta los valores más conservadores para VSL y el número de muertes

(atribuidas a la calidad del aire), el costo estimado de la mortalidad solo (USD 552 millones, o 3,2 por ciento del PIB 2010 de Medellín)²⁴ sigue siendo más del doble de la estimación nacional de datos agregados para los costos totales de salud (1,12 por ciento del PBI nacional). Si se agregaran los costos relacionados con la morbilidad, este número aumentaría aún más.

Disposición a Pagar

Un estudio fue realizado por Carlos Gaviria y Daniel Martínez en 2014 (Gaviria y Martínez 2014) con el objetivo de analizar la disposición a pagar de los ciudadanos (DAP) para reducir la contaminación del aire con el entendimiento de que de hecho mejoraría su salud.²⁵ Los autores encontraron que las personas más jóvenes y las personas que han sufrido una enfermedad relacionada con la calidad del aire son más conscientes de la contaminación del aire y tienen una mayor preferencia por una mejor calidad del aire. El estudio mostró que, en promedio, las personas estaban dispuestas a pagar menos de US \$3 por la reducción de la contaminación del aire y que el grupo de individuos previamente afectados por la contaminación del aire estaba en promedio dispuesto a pagar alrededor de US \$6.

Este hallazgo sugiere que, en general, las personas ignoran los costos reales en que incurrirían si se vieran afectados por la contaminación del aire. Al observar la muestra en la que se realizó el estudio (principalmente vendedores callejeros informales e individuos pertenecientes a estratos económicos más bajos), también sería seguro decir que, para este grupo de personas, obtener un ingreso estable y gastarlo en el más inmediato necesidades tales como comida y vivienda serían de la más alta

²⁴ Dado que la cifra del PIB utilizada para obtener estos valores fue de 2010 y no de 2015 o 2012, el porcentaje del PIB perdido debido a los costos de mortalidad es presumiblemente menor. Sin embargo, la diferencia sería insignificante y no lo suficientemente significativa como para cambiar los resultados. Además, este análisis se mantendría considerando que el punto agregado nacional de datos con el que se está comparando también es de 2010.

²⁵ Dado que los datos de SIATA indicaron que las concentraciones de PM_{2,5} eran relativamente más altas en el centro de Medellín, el estudio se llevó a cabo en esa área. Además, esta región también resultó ser extremadamente apropiada para el estudio ya que tenía una gran cantidad de pasos peatonales (aproximadamente un millón de personas caminando por el área por día), así como un número significativo de vendedores ambulantes informales (aproximadamente 9,000).

prioridad. Están más preocupados por la supervivencia, y la alta calidad del aire se considera, comparativamente, un bien de lujo.

La brecha entre los costos reales y la disposición a pagar de los ciudadanos muestra que el mercado económico de la calidad del aire está lejos de ser eficiente y, por lo tanto, necesita una intervención regulatoria. Además, el hecho de que la contaminación del aire tenga más probabilidades de afectar a los pobres es una razón sustancial para que las autoridades gubernamentales tomen medidas y respeten su valor de "urbanismo social".

Pérdida de Competitividad Urbana

La fuerza de trabajo en todo el mundo se ha vuelto más global y más móvil. La habitabilidad de las ciudades afecta su competitividad, ya que las empresas solo establecen presencia corporativa en las ciudades donde les resulta más fácil contratar empleados calificados. La evidencia muestra que, en todo el mundo, la contaminación es un factor clave que dificulta la capacidad de las empresas y las empresas para atraer talento. Una encuesta realizada por la Cámara de Comercio Estadounidense en Hong Kong en 2012 encontró que un tercio de los empleadores tenían dificultades para reclutar candidatos en el extranjero debido a preocupaciones sobre la calidad del aire (Pak 2013).

Varias personas durante la visita al sitio expresaron su opinión de no querer permanecer en Medellín por un largo período de tiempo debido a la calidad del aire. Si bien no hay un costo monetario asociado a la pérdida de competitividad debido a la contaminación del aire, se cree que la pérdida en el crecimiento potencial, los ingresos y el desarrollo económico debido a las inversiones y las empresas serían significativos. También es probable que se pierda actividad económica si la contaminación conduce a una reducción en el turismo.

4. Escenario Proactivo y Recomendaciones

Nuestra investigación arrojó un tema común: a través de una cantidad de diferentes grupos y sectores, los individuos identificaron fácilmente las mismas fuentes que los principales contribuyentes al problema. Diversos grupos e individuos reconocieron ampliamente que las principales fuentes eran los camiones, camiones de volteo y motocicletas. La identificación de estas fuentes primarias de muchas maneras representó un "fruto fácil" para los esfuerzos de política pública, dada la aparente solución de simplemente hacer cumplir las leyes existentes o mejorar las regulaciones laxas. Si bien los desafíos subyacentes de la calidad del aire requerirán cambios políticos y sociales a largo plazo, hay varios pasos que los gobiernos municipales y regionales pueden tomar para abordar y reducir de inmediato los impactos directos de la contaminación por partículas.

Hay una serie de impactos económicos y de salud pública asociados con el aumento de la contaminación por partículas, incluido el aumento de las tasas de mortalidad y enfermedad, así como la pérdida de actividad económica. Con el tiempo, estos efectos se combinan. Como se describió y discutió, los esfuerzos actuales para mitigar estos efectos negativos constituyen un enfoque ineficaz que no aborda los problemas subyacentes. Dado que el problema es relativamente nuevo, estas medidas de emergencia pueden ser suficientes en el corto plazo. Sin embargo, si la ciudad y la región esperan evitar que el problema siga creciendo, deben tomar medidas más proactivas. Esto incluye dos componentes: intervenciones iniciales más agresivas a corto plazo, así como un plan a largo plazo para remodelar la forma en que los ciudadanos manejan la ciudad.

La lógica subyacente para las recomendaciones de políticas proactivas es unir los componentes a corto y largo plazo. Las recomendaciones de política son simples, pero a la vez lo suficientemente asertivas como para reducir inmediatamente la contaminación y al mismo tiempo formar la base para dar los primeros pasos hacia planes a más largo plazo. Con base en el borrador inicial de la actualización anticipada al Plan de Descontaminación, que AMVA emitió originalmente en 2009 para establecer los pasos que tomaría para abordar la degradación ambiental, hemos esbozado una serie de recomendaciones de política que constituyen un enfoque más proactivo para el gobierno.

Una versión del Plan considerada por los investigadores para este informe consideró 22 medidas.²⁶ Habiendo identificado al sector del transporte como el contribuyente más significativo al problema de contaminación atmosférica de Medellín, y en un esfuerzo por maximizar el uso de los mecanismos existentes, hemos seleccionado siete políticas intervenciones que deberían implementarse en función de la eficacia y la viabilidad de la recopilación de recomendaciones. A pesar de los costos asociados con estas medidas de intervención, superan con creces los costos de inacción (o los costos resultantes de permanecer en la ruta actual) que resultan de la contaminación del aire exacerbada en el futuro, y ayudan a fomentar una Medellín más sostenible, que pueda enfocarse en densidad, diversidad y movilidad.

Se espera que el Plan de Descontaminación previsto entre 2017 y 2030. El marco de tiempo se puede dividir en corto y corriente (2017-2018), mediano plazo (2018-2025) y largo plazo (2025- 2030). La respuesta más impactante a corto plazo es estandarizar las medidas de emergencia durante los días pico de contaminación del aire. Además de las medidas de emergencia, nuestras recomendaciones se basan en tres etapas que siguen el ciclo de vida de un vehículo, cada una con dos medidas de intervención:

1. Pre-uso: selección de vehículo y tecnología antes de la adaptación en la carretera;
2. En uso: cambios operacionales y de comportamiento mientras los vehículos están en la carretera;
3. Post-uso: retroadaptación o retiro de vehículos existentes y envejecidos.

Tabla 4: Etapas de la Intervención Política y Medidas de Política Relevantes

Etapas de Intervención	Medidas de Política
0. Medidas de emergencia	0. Institucionalizar medidas de emergencia

²⁶ Natalia A. Restrepo Vélez y Francisco Alejandro Correa Gil (Representantes de AMVA), en conversación con los autores. Marzo de 2017. A partir del lanzamiento de este informe el 3 de mayo de 2017, el Plan de Descontaminación previsto aún no se ha publicado.

1. Pre-Uso: Vehículo / Selección de Tecnología	1a. Regular motocicletas y vehículos de segunda mano 1b. Mejora la calidad del combustible
2. En uso: Cambios operacionales / de comportamiento	2a. Promover el cambio de comportamiento del conductor 2b. Promover el uso de bicicletas
3. Post-Uso: Reacondicionar vehículos existentes y sacar vehículos viejos de la carretera	3a. Poner límites a los vehículos pesados 3b. Implementar un programa de financiamiento de modificación de vehículos

Tabla 5: Descripción General

Impacto relativo anticipado: Verde = Alto Amarillo = Medio Azul = Bajo

<p>0. Institucionalizar medidas de emergencia</p>	<p>Junta Metropolitana; SIATA</p>	<p>Transición de la promulgación de medidas de emergencia, Pico y Placa, de discrecional a legal. Actualmente, las medidas se deciden por la deliberación consensuada de la Junta Metropolitana. La conexión firme de la calidad del aire con los resultados tangibles ayudará a internalizar los costos de contaminación para las personas y las organizaciones.</p>
<p>1a. Regular motocicletas y vehículos de segunda mano</p>	<p>Ciudad de Medellín; AMVA; Junta Metropolitana</p>	<p>Los mercados de motocicletas y vehículos de segunda mano están ligeramente regulados, pero contribuyen a una parte importante de la contaminación del aire y socavan otras medidas de política. El establecimiento de requisitos de registro llenará el vacío y permitirá a las autoridades rastrear y administrar más fácilmente la flota.</p>
<p>1b. Mejora la calidad del combustible</p>	<p>MADS, DNP, MME, Ecopetrol, AMVA²⁷</p>	<p>La ciudad de Medellín y otros municipios pertenecientes al Área Metropolitana del Valle de Aburrá deben seguir presionando a Ecopetrol para que se llegue a un acuerdo para mejorar la calidad del combustible en el Valle con un contenido de azufre de 10 ppm de los niveles actuales de 50 ppm.</p>
<p>2a. Promover el cambio de comportamiento del conductor</p>	<p>AMVA; Medellín Secretaría de Medio Ambiente</p>	<p>La ciudad de Medellín, a través de iniciativas diseñadas e implementadas por el Secretario de Medio Ambiente, debe educar a los conductores sobre prácticas de manejo más</p>

²⁷ Las autoridades regionales pueden imponer medidas más estrictas más allá de los estándares nacionales, pero requerirían la cooperación de Ecopetrol.

		eficientes, así como fomentar el uso compartido del automóvil.
2b. Promover el uso de bicicletas	AMVA (Secretario de Movilidad)	Los alcaldes individuales de cada una de las diez localidades deberían asignar fondos para implementar los planes en el POT. Además, los alcaldes y los gobiernos locales deben coordinar de manera efectiva con sus respectivas Herencia de Movilidad Humana (Patrimonio de la Movilidad Humana) para garantizar la finalización efectiva de los proyectos.
3a. Poner límites a los vehículos pesados	Medellín Secretaria de Movilidad	La alcaldía debería emitir un decreto que limite las horas que los vehículos pesados pueden conducir por la ciudad durante las horas no pico. El alcalde debe buscar el apoyo de la Junta Metropolitana para alentarlos a adoptar la misma política.
3b. Implementar un programa de financiamiento de modificación de vehículos	AMVA; Medellín; Empresas privadas de autobuses	La ciudad de Medellín debe asignar fondos a AMVA para implementar un programa de reacondicionamiento de vehículos (subsídios para convertidores catalíticos) para compañías privadas de autobuses y propietarios que operan en Medellín

Cada intervención de política se describe con más detalle a continuación. Si bien los costos exactos de la intervención son difíciles de calcular, hemos establecido costos relevantes siempre que sea posible. De lo contrario, enumeramos una serie de consideraciones que influyen en el cálculo de los posibles costos para cada intervención de política.

0. Institucionalizar Medidas de Emergencia

Cuando la calidad del aire ha alcanzado niveles peligrosos (naranja) a extremadamente insalubres (rojo a morado), según lo adoptado por la EPA de los EE. UU., Los diez alcaldes municipales tienen la discreción de promulgar ciertas medidas de emergencia. Estas medidas, viables una vez que la calidad del aire avanza a niveles superiores a 50 ppm para PM_{2,5}, se definen según los estándares establecidos en la Resolución 610 de 2010 (AMVA y Universidad Pontificia Bolivariana 2010).

La medida de emergencia primaria, conocida como Pico y Placa, limita el uso de vehículos según los números de las matrículas y ha sido una medida de política efectiva para reducir inmediatamente la contaminación por partículas suspendidas al reducir el número de vehículos en la carretera y facilitar hasta la congestión del tráfico. Si bien Pico y Placa puede ser una solución políticamente impopular y costosa, por la pérdida de negocios y otras actividades económicas, recomendamos que las medidas de emergencia pasen de la naturaleza discrecional de la implementación de Pico y Placa a una regulación legal estandarizada. AMVA debe crear una regulación que vincule eficazmente la calidad del aire de umbral de emergencia a la implementación automática de Pico y Placa. La implementación estandarizada de estas medidas comenzaría a ayudar a internalizar el costo de la inacción.

El Sistema de Alerta Temprana de Medellín y el Valle de Aburrá (SIATA) monitorea las condiciones del aire en tiempo real y proporciona los datos al público y a la junta de 10 alcaldes municipales. SIATA es un proyecto fundado por AMVA y el Alcalde de Medellín en 2011. Está financiado en parte por las empresas estatales EPM e ISAGEN (SIATA 2017). Según un representante de la Secretaría de Medio Ambiente de Medellín, si dos estaciones indican una alerta roja durante al menos 48 horas, entonces se declara, aunque los alcaldes deben acordar implementar medidas reales. Las posibles medidas obligatorias en el caso de una alerta roja se indican en las restricciones de AMVA sobre el "Plan operativo de episodios críticos de contaminación atmosférica" en determinados automóviles, motocicletas y camiones de volteo;

aumentar el servicio de transporte público; reforzar a los operarios en el camino para controlar las emisiones vehiculares; y prohíbe las fuentes fijas que emiten más de 100 mg / m³ de material particulado.

Medidas para reducir episodios de contaminación	
Acciones para Proteger a la Población (AMVA 2015)	
Bueno	No hay impactos anticipados para la salud cuando la calidad del aire está en este nivel
Moderar	Las personas especialmente sensibles deberían considerar reducir su exposición. Todos los demás pueden realizar actividades de forma normal.
Peligroso para grupos sensibles	Los grupos sensibles deben reducir la exposición prolongada al aire. Presta atención a la aparición de síntomas como dificultad para respirar.
Peligroso para la salud	Los grupos sensibles no deben tener una exposición prolongada al aire. Todos deberían reducir la cantidad de exposición física al aire.

Tabla 6: Sistema de Calificación de la Calidad del Aire de AMVA

<p>Extremadamente peligroso para la salud</p>	<p>Los grupos sensibles deben evitar cualquier exposición al aire. Deben pasar a actividades de interior hasta que mejore el aire. Todos deben evitar la exposición prolongada al aire.</p>
---	---

Tabla 7: Visión General de las Medidas de Emergencia

<p>Intervención Política</p>	<p>Medidas de Emergencia</p>
<p>Gobernanza (Quién)</p>	<p>Junta Metropolitana, SIATA (SIATA proporciona datos de calidad del aire en tiempo real a la Junta Metropolitana, que luego deliberan y deciden sobre la promulgación de medidas de emergencia basadas en protocolos establecidos anteriormente).</p>
<p>Mecanismo (cómo)</p>	<p>Junta Metropolitana como colectivo desarrollaría y se adheriría a un nuevo protocolo por el cual los umbrales de calidad del aire estarían vinculados a la promulgación automática de ciertas medidas de emergencia dependiendo de la gravedad. La red de académicos y grupos de expertos ambientales que administran SIATA mantendría la calidad del aire umbral y los niveles de actividad y amenaza asociados de acuerdo con los estándares desarrollados a nivel nacional e internacional.</p>
<p>Nivel de Elevación Política</p>	<p>Medio; Principalmente enfocado en el sector del transporte; debe considerar las emisiones de la industria también. El efecto de medidas más estrictas en las empresas debe estudiarse mejor.</p>

<p>Costo</p>	<p>Esta medida se incluyó en el escenario proactivo estrictamente como una solución a corto plazo a situaciones en las que las concentraciones de materia particulada son extremadamente altas (alerta roja y púrpura). Si bien los costos para la sociedad son aparentemente altos en términos de pérdida de autonomía y otros costos de ajuste, se estima que el costo de no institucionalizar esta medida de manera estricta es mayor. Esto se debe a que la exposición a concentraciones de PM tan altas tiene efectos perjudiciales para la salud que pueden ser crónicos o fatales y que se combinan con el tiempo. Creemos que es económicamente beneficioso incurrir en costos logísticos a corto plazo que los costos de salud recurrentes en un plazo más largo. Además, se predice que a medida que la medida se institucionalice y acepte más, los ajustes de comportamiento de los individuos reducirían significativamente la productividad y los costos de ajuste.²⁸</p>
<p>Impacto relativo</p>	<p>Alto (corto plazo)</p>

1a. Regule Motocicletas y Vehículos de Segunda Mano

En Medellín, el número de vehículos en la ruta ha crecido dramáticamente en la última década. El número de vehículos de pasajeros creció en un 3,1 por ciento entre 2014 y 2015, o de 1.234.946 automóviles a 1.273.223 (Roldán 2017). Esto incluye un crecimiento de 4,1 por ciento en el número de autos y un crecimiento de 2,1 por ciento en las motocicletas. Si bien la propiedad y el uso de las motocicletas se han asociado con la movilidad socioeconómica, y esta medida de intervención puede contrarrestarse, el crecimiento a largo plazo del número total de automóviles y motocicletas de segunda mano resolverá el problema subyacente de las emisiones de los vehículos.

²⁸ El gobierno también debe tener en cuenta que esta medida de política si se emplea aisladamente puede tener un efecto negativo. Sin esfuerzos simultáneos para inducir cambios de conducta, regular motocicletas y vehículos de segunda mano y promover modos alternativos de transporte, los ciudadanos pueden encontrar más fácil comprar más vehículos privados para evitar la medida de Pico y Placa. Es por esta razón que las intervenciones de política recomendadas esbozadas en el escenario proactivo no pueden adoptarse de manera singular, sino que deben implementarse como un paquete.

Si bien existen normas para el registro de vehículos automóviles, no existen requisitos de registro para motocicletas. Esto ha hecho que obtener una motocicleta sea una solución fácil que socave la efectividad de Pico y Placa y otros esfuerzos de políticas existentes. Las motocicletas más viejas tienden a usar motores de dos tiempos en comparación con motores de cuatro tiempos con menos emisión (y más caros) (Faiz et al 1996). La implementación agresiva de normas Euro 4 y superiores y el requisito de motores de cuatro tiempos para todas las motocicletas nuevas vendidas en Medellín mejorarían significativamente el rendimiento de las emisiones de vehículos e infraestructura en uso (Chambliss y Bandivadekar 2014). Además, el mercado para el uso de vehículos de segunda mano está ligeramente regulado. Si bien existen importantes problemas de capacidad para la regulación y el cumplimiento, comenzar a establecer regulaciones sobre motocicletas y el registro de vehículos de segunda mano es un paso fácil hacia la mitigación de una importante fuente de contaminación del aire.

El costo de implementación es moderadamente alto, especialmente para garantizar el monitoreo y cumplimiento adecuados, y tener en cuenta los costos socioeconómicos. El ICCT estima que para un vehículo ligero de gasolina de 4 cilindros con cilindrada de 1,5L, los costos incrementales de cumplir con los estándares europeos de Euro 3 a Euro 4 son de \$25 (Sánchez et al 2012). El aumento del costo de Euro 4 a Euro 5 es de \$10 y \$0 de Euro 5 a 6. Esto se debe a que los niveles de emisión solo exigían una reducción del 25 por ciento de óxido de nitrógeno (NOx) para Euro 5 y ningún cambio para Euro 6.

Tabla 8: Restricciones en la Selección de Vehículos

Intervención	Restricciones de Selección de Vehículos
Política	Gobernanza
Gobernanza (Quién)	AMVA, Junta Metropolitana, Ciudad de Medellín

<p>Mecanismo (cómo)</p>	<p>La Alcaldía de la ciudad de Medellín debe requerir AMVA y trabajar con la Junta Metropolitana para comenzar a establecer requisitos de registro para vehículos de segunda mano y motocicletas.</p>
<p>Nivel de Elevación Política</p>	<p>Medio / alto: se espera un gran retroceso del sector del automóvil Anticipar la tensión de la movilidad socioeconómica</p>

<p>Costo</p>	<p>Los costos asociados con la regulación de la venta de motocicletas y vehículos de segunda mano son altos debido a la pérdida del excedente del consumidor que resulta en la pérdida de peso muerto. Los costos adicionales incluirían el precio de los motores más nuevos, así como el costo de obsolescencia de las piezas de vehículos más antiguos. Sin embargo, si tenemos en cuenta los costos evitados del valor real de mercado de estos vehículos, los costos de salud evitados que resultan en un aumento de las emisiones y la contaminación así como los costos evitados debido a accidentes de tránsito (a causa de las reglas de registro mejoradas) creemos que los beneficios superarían costos.</p> <p>De todas las personas que el equipo entrevistó mientras estaban en Colombia, casi todos los entrevistados expresaron su preocupación por las reglas poco estrictas que rigen el mercado de motocicletas en Medellín. La investigación también mostró que el aumento en las concentraciones de MP se correlaciona con el aumento similar en el número de motocicletas. Por esta razón, el equipo cree que contar con estrictas reglas de registro además de ser un enfoque de política altamente impactante para mejorar la calidad del aire, sería positivamente recibido por la ciudadanía más grande como una postura proactiva más visible por parte del gobierno contra la contaminación del aire especialmente en los marcos de tiempo de mediano y largo plazo.²⁹</p> <p>También se anticipa que esta intervención de política tendría efectos indirectos positivos en términos de cambios de comportamiento con los ciudadanos aumentando su propensión a utilizar modos de transporte alternativos y más sostenibles ambientalmente.</p>
---------------------	---

²⁹ El equipo anticipa retrocesos en el corto plazo de ciertas secciones de la sociedad

Impacto Relativo	Alto (corto, mediano y largo plazo)
-------------------------	-------------------------------------

1b. Mejora la Calidad del Combustible

Si bien la mejora de la calidad del combustible es un enorme impulso político y económico, tanto a nivel nacional como municipal, es el siguiente paso central hacia una solución a más largo plazo para frenar las emisiones de los vehículos.

La calidad del combustible está regulada principalmente a nivel nacional. La Ley de Calidad del Combustible (Ley 1205) fue aprobada en 2008 e introdujo nuevos estándares para niveles bajos de azufre (máximo 50 ppm) en combustible durante 5 años. A partir del 1 de enero de 2013, Ecopetrol se comprometió a distribuir combustible diesel en Colombia por debajo de 50 ppm de azufre. De hecho, a lo largo de aproximadamente 10 años, el estándar federal de combustible se redujo en un 96 por ciento de 1.200 ppm. La Ley siguió un pacto voluntario con Ecopetrol para instalar un nuevo proceso de refinación.

Los gobiernos municipales pueden imponer medidas más estrictas más allá de los estándares nacionales. Como tal, el gobierno regional (Alcalde y AMVA) puede buscar un acuerdo voluntario con Ecopetrol y, de hecho, dicho acuerdo fue importante para llevar la calidad del combustible entregado al Valle de Aburrá a los niveles actuales.

La capacidad de refinación de petróleo, incluidas las dos principales refinaciones de petróleo, Barrancabermeja y Cartagena, está gestionada por Ecopetrol. Aunque Colombia es un exportador neto de petróleo, tan reciente como 2015, el petróleo refinado de los Estados Unidos siguió siendo la importación número uno de Colombia (World Integrated Trade Solution 2017).

La Junta de alcaldes del municipio está trabajando actualmente con AMVA para llegar a un acuerdo con Ecopetrol para permitir una revisión de la calidad actual del combustible. Esta revisión proporcionará una línea de base y ayudará a determinar los próximos pasos, como la integración de combustible de mayor calidad. Recomendamos que AMVA, en particular la Secretaría de Movilidad, realice un estudio que evalúe la calidad del combustible en la ciudad.

Tabla 9: Descripción de la Mejora de la Calidad del Combustible

<p>Intervención Política</p>	<p>Mejora la Calidad del Combustible</p>
<p>Gobernanza (Quién)</p>	<p>Los ministerios nacionales (MADS, MVCT, DNP) ratifican nuevas normas en cooperación con las autoridades regionales (AMVA) y el proveedor de combustible, Ecopetrol. AMVA y el Alcalde de Medellín también pueden llegar a un acuerdo directamente con Ecopetrol.</p>
<p>Mecanismo (cómo)</p>	<p>Luego de la factibilidad y el análisis de costos, el gobierno llega a un acuerdo con Ecopetrol mediante el cual la empresa moderniza sus refinerías para reducir el contenido de azufre del combustible. Las autoridades regionales pueden llegar a acuerdos específicos con Ecopetrol de acuerdo con sus propias necesidades y cronogramas específicos a fin de entregar combustible de una calidad superior a la requerida por las normas nacionales. En este caso, AMVA y el Alcalde de Medellín deberían iniciar una revisión de la calidad actual del combustible en el Valle de Aburrá y continuar sus esfuerzos para presionar a Ecopetrol para obtener combustible de mayor calidad.</p>

<p>Nivel de Elevación Política</p>	<p>Alto; La actualización de los estándares de calidad del combustible permitirá que se instalen nuevos convertidores catalíticos en los vehículos que usan el combustible, lo que conduce a reducciones significativas en las emisiones de los vehículos.</p>
<p>Costo</p>	<p>Los costos de modernización de las refinerías y los costos de los convertidores catalíticos que se instalarán en los vehículos son altos. Los costos relacionados con las negociaciones y las compensaciones también podrían incluirse en esto. Sin embargo, esta política daría lugar a considerables beneficios derivados de mejoras significativas en la calidad del aire. Cuando se adopta una perspectiva a más largo plazo, el equipo cree que esta medida de política resultaría en beneficios que compensan los costos. El equipo cree que para que los costos iniciales sean más factibles, el gobierno podría llevar a cabo la modernización en fases.</p>
<p>Impacto Relativo</p>	<p>Alto (mediano a largo plazo)</p>

2a. Promover el Cambio de Comportamiento del Conductor

Esta recomendación busca apalancar el sistema de transporte existente en Medellín y alentar a los consumidores a cambiar sus modos de transporte. Intentar cambiar el comportamiento cultural será un esfuerzo gradual, pero los beneficios de la educación en la promoción de prácticas ambientales en mecánica diesel básica, buenas prácticas de manejo, mantenimiento preventivo, regulaciones de tráfico, y promoción de legislación ambiental serán múltiples. Lo que los ciudadanos llaman "Cultura Metro" o Metro Culture es una gran fuente de orgullo para los residentes de Medellín. Para muchos, la funcionalidad, la arquitectura y la limpieza del sistema representan esperanza y cambio para una

ciudad que busca estar entre las ciudades latinoamericanas más avanzadas tecnológicamente. Metro, que incluye Metroplus y teleféricos afiliados, es operado por la ciudad en casi la misma colaboración con el estado de Antioquia.

Los gobiernos municipales y regionales deberían instituir y promover programas que fomenten el uso de modos alternativos de transporte público y una mayor eficiencia en el uso del vehículo: compartir el automóvil y mejores hábitos de manejo. A los conductores se les debe proporcionar educación y capacitación de conductores para promover las mejores prácticas en la gestión de flotas y medidas más ecológicas para optimizar la eficiencia del combustible; por ejemplo, aceleración y desaceleración más lenta, anticipación del flujo de tráfico y mantenimiento de la presión adecuada de los neumáticos.

Actualmente, la Secretaría de Medio Ambiente supervisa el proceso de educación pública en relación con la calidad del aire, pero está dirigido específicamente a los escolares (que aún no son conductores). Este proceso educativo debe ampliarse para incluir a los operadores y gerentes de vehículos existentes, nuevos y futuros. Con una mayor financiación y asociación privada, pueden ampliar el programa educativo a conductores de todas las edades.

Tabla 10: Descripción General del Comportamiento del Consumidor y del Conductor del Cambio

Intervención Política	Promover para cambiar el comportamiento del consumidor y el conductor a través de la educación del conductor y la sensibilización
Gobernanza (Quién)	AMVA, Secretaría del Medio Ambiente de Medellín
Mecanismo (cómo)	La Secretaría del Medio Ambiente de Medellín debe ampliar sus esfuerzos educativos existentes para agregar programas de educación de operadores y gerentes de vehículos antes y después de la compra del vehículo. Deben ampliar sus esfuerzos en las redes sociales para promover Cultura Metro.

<p>Nivel de Elevación Política</p>	<p>Medio; Cambiar el comportamiento de los ciudadanos es un proyecto a largo plazo que requiere esfuerzos sostenidos de las entidades responsables.</p>
<p>Costo</p>	<p>Los costos relacionados con actividades dirigidas a cambiar el comportamiento del consumidor son bajos. Estos incluyen publicidad, eventos sociales, cambios curriculares, etc. Estos esfuerzos deben ser consistentes y recurrentes a corto y mediano plazo y también incluir el costo de oportunidad de tiempo y dinero. Sin embargo, tales iniciativas son imperativas, ya que representan un enfoque ascendente que, de hecho, reduciría los costos de las intervenciones políticas de arriba hacia abajo en el largo plazo.</p>
<p>Impacto Relativo</p>	<p>Medio</p>

2b. Promueva el Paseo en Bicicleta

El Departamento de Planificación de Medellín incorpora medidas de movilidad en su plan maestro (POT) y actualmente es responsable de la infraestructura de la ciudad.³⁰ Ya han llamado para aumentar la cobertura de la infraestructura para bicicletas de 31kms a 80kms. Deben seguir promoviendo la infraestructura de bicicletas: construir carriles para bicicletas protegidos, hacer las señales de tráfico y las reglas apropiadas, instalar señalizaciones claras y consistentes, etc.

Tabla 11: Promover el Perfil de Ciclista

³⁰ El Plan de Movilidad Segura de Medellín 2014-2020. El Plan de movilidad segura tiene como objetivo lograr lo siguiente: "1. Gestión y fortalecimiento de la coordinación interinstitucional. 2. Comportamientos, hábitos y conductas de seguridad para los usuarios de la carretera. 3. Control y supervisión de vehículos y equipos de seguridad, para usuarios de la carretera. 4. Planificación, construcción y mantenimiento de la infraestructura de seguridad vial para los usuarios de la carretera. 5. Atención oportuna y profesional a las partes lesionadas durante y después de los incidentes de tránsito." (Secretaría de Movilidad de Medellín - Alcaldía de Medellín 2014)

Intervención Política	Promueva el Paseo en Bicicleta
Gobernanza (Quién)	El Departamento de Planificación de Medellín incorpora cambios de infraestructura de amplio nivel en su plan maestro. El departamento de planificación de la ciudad luego decide sobre las especificaciones del proyecto, es decir, la ubicación, longitud, etc. de los carriles para bicicletas y la Herencia de Movilidad Humana (Patrimonio de la Movilidad Humana) para cada una de las diez localidades está a cargo de la implementación.
Mecanismo (cómo)	A través del Departamento de Planificación, cada localidad necesita asignar fondos para aumentar la infraestructura de bicicletas y garantizar la implementación oportuna de los proyectos.
Nivel de Elevación Política	Medio bajo; Suponiendo que las metas y objetivos del POT se crearon sobre la disponibilidad de fondos y la factibilidad, el financiamiento a mediano plazo debería estar disponible, si no a corto plazo.
Costo	Los costos relacionados con la promoción del uso de bicicletas se limitarían principalmente a los costos de infraestructura y el costo de los bienes raíces o la tierra. Estos incluirían la instalación de carriles para bicicletas y estacionamientos, la expansión del sistema de bicicletas compartidas, la actualización de señales y señalización y el costo de las operaciones. Si bien los beneficios no mejorarían significativamente los niveles de contaminación, esta intervención sería altamente beneficiosa en términos de proporcionar una alternativa rentable a los vehículos que consumen combustible privado. Es importante tener las bicicletas como una opción alternativa de transporte dentro del paquete de escenarios proactivo para asegurar un ajuste más fácil y generar conciencia.
Impacto Relativo	Medio

3a. Límites de Lugar en Vehículos Pesados

Los vehículos pesados (HDV), que incluyen camiones y autobuses, son los mayores contribuyentes de PM_{2,5} en el Valle de Aburrá. Para mejorar los estándares de calidad del aire en la región, debe haber medidas que aborden esta categoría de vehículos. El desafío, sin embargo, es doble: 1) la mayoría de la flota de camiones está desactualizada y requeriría un capital significativo para reemplazar, y 2) muchos de los camiones no están registrados localmente y están pasando por el valle para llegar a la costa o al centro de el país.

Dado el alto costo del retiro de vehículos y la incapacidad de los gobiernos locales o provinciales de crear restricciones para vehículos registrados en otras jurisdicciones, hemos identificado que una solución factible e impactante sería reducir las emisiones de los vehículos pesados sería establecer límites. en cuanto a cuándo los camiones podrían entrar a la ciudad. La ciudad, bajo la dirección del Secretario de Movilidad, por ejemplo, debe establecer regulaciones que impidan que los camiones ingresen o conduzcan dentro de los límites de la ciudad durante las horas de trayecto, generalmente de 7 a 9 a.m. y de 5 a 7 p.m.

Tabla 12: Restricciones de las Restricciones de los Vehículos Pesados (VP)

Intervención Política	Restricciones de Vehículos Pesados
Gobernanza (Quién)	La eficiencia y el reencaminamiento involucrarían al Secretario de Movilidad en el diseño de rutas y para la aplicación de estándares de eficiencia.

Mecanismo (cómo)	La alcaldía debería emitir un decreto que limite las horas en que los vehículos pesados solo pueden conducir por la ciudad durante las horas no pico. Solicite el apoyo de la Junta Metropolitana para que eventualmente adopten la misma política.
Nivel de Elevación Política	Altura media; Altura media; Los camiones representan un interés laboral significativo y han demostrado una fuerte resistencia a la regulación relacionada con la calidad del aire. Sin embargo, existen regulaciones similares vigentes durante los días de alerta roja, y esta sería una extensión natural de una política existente.
Costo	El costo relacionado con la regulación de vehículos pesados implicaría costos de oportunidad económica y costos de eficiencia. Sin embargo, se predice que estos costos disminuirán con el tiempo debido al cambio en los métodos de operación y los ajustes asociados. El equipo cree que tener estas restricciones de tiempo en VP y camiones reduciría los niveles de contaminación durante las horas punta debido a la disminución de las emisiones de los camiones, así como a la disminución de las emisiones por la reducción en la congestión de las horas punta.
Impacto Relativo	Alto

3b. Implementar Programa de Financiamiento de Reequipamiento de Vehículos

Una forma de interrumpir el ciclo de vida de los mismos vehículos viejos que permanecen en uso es garantizar que los vehículos viejos y sucios, especialmente los autobuses, sean retirados de la carretera

o mejorados para cumplir con los estándares de emisiones más estrictos.

Como tal, recomendamos que la Ciudad de Medellín y su alcalde asignen fondos a AMVA en la forma de subsidios para convertidores catalíticos para autobuses, uno de los principales contaminadores de la Ciudad. El programa del fondo incentivaría a las compañías privadas de autobuses o a los propietarios a modernizar sus autobuses para que sean más eficientes desde el punto de vista energético. Sin embargo, para maximizar su impacto, debe haber una acción colectiva de tránsito en toda la jurisdicción de AMVA, más allá de la ciudad de Medellín.

La remodelación requiere un fuerte impulso político en términos de cumplimiento. Exigir la plena participación del sector privado tomará medidas impopulares y duras. Sin embargo, una vez que las políticas estén en su lugar, se espera que disminuya el impulso político.

Tabla 13: Descripción General del Programa de Financiación de Reequipamiento de Vehículos

Intervención Política	Programa de Financiación de Reacondicionamiento de Vehículos
	Gobernanza
Gobernanza (Quién)	Ciudad de Medellín, AMVA, compañías privadas de autobuses que operan en Medellín ³¹
Mecanismo (cómo)	La Ciudad debe asignar fondos a AMVA para emplear un programa de financiación de modernización, especialmente en forma de subsidios para instalar un convertidor catalítico para autobuses.
Nivel de Elevación Política	Alto; La aceptación inicial de las partes relevantes requerirá un fuerte impulso político. El programa de retroadaptación debe ser lo suficientemente robusto y atractivo como para obtener la participación de

³¹ A pesar de que los autobuses deben actualizarse a al menos Euro 4, las acciones actuales requieren que cada compañía de autobuses solo presente un plan. (Oviedo, Jorge Toro y Giraldo, Sergio Posada. (Consultores de Transporte Público de Medellín), en discusión con los autores, marzo de 2017)

	compañías privadas de autobuses. (Kassel y Bailey 2005)
Costo	El costo de la retroadaptación de vehículos es significativo, considerando la cantidad de vehículos actualmente con motores más viejos. Sin embargo, si bien el costo económico de subsidiar a los convertidores catalíticos sería elevado, los beneficios derivados de la reducción de los niveles de contaminación serían significativos e inmediatos.
Impacto Relativo	Alto

5. Conclusión

Tabla 14: Alternativas de Ruta de Política: Calidad del Aire de Medellín

<i>Trayectoria de Corriente</i>	<i>Escenario Proactivo</i>
Las entidades gubernamentales responsables de la ciudad de Medellín y el Valle de Aburrá cuentan con programas que brindan una respuesta reactiva a los picos en la contaminación del aire en partículas. También hay planes para implementar programas que aborden los problemas más fundamentales que socavan la calidad del aire. Sin embargo, cuando se compara con el nivel anticipado de contaminación atmosférica futura, esta combinación de políticas actuales y planificadas constituye una trayectoria comparativa que no logrará incluso mejoras modestas a largo plazo. La siguiente es una lista no exhaustiva de las políticas actuales y planificadas.	A fin de abordar los problemas fundamentales del problema de la calidad del aire, existe una serie de medidas de política factibles que alterarán la trayectoria comparativa y permitirán reducciones a largo plazo en la contaminación del aire en partículas. Si bien hay una serie de costos asociados con cada uno, este conjunto de recomendaciones servirá como la base de la política que proporcionará beneficios futuros que superan los costos inmediatos.

<p>Corriente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pico y Placa • Autobuses de tránsito rápido (BRT) • Estándares de combustible • Día sin coches 	<p>Planificado:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Plan de Descontaminación • Estudio de impacto en la calidad de la salud pública y la salud • Transporte Publico De Medellín (TPM) • promoción de vehículos eléctricos 	<p>Políticas proactivas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Institucionalizar medidas de emergencia • Mejorar la calidad del combustible • Regular motocicletas y vehículos de segunda mano • Promover el uso de bicicletas y los cambios en comportamiento de conmutación • Limitar vehículos pesados
<p>Costos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mortalidad: rango de referencia de muertes anuales: o CEA del Banco Mundial: 785 muertes por año o AMVA: 1.380 muertes por año o Académico: 3.000 muertes por año • Pérdida de competitividad urbana: rangos de referencia de pérdida de PIB basados en VSL o CEA del Banco Mundial: -1,8 por ciento a -6,0 por ciento o AMVA: -3,2 por ciento a -10,5 por ciento o Académico: -7,0 por ciento a -22,8 por ciento 		<p>Beneficios:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tasa de mortalidad reducida • Tasa de morbilidad reducida (enfermedad relacionada con el aire) • Disminución de los costos de salud pública • Aumento de la productividad económica per cápita • Aumento del PIB relativo a largo plazo en toda la ciudad • Aumento de la competitividad urbana

Dado el calendario, AMVA y la ciudad de Medellín deberían priorizar las medidas de intervención dirigidas al sector del transporte en función de su viabilidad y efectividad. El análisis de costos indica que tomar medidas estrictas ahora para reducir las emisiones nocivas, especialmente del sector del transporte, será más rentable para combatir la crisis de la calidad del aire. El equipo también recomienda que Medellín recopile y ponga a disposición del público datos confiables de salud,

socioeconómicos y de emisiones. Esto permitirá un análisis de costos más preciso.

Este proyecto de investigación fue la primera asociación entre La Ciudad Verde y el programa SIPA Capstone. A pesar de un marco de tiempo compacto y una breve ventana para realizar investigaciones sobre el terreno en Medellín, el proyecto logró una serie de objetivos establecidos desde el inicio. El proyecto estableció una base desde la cual se pueden desarrollar investigaciones futuras y perspectivas políticas adicionales. Desde una perspectiva de investigación, el proyecto buscó articular el panorama político subyacente a los desafíos de la calidad del aire en varios niveles desde la perspectiva micro hasta macro y desde los diferentes niveles de gobernabilidad desde la ciudad de Medellín hasta la burocracia federal general. La historia histórica de la ciudad, el complejo entramado de organizaciones gubernamentales involucradas en la regulación ambiental, y los datos ambiguos y la investigación en torno a puntos fundamentales relacionados con la calidad del aire y la salud pública requirieron un análisis exhaustivo y matizado. Si bien el diagnóstico descrito en este informe no es exhaustivo, sí proporciona una base completa desde la cual se pueden extraer más perspectivas de las políticas.

Además del panorama de las políticas, el informe verificó el alcance del problema identificando las principales fuentes de contaminación del aire en partículas dentro de la industria del transporte. Si bien la investigación existente sugirió el papel prominente que ciertos sectores, actores y modos particulares de transporte han jugado para perpetuar la crisis, el informe ayudó a verificar la procedencia. Dada la naturaleza difusa de las fuentes que contribuyen al problema de la calidad del aire y la falta de consenso dentro del ámbito de las políticas, el objetivo de este informe fue aclarar y reforzar el argumento para centrarse principalmente en el sector del transporte. El diagnóstico del informe que correlaciona ciertos tipos de actividad vehicular con contribuciones desmesuradas en la contaminación particulada brinda confianza adicional para que los formuladores de políticas y analistas desarrollen medidas específicas.

Resolver la crisis de la calidad del aire es un desafío desalentador. Sin embargo, como ha demostrado la ciudad, tiene una inclinación para desarrollar soluciones innovadoras a los problemas, una estructura de gobierno que, a pesar de todos sus males, ha logrado posicionar a Medellín como un líder económico y social en la región, y una población que es profundamente investido en su futuro bienestar. El último punto es quizás el más importante. Las opciones de política pública necesarias para combatir el problema de la calidad del aire serán profundamente impopulares y generarán costos económicos a corto plazo. Solo un electorado comprometido y bien informado que comprenda las ramificaciones a largo plazo del asunto podrá responsabilizar a los funcionarios públicos de las decisiones que determinarán el futuro.

Posibles Pasos Siguietes

El informe ayudó a establecer una base para la investigación futura y existe una serie de posibles próximos pasos para aclarar o responder a las lagunas para apoyar de manera más efectiva el caso para la participación proactiva del gobierno.

Hay una serie de preguntas de investigación persistentes que involucran impactos económicos y de salud. Varias lagunas de investigación de seguimiento se refieren al impacto en la salud pública de la reducción de la calidad del aire. Esto incluye el análisis de los datos de salud, incluida la mortalidad, la morbilidad y las hospitalizaciones en el contexto de las fluctuaciones de la contaminación del aire. Desde un punto de vista económico, las actuales medidas de mitigación de la contaminación, en particular Pico y Placa, garantizan un nivel de análisis para determinar la efectividad de la falta de ellas.

Para las políticas descritas en el informe, una asociación continua entre La Ciudad Verde y el programa SIPA Capstone podría proporcionar un valor significativo para la política investigando en profundidad el costo y los beneficios específicos de la implementación. Esto incluye evaluar los datos

de emisiones de la cantidad de sectores y fuentes diferentes y analizar el efecto que las políticas actuales tienen en el comportamiento del consumidor.

Bibliografía

- Alsema, Adriaan. "Homicides down in Bogota and Cali, up in Medellín." *Colombia Reports*, January 3, 2017. <http://colombiareports.com/homicides-bogota-cali-medellin/>.
- AMVA. "Experiencia Del Area Metropolitana Del Valle de Aburrá: 'Hacia La Integracion Regional Sostenible.'" December 2016. <https://www.slideshare.net/ProBogota/presentacin-area-metropolitana>.
- . "Información-Entidad." Area Metropolitana Valle de Aburrá. Accessed April 14, 2017. <http://www.metropol.gov.co/institucional/Infograficos/Informaci%C3%B3n-entidad.pdf>.
- . "Plan de Descontaminación - Medidas En Curso." *Metropol*, 2009. <http://www.metropol.gov.co/CalidadAire/Paginas/plandescontaminacion3.aspx>.
- . "Presentacion Del Plan Operacional de Episodios Criticos de Contaminacion Atmosferica - POECA," December 2015. http://www.metropol.gov.co/aire/Presentacion_Aire.pdf.
- . "Quienes Somos." *AMVA*. Accessed April 3, 2017. <http://www.metropol.gov.co/institucional/Paginas/Presentacion.aspx>.
- . "Simulaciones Especiales. Tarea 2: Lineamientos Técnicos Para El Plan de Descontaminación Del Aire En La Región Metropolitana Del Valle de Aburrá." AMVA & Universidad Pontificia Bolivariana, November 2010. <http://www.metropol.gov.co/CalidadAire/lsdocPlandedescontaminacion/pdva.pdf>.
- AMVA, and Consorcio de Movilidad Regional. "Plan Maestro de Movilidad Para La Región Metropolitana Del Valle de Aburrá," December 2009. <http://www.metropol.gov.co/Movilidad/Documents/Plan%20Maestro%20de%20Movilidad.pdf>.
- AMVA, and Universidad Pontificia Bolivariana. "Inventario de Emisiones Atmosféricas Del Valle de Aburrá, Año Base 2013." AMVA, December 2015.
- Banco Mundial. Solución Mundial de Comercio Integrado (WITS). Accedido el 3 de abril de 2017. <https://wits.worldbank.org/CountrySnapshot/es/COL/textview>
- Bedoya, Julian, and Elkin Martínez. "Calidad Del Aire En El Valle De Aburrá Antioquia, Colombia." *DYNA* 76, no. 158 (April 1, 2009): 7–15.
- Blazhevskaja, Vesna. "6.76 Billion People Living with Excessive Air Pollution." *United Nations Sustainable Development*, September 27, 2016. <http://www.un.org/sustainabledevelopment/blog/2016/09/vast-majority-of-world-6-76-billion-people-living-with-excessive-air-pollution-un-report/>.
- Boardman, Anthony, David Greenberg, Aidan Vingin, and David Weimer. *Cost Benefit Analysis: Concepts*

and Practice. 4th ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2011.

Cantillo, Victor, and Juan de Dios Ortúzar. "Restricting the Use of Cars by License Plate Numbers: A Misguided Urban Transport Policy." *DYNA* 81, no. 188 (November 1, 2014): 75–82.

Chambliss, Sarah, and Anup Bandivadekar. "Opportunities to Reduce Vehicle Emissions in Jakarta." Briefing. International Council on Clean Transportation, December 10, 2014. <http://www.theicct.org/opportunities-reduce-vehicle-emissions-jakarta>.

Contraloría General De Antioquia. "Informe Estado de Los Recursos Naturales Y Del Ambient," October 13, 2016. <http://www.cga.gov.co/ProcesosMisionales/AuditoriaIntegral/Paginas/Informe-de-los-Recursos-Naturales-y-del-Ambiente.aspx>.

Correa, Víctor Andrés Álvarez. "Por Cada 3 Habitantes Hay Un Vehículo Rodando En Medellín." *El Colombiano*, December 6, 2015. <http://www.elcolombiano.com/antioquia/movilidad/en-medellin-transita-un-carro-por-cada-tres-habitantes-EB3232363>.

DANE. "Censo oficial DANE 2005 por principales áreas metropolitanas." DANE, 2007. http://www.dane.gov.co/files/censo2005/resultados_am_municipios.pdf.

DANE-ETUP. "Transporte Urbano De Pasajeros-ETUP: III Trimestre De 2016." Government of Colombia, December 12, 2016. https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/transporte/bol_transp_IIItrim16.pd.

Dennis, Claire. "El Niño in Colombia: What's Happening and What Will Happen." *Colombia Reports*, October 13, 2015. <http://colombiareports.com/el-nino-in-colombia-whats-happening-and-what-will-happen/>.

El Congreso de Colombia. Ley 99 de 1993 (1993). <http://www.humboldt.org.co/images/documentos/pdf/Normativo/1993-12-22-ley-99-crea-el-sina-y-mma.pdf>.

European Commission. "Road Vehicles." *European Commission*. Accessed April 17, 2017. <http://ec.europa.eu/environment/air/transport/road.htm>.

Faiz, Asif, Christopher S. Weaver, and Michael P. Walsh. "Air Pollution from Motor Vehicles : Standards and Technologies for Controlling Emissions." The World Bank, November 30, 1996. <http://documents.worldbank.org/curated/en/606461468739185298/Air-pollution-from-motor-vehicles-standards-and-technologies-for-controlling-emissions>.

Gaviria, Carlos, and Daniel Martínez. "Air Pollution and the Willingness to Pay of Exposed Individuals in Downtown Medellín, Colombia." *Lecturas de Economía*, no. 80 (June 2014): 153–82.

Global BRT Data. "Medellín - System Indicators." *Global BRT Data*. Accessed April 16, 2017. http://www.brtdata.org/location/latin_america/colombia/medellin/.

Golub, Elena, Gerardo Sanchez-Martinez, Irina Klytchnikova, Centro Mario Molina, and Juan Carlos Belausteguigoitia. "Environmental Health Costs in Colombia: The Changes from 2002 to 2010." The World Bank, June 1, 2014. <http://documents.worldbank.org/curated/en/657631468047104545/Environmental-health-costs-in->

Colombia-the-changes-from-2002-to-2010.

Gomez, Lady. "Colombia Biofuels Annual Report 2016." GAIN Report, August 12, 2016. https://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Biofuels%20Annual_Bogota_Colombia_8-12-2016.pdf.

Información del Pico y Placa en Colombia. "Información Del Pico Y Placa En Medellín." *Información Del Pico Y Placa En Colombia*, February 6, 2017. <http://www.picoyplaca.info/index.php/medellin>.

Institute for Transportation and Development Policy. "Medellín: A Leader in Sustainable Transport," April 3, 2012. <https://www.itdp.org/medellin-a-leader-in-sustainable-transport/>.

Karagulian, Federico, Claudio A. Belis, Carlos Francisco C. Dora, Annette M. Prüss-Ustün, Sophie Bonjour, Heather Adair-Rohani, and Markus Amann. "Contributions to Cities' Ambient Particulate Matter (PM): A Systematic Review of Local Source Contributions at Global Level." *Atmospheric Environment* 120 (November 2015): 475–83. doi:10.1016/j.atmosenv.2015.08.087.

Kassel, Rich, and Joseph Annotti. "Dumping Dirty Diesels in Latin America: Reducing Black Carbon and Air Pollution from Diesel Engines in Latin American Countries." National Resources Defense Council, November 2014. <https://www.nrdc.org/sites/default/files/latin-america-diesel-pollution-report.pdf>.

Kassel, Rich, and Diane Bailey. "Cleaning Up Today's Dirty Diesels: Retrofitting and Replacing Heavy-Duty Vehicles in the Coming Decade." NRDC, 2005. <https://www.nrdc.org/resources/cleaning-todays-dirty-diesels>.

Kemper, Karen. "Overcoming Institutional and Governance Challenges in Environmental Management: Case Studies from Latin America and the Caribbean Region (English)." Working Paper, January 1, 2013. <http://documents.worldbank.org/curated/en/836951468265802131/pdf/768950WP0P14450ironmental0Management.pdf>.

Larsen, Bjorn. "Colombia Perspective: Air Pollution." *Copenhagen Consensus Center*. Accessed April 17, 2017. <http://www.copenhagenconsensus.com/publication/colombia-perspective-air-pollution>.

Medellín Cómo Vamos. "El Ambiente Metropolitano Es Una Responsabilidad Compartida." *Medellín Cómo Vamos*, November 28, 2016. <http://www.medellincomovamos.org/el-ambiente-metropolitano-es-una-responsabilidad-compartida/>.

Naciones Unidas. "Gran mayoría del mundo - 6.76 mil millones de personas - Viviendo con una excesiva contaminación del aire - Informe de la ONU". Centro de noticias de las Naciones Unidas, 27 de septiembre de 2016. <http://www.un.org/apps/news/story.asp?NewsID=55138#.WPQ2pFMrLLY>.

Organización Mundial de la Salud. "Contaminación del aire ambiente: una evaluación global de la exposición y la carga de la enfermedad". OMS, 2016. <http://www.who.int/es>

———. "Global Ambient Air Pollution Map." *WHO*. Accessed February 6, 2017. <http://maps.who.int/airpollution/>.

———. "Modelled Global Ambient Air Pollution Estimates." *WHO*. Accessed April 17, 2017. http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/modelled-estimates/en/.

- Oficina Regional de la OMS para Europa. "Revisión de la evidencia sobre los aspectos de salud de la contaminación del aire-Proyecto REVIHAAP: Informe técnico". Copenhague: Oficina Regional de la OMS para Europa, 2013. http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0004/193108/REVIHAAP-Final-technical-report.pdf.
- PNUMA. "Estado de la calidad del combustible y estándares de emisión de vehículos: América Latina y el Caribe", febrero de 2014. http://staging.unep.org/transport/pcfv/PDF/Maps_Matrices/LAC/matrix/LAC_FuelsVeh_Feb2014.pdf.
- Posada, Enrique, and Mysriam Gomez. "The Effect of Sulfur in Diesel Fuel on PM2.5 in Medellín (Slides)." Athens, March 2012.
- Rogoff, Peter, and Kathryn Thomson. "Guidance on Treatment of the Economic Value of a Statistical Life in U.S. Department of Transportation Analyses – 2014 Adjustment." Department of Transportation, June 2014. <https://www.transportation.gov/regulations/guidance-treatment-economic-value-statistical-life-us-department-transportation-analyses>.
- Roldán, Luis Miguel. "Novedad En El Plan de Contingencia Ambiental." *Medellín Cómo Vamos*, February 6, 2017. <http://www.medellincomovamos.org/que-tan-nuevo-es-el-plan-de-contingencias-atmosfericas-del-amva/>.
- Sahm, P., L. Cremades, M. V. Toro, and N. Moussiopoulos. "Numerical Investigation of Meteorological Conditions Leading to Elevated Ozone Concentrations in Medellín, Colombia." In *5th SATURN Workshop*. Loutraki, Greece, 2001. <http://www.bvsde.paho.org/bvsci/i/fulltext/medellin/meteorology.pdf>.
- Sanchez, Francisco Posada, Anup Bandivadekar, and John German. "Estimated Cost of Emission Reduction Technologies for LDVs | International Council on Clean Transportation." International Council on Clean Transportation, June 12, 2012. <http://www.theicct.org/estimated-cost-emission-reduction-technologies-ldvs>.
- Sánchez-Triana, Ernesto, Kulsum Ahmed, and Yewande Awe. "Environmental Priorities and Poverty Reduction: A Country Environmental Analysis for Colombia." CEA. World Bank, 2007. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/6700>.
- Schrimppff, Ernst. "Air Pollution Patterns in Two Cities of Colombia, S. A. According to Trace Substances Content of an Epiphyte (*Tillandsia recurvata* L.)." *Water, Air, and Soil Pollution* 21, no. 1–4 (January 1, 1984): 279–315. doi:10.1007/BF00163631.
- Secretaría de Movilidad de Medellín. "Pico Y Placa 2017." *Secretaría de Movilidad de Medellín*, February 6, 2017. <https://www.medellin.gov.co/movilidad/temas-de-interes/pico-placa>.
- . "Revisión Técnico Mecánica," April 21, 2014. <https://www.medellin.gov.co/movilidad/temas-de-interes/revision-tecnico-mecanica>.
- Secretaría de Movilidad de Medellín - Alcaldía de Medellín. "Plan de Movilidad Segura de Medellín 2014-2020." Alcaldía de Medellín, December 2014. https://www.medellin.gov.co/movilidad/documents/plan_movilidad_segura_medellin_2014_2020.pdf.
- SIATA. "Quiénes Somos," n.d. Accessed April 30, 2017.

https://siata.gov.co/sitio_web/index.php/nosotros#quienes_somos.

Toderian, Brent. "3 Reasons We Should Pay Attention to Medellín." *Planetizen*, April 15, 2014. <https://www.planetizen.com/node/68318>.

Turner, Michael, Chuck Kooshian, and Steve Winkelman. "Case Study: Colombia's Bus Rapid Transit (BRT) Development And Expansion." Center for Clean Air Policy, January 2012. <http://ccap.org/assets/Case-Study-Colombias-Bus-Rapid-Transit-BRT-Development-and->

Watt, J., J. Tidblad, V. Kucera, and R. Hamilton, eds. *The Effects of Air Pollution on Cultural Heritage*. Springer, 2009.

WorldAtlas. "Most dangerous cities in the world". WorldAtlas, February 9, 2017. <http://www.worldatlas.com/articles/most-dangerous-cities-in-the-world.html>.

Apéndice

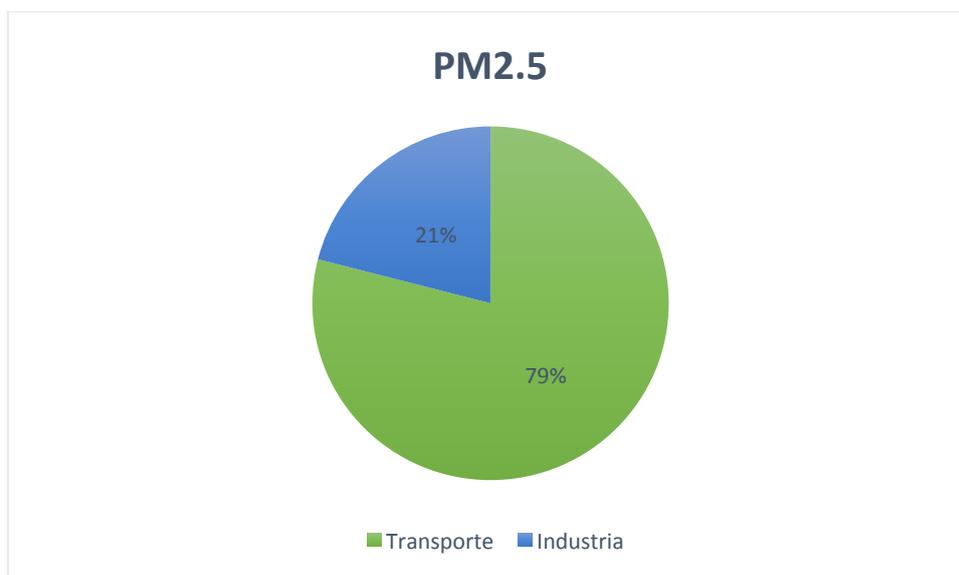
Fuentes de Contaminación del Aire

Los datos de los cuadros a continuación provienen del informe AMVA 2013, "Inventario de Emisiones Atmosféricas del Valle de Aburrá".

Transporte vs. Industria

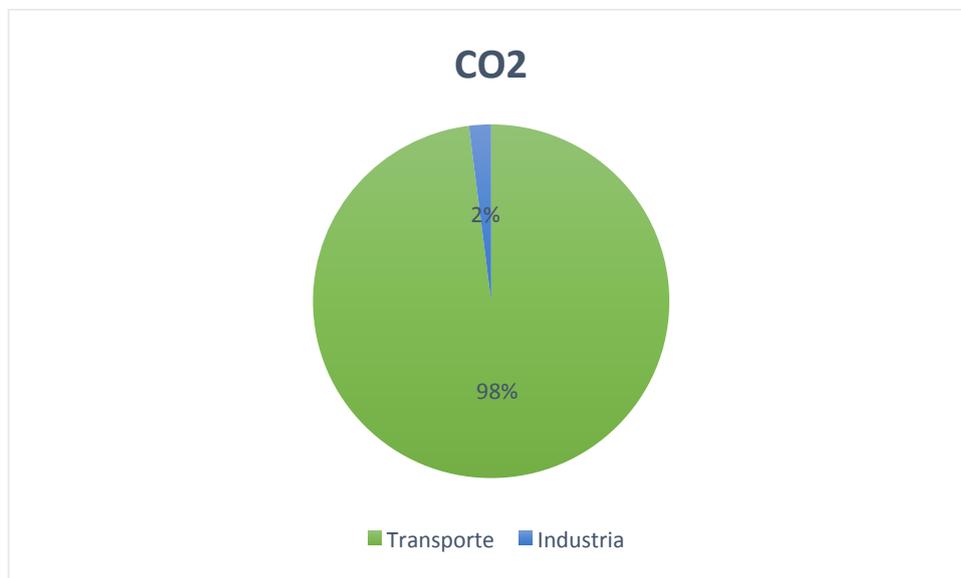
El sector del transporte representa casi el 80 por ciento de la contaminación de PM_{2,5} en el Valle de Aburrá. Esto incluye la contaminación de vehículos de pasajeros, motocicletas, camiones y autobuses.

Figura 5: Fuente de contaminación PM_{2,5}, que compara el sector del transporte y la industria



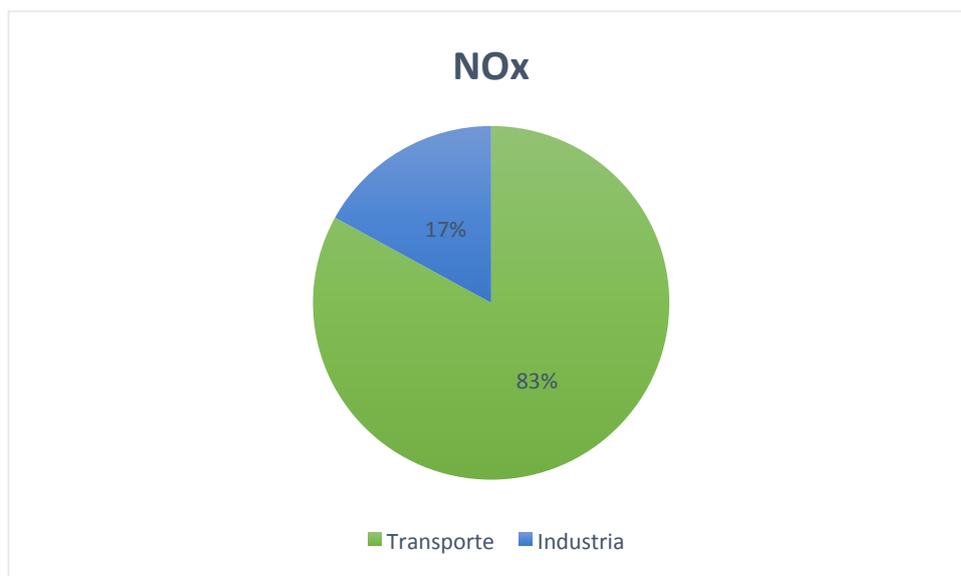
El sector del transporte representa el 97,8 por ciento de las emisiones de dióxido de carbono en el Valle de Aburrá.

Figura 6: Fuente de contaminación por CO2, que compara el sector del transporte y la industria



El sector del transporte representa el 82,6 por ciento de la contaminación por NOx en el Valle de Aburrá.

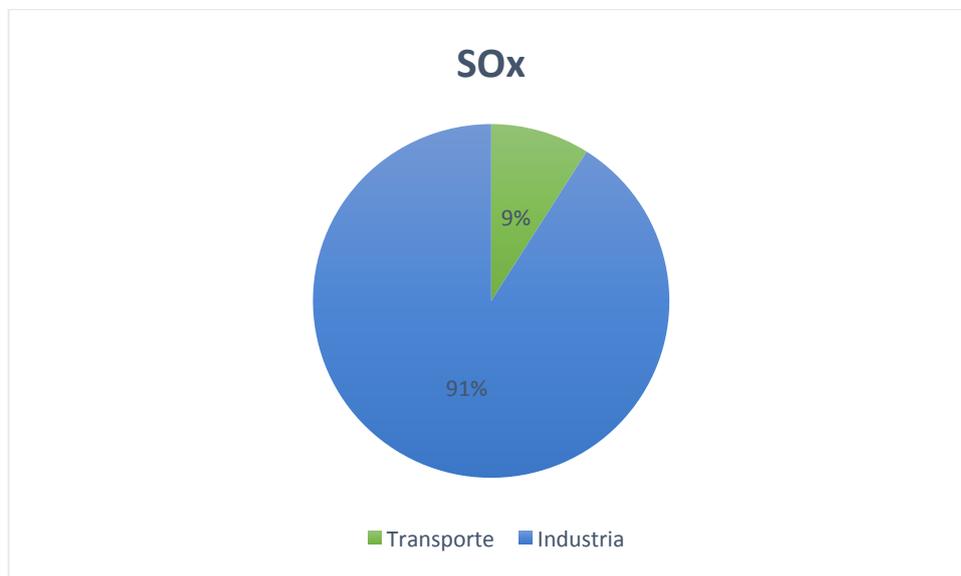
Figura 7: Fuente de contaminación NOx, que compara el sector del transporte y la industria



A diferencia de otras formas de contaminación, la actividad industrial representa el 91 por ciento de la

contaminación con SOx en el Valle de Aburrá.

Figura 8: Fuente de contaminación SOx, que compara el sector del transporte y la industria

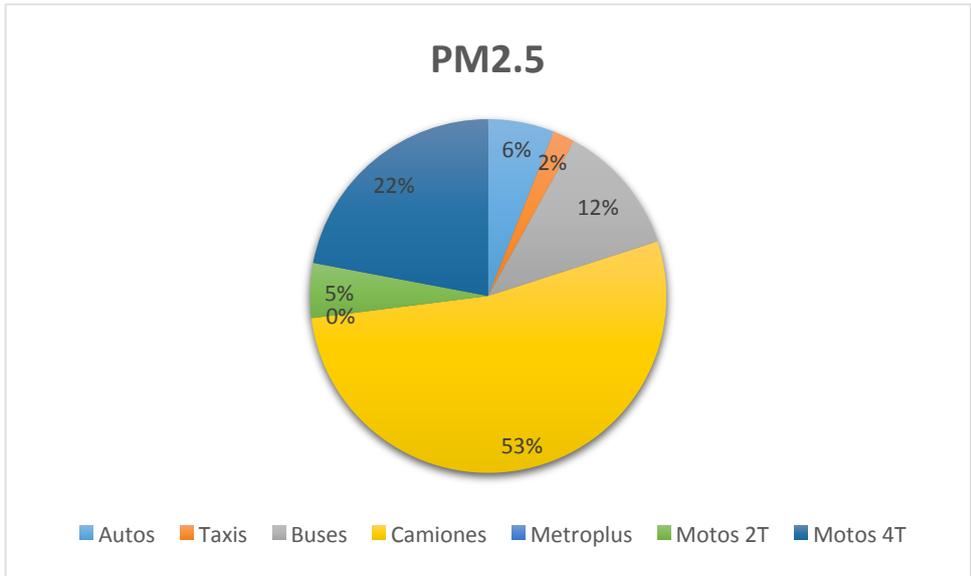


La industria textil es la fuente principal de contaminación por CO₂, NO_x y SO_x proveniente de las industrias en el Valle de Aburrá.

Transporte

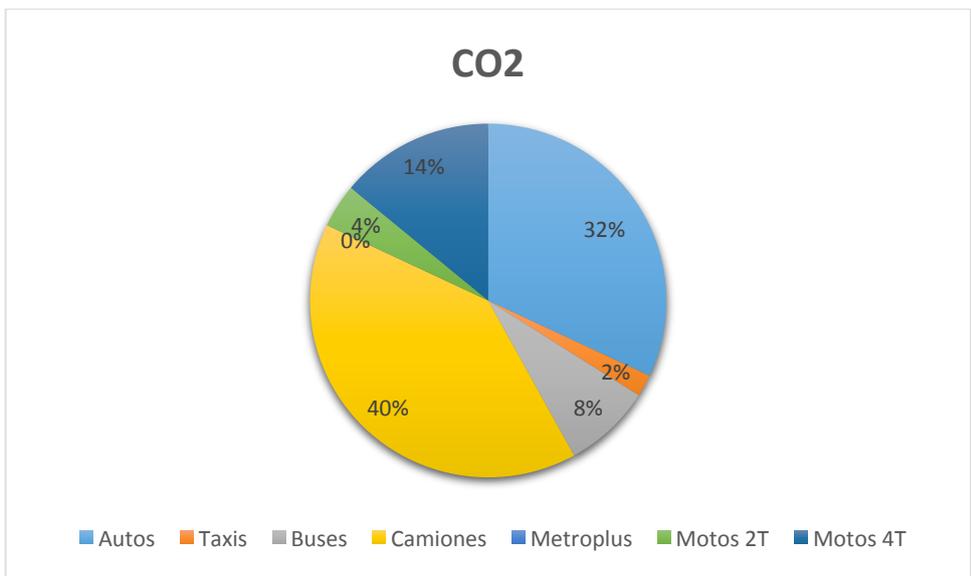
Los camiones son la principal fuente de contaminación por material particulado en el Valle de Aburrá. Estos vehículos representan el 52,7 por ciento de PM_{2,5} procedentes del sector del transporte. Las motocicletas de 4 tiempos ocupan el segundo lugar con el 22 por ciento de las emisiones de PM_{2,5}. Todas las motocicletas, tanto de 2 como de 4 golpes, representan el 26,7 por ciento de las emisiones.

Figura 9: Desglose de fuentes de PM_{2,5} en el Valle de Aburrá por tipo de vehículo



De manera similar, con PM2,5, los camiones son la principal fuente de emisiones de dióxido de carbono en el Valle de Aburrá. Estos vehículos representan el 40 por ciento de las emisiones de dióxido de carbono provenientes del sector del transporte; los vehículos de pasajeros ocupan el segundo lugar con el 31,9 por ciento.

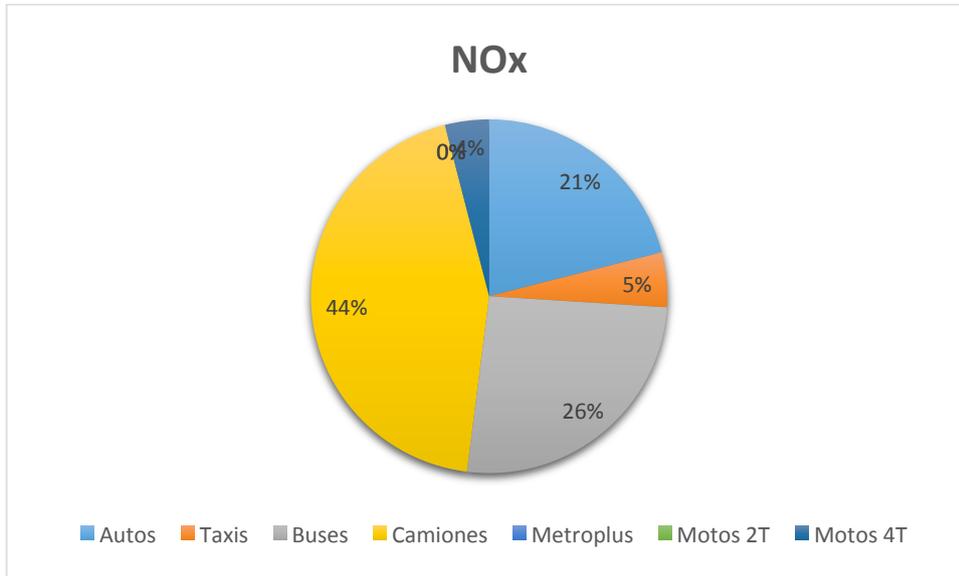
Figura 10: Desglose de la contaminación por dióxido de carbono en el Valle de Aburrá por tipo de vehículo



Nuevamente, los camiones son la principal fuente de emisiones de óxido nítrico en el Valle de Aburrá. Estos vehículos representan el 43,4 por ciento de las emisiones de óxido nítrico provenientes del

sector del transporte; los autobuses vienen en segundo lugar con 25,6 por ciento.

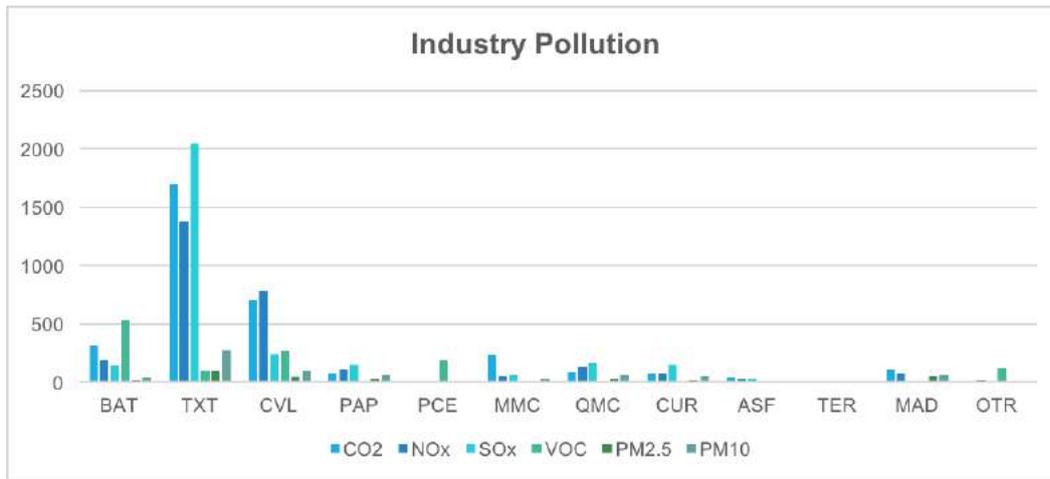
Figura 11: Desglose de la contaminación por óxido nítrico en el Valle de Aburrá por tipo de vehículo



Industria

Las empresas textiles son la principal fuente de contaminación por dióxido de carbono, óxido nítrico y óxido de azufre proveniente de la industria. En segundo lugar, casi la mitad es la fabricación de cerámica y vidrio; y el tercero es el sector de bebidas.

Figura 12: Fuentes de contaminación por industria



Metodología

El equipo investigó las fuentes y los costos relacionados con la contaminación atmosférica de Medellín entrevistando a expertos, políticos e interesados en Medellín en marzo de 2017. Entre los funcionarios destacados entrevistados figuraban el Secretario de Salud y el Secretario de Medio Ambiente de Medellín, subsecretarios del Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA) - la autoridad ambiental regional y los profesores de la Universidad de Antioquia y la Universidad Nacional, entre otros. Estas entrevistas proporcionaron información sobre la fuente de la contaminación del aire, la estructura política y de gobierno de la ciudad, la opinión popular, los esfuerzos educativos y la investigación que se ha llevado a cabo o se está llevando a cabo.

Lista de entrevistas:

1. Sector público
 - a. Representantes de AMVA - Natalia A. Restrepo Velez y Francisco Alejandro Correa Gil segundo.
 - b. Secretaría de Medio Ambiente, Medellín, Oficina de Oscar Hoyos Giraldo – Veronica Cotes y Paola Zapata
 - c. Secretaría de Salud, Subsecretaría de Salud Ambiental, Antioquia – Enrique Henao y Carolina Agudelo

- d. Concejal de Medellín - Daniel Carvalho
- 2. Sector privado
 - a. Antiguos consultores, Transporte Público de Medellín (TPM) - Sergio Giraldo Posada & Jorge Toro
- 3. Academia
 - a. Universidad de Antioquia - Elkin Martine
 - b. Universidad de Antioquia - Juan Gabriel Pineros Jiménez
 - c. Universidad de Medellín- Carlos Echevarría
 - d. Universidad de Nacional - Sergio Orrego
 - e. Universidad de Nacional (Bogotá) - Luis Belalcazar
 - f. Universidad EAFIT - Ana Maria Suarez
 - g. Universidad de Columbia, Sidewalk Labs – Rohit Aggarwala
 - h. Universidad de Columbia - Wolfram Schlenker
 - i. Universidad de Columbia - Sara Tjossem
- 4. ONG / Externo / Otro
 - a. Low Carbon City - Juliana Gutierrez
 - b. Embajada de EE. UU. Bogotá - Nate Rettenmayer y Jenniffer Solorzano
 - c. Diego Zapata (activista)
 - d. Sebastian Osorio (Estudiante de SIPA / Residente de Medellín)

Mapas

Figura 13: Medellín dentro de Colombia

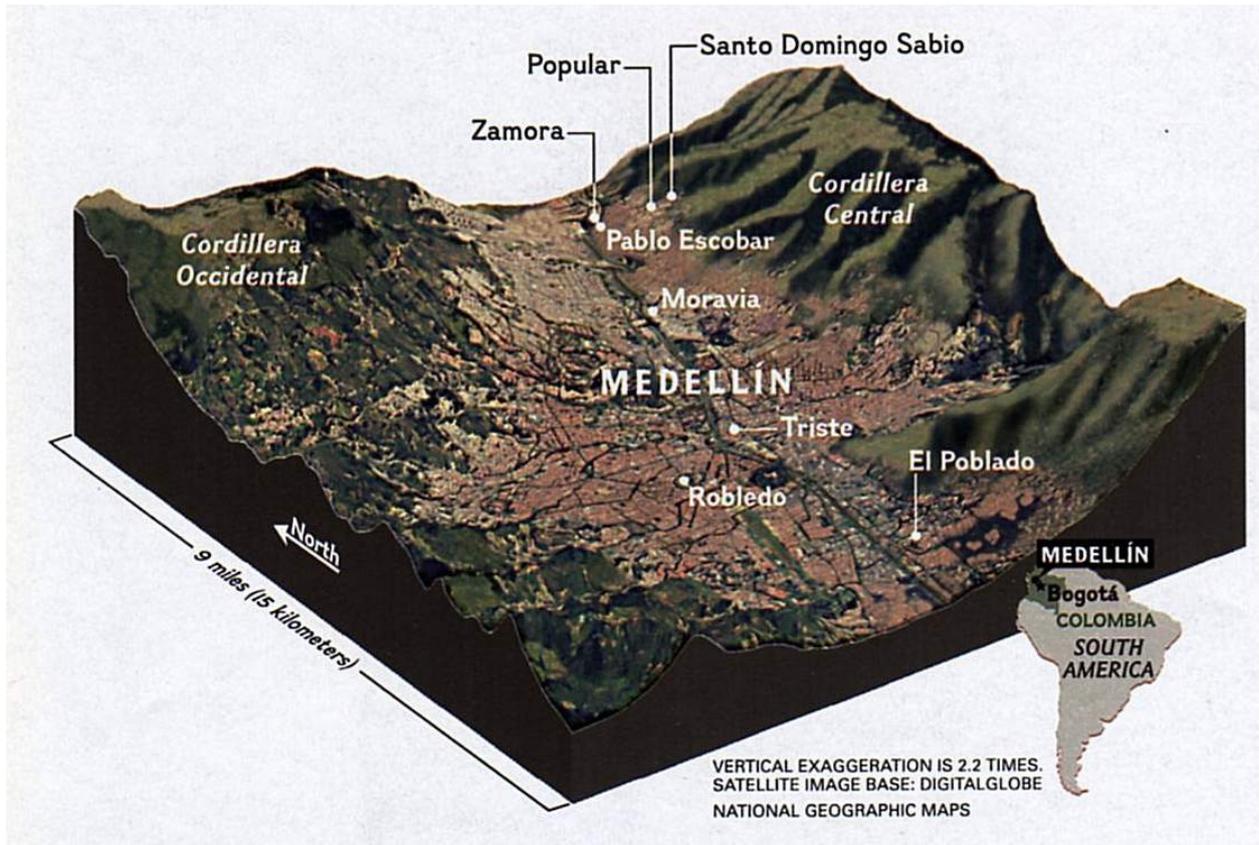


Figura 14: Una ilustración de la estacionalidad en la contaminación del aire en el valle de Aburrá. (AMVA 2015)

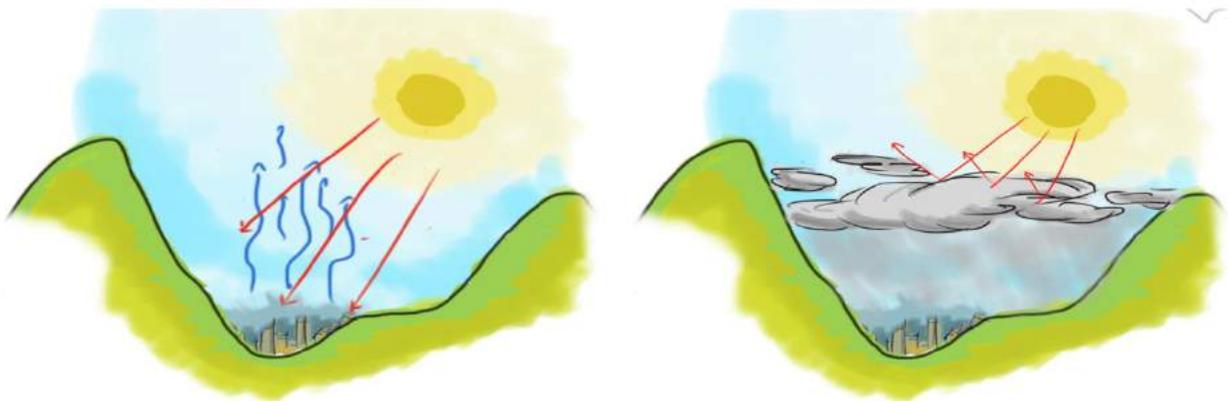


Figura 15: Jurisdicción de AMVA (AMVA 2015)

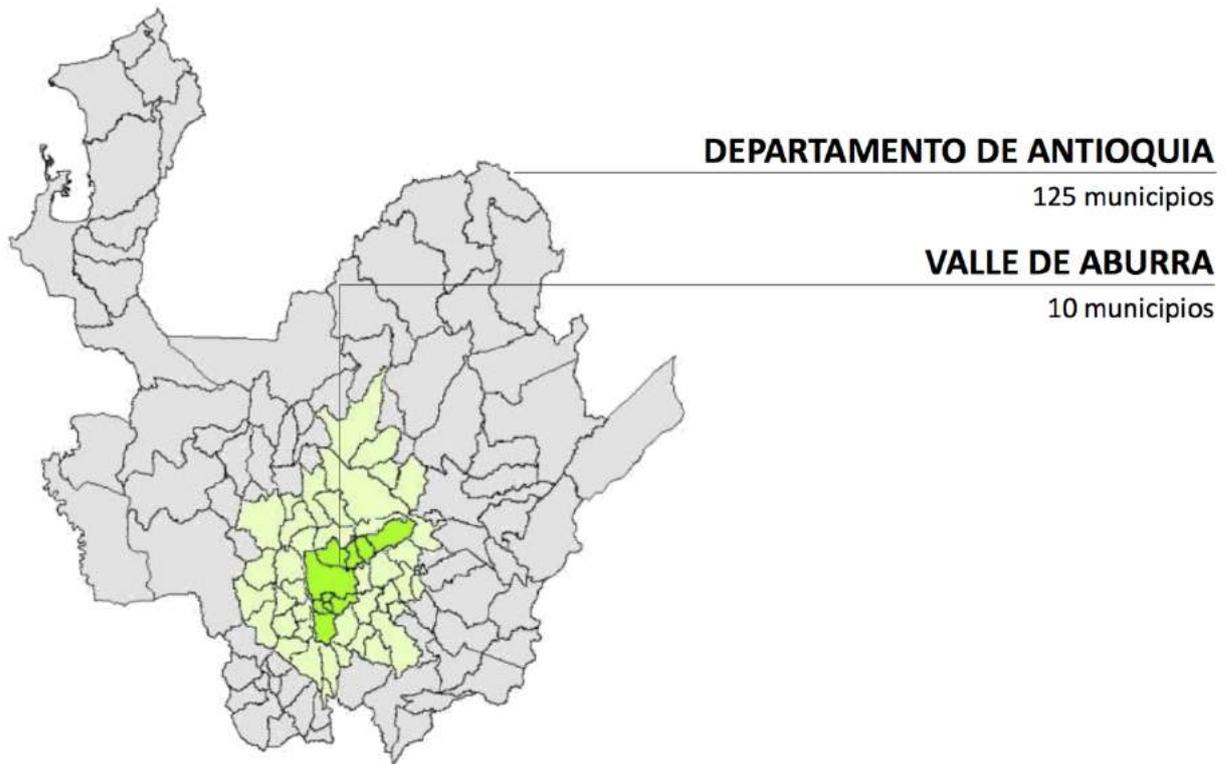


Figura 16: Diez municipios dentro de AMVA

