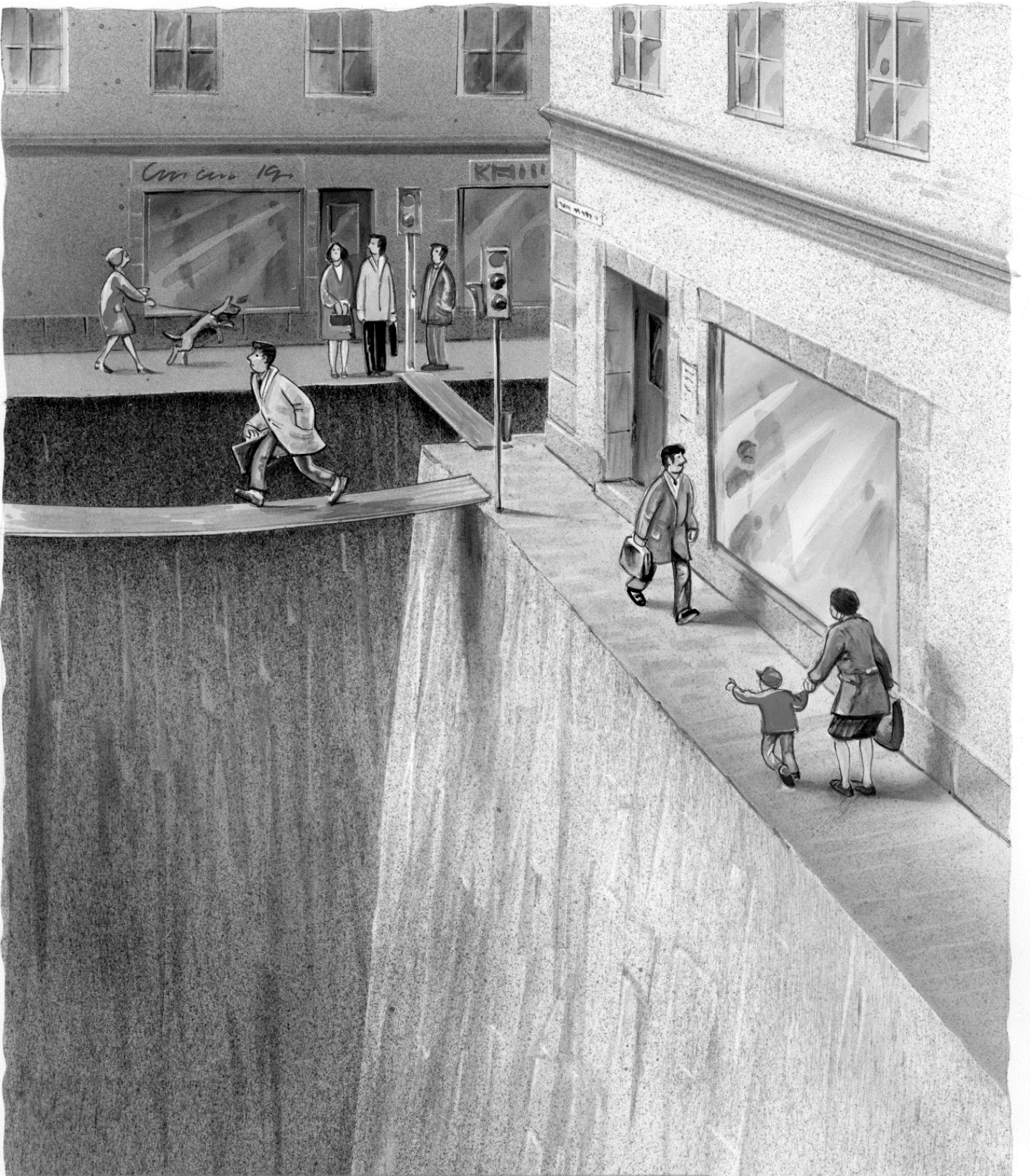




# De la ciudad funcional a la funcionalidad urbana

Una revisión del sistema de movilidad de  
Medellín y su área metropolitana



“Nuestra realidad carro-centrista”

Karl Jilg para la Swedish Road Administration

Imagen cortesía de su autor (ver anexos)

# De la ciudad funcional a la funcionalidad urbana



Emmanuel Ospina-Sierra

Director: Carlos Cadena-Gaitán

Maestría en Procesos Urbanos y Ambientales  
Centro de estudios urbanos y ambientales —urbanam—

Universidad EAFIT

Medellín, Colombia

2019

En 1899 llegó a Medellín el primer carro de Colombia; el *De Dion-Bouton* de Carlos Coriolano Amador. En 1908 se rectificó y canalizó la quebrada Santa Elena. Entre 1920 y 1940 se cubrieron 2,5 kilómetros de la Santa Elena con las calles del centro de la ciudad. En 1947 *Le Corbusier* visitó Bogotá. En 1948 José Luis Sert y Paul Lester Wiener visitaron Medellín; una ciudad de casi 500.000 habitantes y con apenas 4.399 carros, 175 motocicletas y 1.372 buses. En 1951 se consolidó el Plan Piloto de Wiener y Sert para construir en Medellín una ciudad moderna. El mismo año se clausuraron todas las líneas del tranvía eléctrico inaugurado en 1921. En 1991, con cerca de 7.000 asesinatos, Medellín fue clasificada como la ciudad más violenta del mundo. Entre 1999 y 2018, fallecieron en el valle de Aburrá alrededor de 10.500 personas en colisiones, caídas y atropellamientos en las vías. En 2004, con 350.000 carros y 130.000 motos, se aplicó la medida de Pico y Placa para Medellín. 10 años después, había 614.000 carros y 621.000 motos en la ciudad. Para el 2018 la cifra de vehículos superaba los 1,6 millones, más de tres veces la cantidad que había en 2004. Desde 2007 con los mapas de ruido, se ha determinado que Medellín es la ciudad más ruidosa de Colombia. Entre 2014 y 2018 la tasa de suicidios de Medellín pasó de 5 a 7,2 por cada 100.000 habitantes, no solo la segunda más alta en su historia, sino muy por encima de la media nacional. En 2015 el Departamento Nacional de Planeación (DNP) reconoció la muerte de por lo menos 4.300 personas en el valle de Aburrá (2.103 en Medellín), debido a la contaminación del aire urbano. En 2016 el Área Metropolitana del Valle de Aburrá estimó en cerca del 80 por ciento la responsabilidad del transporte en la contaminación del aire. En 2018 la Contraloría General de Medellín reportó que entre 2011 y 2016 fueron atendidos 3'642.809 casos por enfermedades respiratorias agudas, “muy probablemente atribuibles a la contaminación atmosférica en la ciudad”, y para el mismo periodo fueron reportadas por la Secretaría de Salud de Medellín, y luego validadas por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), 22.922 muertes con causas asociadas a estas mismas enfermedades. También en 2018 comenzó la tala de 743 árboles para ampliar una autopista al sur de Medellín mientras se firmaron los contratos para una obra similar en el norte que complementa el plan de Wiener y Sert de 1951. En 2019 empezó la tala de 718 árboles adicionales para construir un intercambio vial complementario a las obras mencionadas.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Todas las referencias de esta página y del recuento del transporte (pág.171) pueden ser consultadas directamente con el autor a través del correo electrónico: [eospinal@eafit.edu.co](mailto:eospinal@eafit.edu.co)

# Tabla de contenidos

<b>1. Introducción</b> .....	1
<b>2. Justificación</b> .....	6
<b>3. Objetivos</b> .....	7
<b>4. Contexto y estado del arte</b> .....	8
4.1 Medellín y su área metropolitana.....	8
4.2 El sistema de movilidad urbana.....	19
4.2.1 El espacio físico de la calle.....	24
4.2.2 El Sistema Integrado de Transporte del Valle de Aburrá (SITVA).....	28
4.2.3 El sistema público colectivo.....	32
<b>5. Marco conceptual</b> .....	36
5.1 La demanda inducida (o la ley fundamental de la congestión).....	37
5.2 De la congestión al flujo libre y el asunto con la velocidad.....	41
5.2.1 <i>Woonerf</i> , 1968.....	48
5.2.2 Calles completas, 1971 - Estrechamiento de calzadas, 1979.....	50
5.2.3 Visión Cero, 1997.....	52
5.3 Movilidad urbana (sostenible).....	58
5.4 Sostenibilidad urbana y su relación con el transporte.....	61
5.4.1 El Acuerdo de París, COP21.....	61
5.4.2 Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).....	62
5.4.3 La Nueva Agenda Urbana, Hábitat III.....	63
5.5 Desarrollo orientado al transporte. Un modelo de gestión integrado.....	65
5.6 Calidad de vida.....	68
5.7 Salud pública.....	72
5.7.1 Calidad del aire y material particulado (MP).....	75
5.7.2 Ruido.....	81

<b>6. Metodología</b> .....	83
6.1 Caracterización de las defunciones en Colombia y el valle de Aburrá.....	85
6.2 Bases conceptuales y científicas que relacionan cada tipo de muerte con las condiciones y el contexto del transporte.....	86
6.3 Profundización en los temas más agudos. La contaminación del aire (incluyendo el ruido), la accesibilidad y la velocidad.....	87
6.4 Elaboración del perfil de la mortalidad vial en el valle de Aburrá.....	88
6.5 El aire. Análisis del contexto y los procesos asociados a la pérdida de vidas en el valle de Aburrá.....	88
6.6 La velocidad. Análisis de las condiciones de seguridad vial en la ciudad metropolitana, su evolución y el efecto de la velocidad sobre algunas vías principales y representativas del problema.....	89
<b>7. Procesamiento de datos</b> .....	90
7.1 Contexto y tendencias de la mortalidad a nivel mundial.....	90
7.2 Panorama general de la mortalidad en el valle de Aburrá.....	92
7.3 Dinámica de las defunciones en Medellín para las últimas dos décadas.....	95
7.4 El transporte como causa del veinte por ciento de las muertes en Medellín y su área metropolitana, como mínimo.....	101
7.4.1 El aire.....	101
7.4.2 La velocidad.....	107
7.5 La motorización y la congestión en el valle de Aburrá.....	124
<b>8. Resultados y análisis</b> .....	133
<b>9. Planteamientos adicionales</b> .....	136
9.1 Una posible salida a la espiral el auto.....	136
9.2 Planes que valen cada peso invertido y más.....	140
9.3 Calculadora de eficiencia multicriterio.....	145
9.4 El espacio vial, un límite casi agotado.....	148
<b>10. Discusión final</b> .....	151

# 1. Introducción

La movilidad es uno de los sistemas estructurantes más dinámicos de un territorio, y lejos de ser una condición establecida a la que hay que adaptarse, es una construcción permanente que permite reducir o evitar muchos de sus efectos negativos mediante los procesos de gestión adecuados. Con miles de vidas perdidas y fuertes afectaciones a la calidad de vida en la ciudad, se debe establecer una relación entre las consecuencias más graves y las causas más evidentes de las que se tiene información para agilizar la construcción de políticas públicas y priorizar los recursos disponibles.

Esta investigación explora algunas de las relaciones aparentes entre diferentes indicadores de salud pública y calidad de vida, con características del sistema de movilidad en Medellín y su área metropolitana. En el proceso se identifican avances y retrocesos, efectos del modelo de movilidad sobre el modelo de ciudad (o viceversa) y tendencias indeseables a largo plazo. Aunque no se desarrolla un modelo estadístico de causalidades, se plantean algunas bases y preguntas útiles para profundizar en la construcción de una lectura integral de la movilidad urbana y sus retos y oportunidades.

La búsqueda constante del bienestar es un punto común para la mayoría de las sociedades (Eslava, 2010) y, por lo tanto, mejorar la calidad de vida debe ser la base de la construcción y administración de los entornos urbanos. Más allá de las buenas intenciones con que se construyen las políticas públicas, es indispensable alertar sobre el efecto negativo que producen las decisiones mal informadas o con un sustento técnico y teórico deficiente. Considerando que, en la medida que las ciudades y sus poblaciones crecen sus problemáticas se agudizan (urbam EAFIT, 2018), el entendimiento el origen de las diferentes crisis que se presentan, es el punto de partida para el planteamiento de soluciones duraderas y la posibilidad de alcanzar un desarrollo con algún grado de sostenibilidad, pues solo se pueden resolver aquellos problemas de los cuales se identifican y entienden las causas.

Con la reciente medición de indicadores en diferentes campos y los avances en la apertura de datos, se ha permitido la elaboración de panoramas más objetivos y actualizados del estado de una ciudad en términos generales. Así, a partir de un análisis multidimensional, es posible identificar asuntos centrales que deben priorizarse en las agendas públicas por ser situaciones crónicas y en algunos casos, normalizadas a pesar de tener graves consecuencias.

Con base en dos enfoques complementarios el desarrollo sostenible como regla general para los diferentes planes y proyectos urbanos por un lado, y el sistema de movilidad urbana como elemento estructurante y agente transformador del territorio por el otro, se busca identificar esas problemáticas que no solo atentan contra la sostenibilidad local y regional, sino que posiblemente tengan su origen y solución en la planificación y gestión del transporte. De allí que esta investigación se enfoque en la búsqueda y agrupación de información secundaria y datos complementarios útiles para evaluar las posibles relaciones entre los avances medidos en movilidad por estándares internacionales y las cifras reportadas en salud pública para la ciudad metropolitana.

Con casi cuatro millones de habitantes que se acomodan en unos ciento ochenta kilómetros cuadrados de suelo urbano, el valle de Aburrá tiene una densidad tan alta como la de París, Francia o Daca, Bangladés, las cuales se ubican por encima de los 20 000 habitantes por kilómetro cuadrado (Foro Económico Mundial, 2017). Sin embargo, esta alta densidad no se ha traducido en una mayor eficiencia para los desplazamientos cotidianos, pues con recorridos que promedian los siete kilómetros, el tiempo de viaje ha seguido en aumento hasta llegar a 36 minutos en 2017, 44 por ciento mayor que hace diez años (Mercado & Vogt, 2018), y similar al tiempo de viaje en ciudades como Miami o Atlanta, en Estados Unidos, las cuales tienen densidades urbanas entre cinco y diez veces menores (Cohen, 2015) y recorridos que superan los veinte kilómetros. Recientemente, Atlanta fue catalogada como la ciudad con los viajes diarios más costosos en los Estados Unidos (Educated Driver, 2018).

Sin embargo, más allá de la congestión y el aumento en los tiempos de viaje que son asuntos tan cotidianos como visibles, la polución, el ruido, la deforestación e impermeabilización del suelo, las colisiones y atropellamientos, la dependencia de



vehículos particulares y la ineficiente distribución del espacio público, se encuentran entre las principales causas de la disminución de la calidad de vida, las enfermedades y las muertes en el valle de Aburrá. Así lo indican las series históricas de las defunciones a nivel nacional y local (DANE, 1998-2017).

Algunas de estas condiciones pueden asociarse a una planificación segmentada y sectorial, a una evaluación inadecuada de proyectos relevantes para la región o a una combinación de ambos factores. Es posible que esa dinámica tenga su origen en un paradigma de gestión y desarrollo territorial que sigue vigente tanto en la planificación urbana como en la de transporte, la cual por décadas ha tenido como objetivo la construcción de una ciudad moderna y funcional<sup>2</sup>, pero lejos de cumplir con esa meta que promete mejorar y facilitar la vida, se sigue consolidando como una pesadilla de la que cada vez se hace más difícil despertar.

Dada la importancia que tiene una mejor comprensión de esta problemática, se espera que con este ejercicio se motive la actualización de algunos métodos de análisis para apostarle finalmente a nuevos modelos de gestión que han demostrado mejores resultados en muchas ciudades del mundo. Al explorar la ciudad como un organismo vivo, se entiende la conformación de un sistema completamente interdependiente y por eso se hace énfasis en la dificultad que plantea resolver un problema estructural sin actuar de forma integral, entendiendo las causas y actuando sobre todas las áreas involucradas de forma simultánea.

En esta investigación se plantean algunas relaciones aparentes que pueden servir como base para el desarrollo de ejercicios posteriores en los que, finalmente, se desarrollen los modelos estadísticos correspondientes que permitan establecer

---

<sup>2</sup> Es aquel entorno urbano en el cual se distribuyen las actividades y se construyen las vías para que cada recorrido se haga en carro a una alta velocidad y no tome más de treinta o cuarenta minutos por trayecto. Esta visión, basada en las cualidades que demostraba el automóvil a principios del siglo XX, prometía una mayor eficiencia que se traduciría en más tiempo para compartir en familia y desarrollar otras actividades de ocio. La consecuencia no conocida para entonces fue la expansión urbana, la construcción de grandes suburbios monofuncionales, la pérdida de actividades en los centros urbanos, la ineficiencia de los sistemas de transporte colectivo y de otros servicios públicos, y finalmente, la alta dependencia de vehículos particulares (Weiss, Harbusch, & Maurer, 2015).

conexiones e incluso plantear escenarios futuros con algunas proyecciones, por ejemplo, para evaluar la pertinencia de los proyectos de infraestructura vial y de diferentes sistemas de transporte, considerando variables que actualmente se desprecian.

Pareciera que a lo largo de la historia ha sido más fácil ver las consecuencias y reaccionar a ellas que acercarse al origen de los problemas y procurar resolverlos “de raíz”. Esta posición ha sido útil creando incluso nuevas oportunidades de negocio y beneficios para la economía en el corto plazo, pues permite la aparición de una serie de “soluciones” paliativas que en principio parecen ser eficaces para atacar el problema, pero pueden terminar por agravarlo, reducir la eficiencia del sistema y alejar un poco más las verdaderas soluciones.



Figura 1. La espiral del auto. Elaboración: Juliana Gómez con base en (Wuppertal Institute, 1996).

El círculo vicioso, que se representa en la figura 1 es bastante conocido en el campo de la movilidad urbana y ha sido representado por diferentes autores que se refieren al efecto de perseguir las consecuencias de forma indefinida, como “la espiral del

auto" o "la dependencia del auto", haciendo referencia y ampliando un poco el concepto de la demanda inducida, un fenómeno que ocurre al ampliar la oferta de servicios y facilidades para los automóviles (carros y motos); cada vez que se alcanza cierto nivel de la capacidad instalada, evidenciándose en forma de congestión o mayores tiempos de viaje.

Como se explica ampliamente desde hace más de setenta años, la demanda inducida es la ley fundamental de la congestión (Duranton & Turner, 2011), y por lo tanto entre más se invierte en la ampliación de vías, más vehículos las ocupan y menos probable será que la oferta de espacio sea suficiente para los vehículos y para las múltiples actividades que lo requieren. De esta manera, un pequeño problema que empieza con tiempos de espera para circular en un carro se ha convertido en múltiples problemas que reducen la competitividad de las ciudades, mal gastan sus presupuestos, destruyen sus paisajes y patrimonios, enferman a sus comunidades e inciden ampliamente en las principales causas de muerte de sus habitantes (GIZ, 2011).

Esta dinámica, claramente vigente en el contexto latinoamericano y con una fuerte presencia en Medellín, su área metropolitana y algunos de los valles vecinos, debe revertirse de manera urgente para evitar la consolidación de una región embotellada y enferma. Se plantean como cierre de este trabajo, una serie de acciones que busquen producir una espiral contraria a la descrita y mediante las cuales se pueda apostar por utilizar nuevos mecanismos de gestión, valerse de diferentes casos de éxito y priorizar algunos de los planes de la ciudad que ya existen y resultan de la mayor pertinencia. La propuesta de este "círculo virtuoso" de la movilidad, es de gran importancia, no solo para reducir los altos índices de congestión, sino también para la sostenibilidad de la ciudad-región.

Si se quiere avanzar por el camino de la sostenibilidad, la administración pública debe demostrar liderazgo, enfoque y capacidad técnica. Por otro lado, la participación informada y permanente de la comunidad, así como la coherencia de ciudadanos y funcionarios públicos también hacen parte de esas bases cualitativas que tanto les hacen falta a los modelos de gestión en movilidad urbana.

## 2. Justificación

Es importante insistir en la búsqueda y construcción de nuevos enfoques que describan mejor el estado actual de la movilidad, no solo como un grupo de indicadores cuantitativos comparables, sino también como un sistema estructurante, e integrado ineludiblemente, al sistema urbano general. Para esto se hace necesario que se revisen todas las posibles áreas de impacto que tienen las obras de infraestructura, las ampliaciones de los sistemas de transporte público, las definiciones de las densidades en los planes de ordenamiento, los diferentes mecanismos de gestión o incluso el estancamiento de algunos planes del sector transporte.

Aunque el campo de la sostenibilidad en el transporte es relativamente joven, ha tenido hallazgos importantes y se ha estudiado desde diferentes perspectivas. Sin embargo, en la mayoría de los casos, los niveles de avance medidos se hacen de manera estática, sectorial y sin ofrecer una visión de futuro. Muchos de los índices de movilidad disponibles ofrecen una calificación que responde a criterios bien aceptados a nivel mundial y revisa los mismos parámetros de rendimiento, pero rara vez se explica cómo y por qué, desde la gestión pública y los proyectos implementados, cada ciudad puede avanzar o retroceder en sus puntuaciones. En algunos casos también se hace difícil relacionar esas puntuaciones con aspectos centrales del bienestar o incluso *la felicidad*.

Con una mirada diferente, que permita relacionar los efectos directos e indirectos del transporte sobre la configuración urbana, la calidad de vida, la biodiversidad y la salud pública, seguro se aclararán muchas dudas sobre la pertinencia de algunos proyectos, no solo demostrando "efectos inesperados", sino también ofreciendo alertas sobre perspectivas futuras y generando datos relevantes que permitan priorizar actuaciones, y dar lineamientos de política pública. Esta investigación reúne en un solo documento, algunos de los efectos más graves que puede estar ocasionando el sistema de movilidad, para el caso de Medellín y el área metropolitana, alertando sobre posibles soluciones a problemas de salud pública.

### 3. Objetivos

Revisar los avances documentados sobre estudios que busquen un amplio entendimiento de las relaciones entre el transporte y la calidad de vida para Medellín y su área metropolitana.

Aportar a la construcción conceptual de los aspectos más relevantes de movilidad urbana que pueden afectar directa o indirectamente la calidad de vida para Medellín y su área metropolitana.

Evaluar las posibles relaciones entre las características del sistema de movilidad urbana y los indicadores de salud pública para Medellín y su área metropolitana.

*"Hay una cualidad incluso peor que la fealdad o el desorden absoluto; la máscara deshonesta del orden pretendido, lograda ignorando o suprimiendo el orden real que está luchando por existir y por ser atendido".*

*Jane Jacobs. Periodista y escritora. Estados Unidos - Canadá*

## 4. Contexto y estado del arte

### 4.1 Medellín y su área metropolitana

Medellín, ubicada en el centro-occidente de Colombia, es la segunda ciudad más poblada del país después su capital, Bogotá. Es física y administrativamente el centro de los nueve municipios que -la rodean-, ocupando el valle del río Aburrá en la cordillera central de Colombia y conformando así el área metropolitana del valle de Aburrá, la cual se describe como una depresión alargada de sur a norte, el mismo sentido en que corre el río (ver la figura 2).

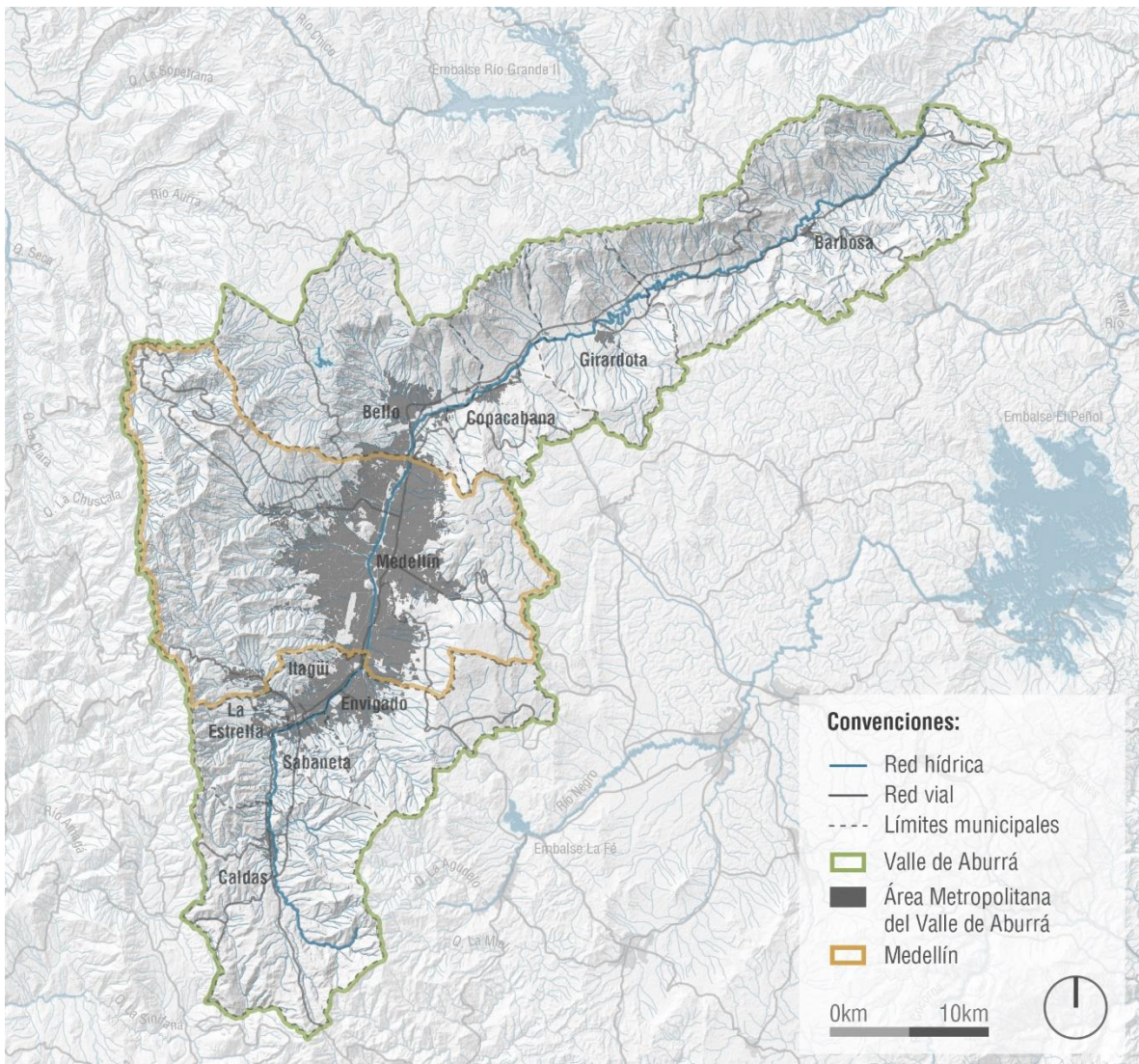


Figura 2. Medellín y su área metropolitana. Elaboración: Juan Esteban Vergara con base en (AMVA, 2017).

Este valle se extiende en su lado principal a lo largo de unos treinta kilómetros, desde el municipio de Caldas, hasta el municipio de Bello (para luego extenderse otros treinta y cinco kilómetros entre los municipios de Bello y Barbosa en el extremo norte del valle), y tiene un ensanchamiento máximo de apenas siete kilómetros que va de oriente a occidente cerca del centro de Medellín (Hermelin, 2007).

Las diferencias altitudinales de la región son considerables: mientras que el fondo del valle se ubica entre los 1400 y los 1800 metros sobre el nivel del mar en Barbosa y Caldas respectivamente, algunas de sus montañas alcanzan los 3000 metros (Hermelin, 2007). Desde la forma del territorio se pueden encontrar retos y dinámicas que son características de Medellín y que han aumentado en las últimas dos décadas por el rápido crecimiento poblacional y la acelerada expansión urbana que ha tenido lugar en las laderas, principalmente al sur del valle.

Por su condición geográfica, el valle de Aburrá es especialmente vulnerable a desastres naturales como deslizamientos e inundaciones, pero también presenta algunas condiciones hidrometeorológicas favorables para la acumulación de diferentes agentes tóxicos producto de la combustión, puesto que se combinan la baja ventilación natural con la formación constante de nubes de baja altitud, lo cual reduce considerablemente la dispersión del material particulado (Moore & Rincón, 2017). Aunque se debe evitar caer en el error de responsabilizar a la topografía de las recientes emergencias ambientales por la contaminación del aire urbano, es de vital importancia entender esa configuración física como una restricción particular de la región, y actuar en consecuencia con ella considerándola tanto en etapas de gestión como de planificación.

Medellín comenzó el siglo XX con alrededor de 60 000 habitantes, pero el crecimiento poblacional a lo largo de esos cien años fue exponencial. Para 1951 ya tenía 500 000 habitantes y para 1995 ya se habían superado los 2,7 millones de habitantes, empezando a evidenciar algunos déficits en una ciudad que se había planificado para menos de un millón de personas (urbam EAFIT, 2018). Actualmente, el valle de Aburrá tiene casi cuatro millones de habitantes y es una de las conglomeraciones urbanas más densas del mundo (Foro Económico Mundial, 2017), en parte por sus condiciones físicas y en parte porque una de las características de

la población latinoamericana es la alta concentración de las zonas urbanas con respecto a las zonas rurales, que, en el caso de Medellín, es del orden del 90 por ciento de la población (Alcaldía de Medellín, 2017).

El crecimiento poblacional de la segunda mitad del siglo XX estuvo alimentado por un alto flujo de personas desplazadas de sus lugares de origen por la ola de violencia que atravesó el país durante ese periodo. En el marco del conflicto armado interno colombiano, uno de cada diez colombianos se vio obligado a desplazarse. En 1995, cada día del año fueron desplazadas unas 195 personas, promedio (urbam EAFIT, 2018). Medellín y el valle de Aburrá se convirtieron en centros urbanos especialmente afectados por esta dinámica. A nivel nacional, Medellín es el quinto municipio con más expulsiones y a nivel departamental, es el segundo (Alcaldía de Medellín & Unidad municipal de atención y reparación a víctimas, 2014).

A pesar de ser un municipio expulsor, paradójicamente Medellín es el segundo destino de la población desplazada de zonas rurales después de Bogotá. Esto se puede sustentar en la capacidad institucional para generar procesos de atención dirigidos al restablecimiento y reparación integral, el clima, los servicios públicos y las oportunidades laborales.

En conjunto, los diez municipios del valle de Aburrá han recibido unas 531 592 personas y han expulsado alrededor de 136 635 entre 1985 y 2017 (urbam EAFIT, 2018). Sin embargo, el fenómeno del desplazamiento no se da exclusivamente entre el campo y la ciudad; dentro del área metropolitana estos hechos también son comunes. Según el análisis presentado por urbam<sup>3</sup> en 2018, Medellín recibió a casi 3000 personas provenientes de otros municipios del mismo valle en la primera década del 2000 y, a su vez, expulsó a unas 1000 personas hacia sus vecinos metropolitanos. Bello fue el principal expulsor, con más de 1800 personas desplazadas (urbam EAFIT, 2018).

Los desplazamientos intraurbanos han existido en la región por muchos años y se dan por varias causas. Sin embargo, hay una de ellas que tiene relación directa con

---

<sup>3</sup> Centro de Estudios Urbanos y Ambientales de la Universidad EAFIT.



la gestión del transporte y es el desplazamiento por obra pública que normalmente se produce por medios como la expropiación y los desalojos. El tipo de acuerdos o incluso el trato a las personas depende muchas veces del nivel socioeconómico de la comunidad afectada; en el norte del valle es común la denuncia de procesos injustos, como lo muestra la figura 3 en el caso del puente ya construido entre las comunas de Aranjuez y Castilla.



*Figura 3.* Desplazados por obra pública en Medellín. Foto: Mesa Interbarrial de Desconectados, 2013.

Por este tipo de intervenciones, entre 2017 y 2019, la alcaldía de Medellín ha estado respondiendo ante la contraloría debido a cargos por desplazamiento por obra pública puesto que hay una cantidad alarmante de afectados que se han reportado principalmente por las ampliaciones viales y la construcción de intercambios de gran escala (Mesa, et al., 2018). Durante los últimos cuatro años, esta cifra ha superado incluso a la del desplazamiento fruto de la violencia si se consideran escalas temporales similares (Mesa, et al., 2018). Es justamente este tipo de consecuencias las que se deben evitar en la formulación de planes y proyectos, sean urbanos integrales u orientados a la infraestructura de transporte.

Gran parte de la población desplazada se ha asentado en barrios informales, ocupando en algunos casos zonas de alto riesgo o barrios de estratos uno y dos a

lo largo de la ciudad. Ese cambio continuo resultante de un rápido crecimiento poblacional y el aumento en las dinámicas de informalidad, han hecho de la provisión de servicios básicos, incluyendo el transporte, todo un reto para la administración pública. En el caso del acceso al agua potable, se sabe que hasta 1973 se captaba en su totalidad de fuentes al interior del valle, pero actualmente, el cien por ciento del agua proviene de fuentes externas (urbam EAFIT, 2018).

Sobre el estado actual de la prestación de servicios públicos, la red de ciudades Cómo Vamos encuentra que para el año 2016 el servicio de acueducto presentaba una cobertura del 96 por ciento, similar a la del año inmediatamente anterior. Por su parte, el servicio de alcantarillado llegó al 93 por ciento de los habitantes de la ciudad. En cuanto a la energía eléctrica, la cobertura se mantuvo en el cien por ciento, como ha sido desde 2004. El servicio de aseo y recolección de basuras también ha mantenido una cobertura cercana al cien por ciento desde 2012. Finalmente, la cobertura de gas natural se ubicó en 78 por ciento para el 2016, lo cual se explica por ser un servicio todavía en penetración de mercado (Medellín Cómo Vamos, 2018).

De acuerdo con la alcaldía de Medellín, en 2017 cerca del 99 por ciento de la población tenía acceso a servicios públicos (Alcaldía de Medellín, 2017), sin embargo, el porcentaje de desconexión, aunque pequeño, da cuenta de más de 8000 viviendas sin servicio de agua y más de 5000 desconectadas del servicio de energía. Con la amplia cobertura de servicios como agua y energía, el rezago más importante que viven estas comunidades periféricas radica en la cobertura de otro servicio público que todavía no se clasifica como básico a pesar de su importancia para el desarrollo y el bienestar humano: el transporte.

Uno de los mayores retos en la prestación de servicios es el pago efectivo y frente a esto, las Empresas Públicas de Medellín (epm) han implementado el sistema de servicios prepago, el cual ha mostrado resultados alentadores. Para los servicios prepago de agua y energía, el número de morosos se redujo en un 71 por ciento entre 2010 y 2016, un cinco por ciento adicional que para el servicio de agua con pago tradicional en el mismo período. En contraste, la morosidad del servicio de gas,

que no cuenta con alternativa prepago, aumentó un 94 por ciento respecto a 2010 durante el mismo período (Medellín Cómo Vamos, 2018).

Esta buena experiencia es una gran oportunidad para la promoción e implementación de los nuevos modelos de la movilidad como servicio (o *MaaS* por sus cifras en inglés), en los cuales se ha demostrado una efectiva transferencia de los costos sociales y ambientales a los usuarios por sus decisiones individuales y así se han podido generar recursos para mejorar los modos más eficientes, compensando el sistema con justicia distributiva y aumentando la inclusión (Arcadis, 2017).

Después de Bogotá, el departamento de Antioquia es la segunda entidad territorial que más le aporta al producto interno bruto (PIB) nacional, representando un 14,5 por ciento del total (DANE, 2018). Esta alta participación departamental se da gracias a la robusta economía de los municipios del área metropolitana, los cuales aportan casi el setenta por ciento del PIB departamental (Gobernación de Antioquia, 2017). Para el año 2017, los municipios del valle de Aburrá tuvieron un PIB de 83 600 millones de pesos colombianos, de los cuales Medellín aportó un cuarenta por ciento (DANE, 2017).

En Medellín, el sector industrial todavía representa una porción importante de la composición económica, dividido entre: textiles, con una participación del veinte por ciento, sustancias y productos químicos, con el quince por ciento, alimentos, con el diez por ciento y bebidas, con el once por ciento. La industria metalmecánica y eléctrica aportan otro diez por ciento para dejar a la industria con una participación del 66 por ciento de la economía local, a pesar de la migración de grandes empresas a los municipios del oriente cercano en el valle de San Nicolás. El recambio económico no es algo que se presente de la noche a la mañana, pero la ciudad ya cuenta con seis clústeres consolidados en energía eléctrica, construcción, textil confección diseño moda, servicios de medicina y odontología, turismo de negocios, y tecnologías de la información y la comunicación (BID, 2016).

El desempleo en la ciudad de Medellín alcanzó una tasa máxima del dieciocho por ciento en el 2009 (Alcaldía de Medellín, 2010) y desde entonces ha estado mostrando una tendencia positiva. De acuerdo con informes de la alcaldía, la tasa se mantuvo

decreciente hasta el año 2014, cuando llegó a estar por debajo del nueve por ciento, pero empezó a subir de nuevo hasta alcanzar un once por ciento en 2016 (Alcaldía de Medellín, 2017). Los sectores económicos que más empleo generan son: la industria, el comercio, hotelero y servicios (Alcaldía de Medellín, 2017). A pesar de estas mejorías en la ocupación laboral, el empleo informal de Medellín (como en el resto del país) sigue siendo considerablemente alto: entre el 2011 y 2016 escasamente se redujo del 46 al 44 por ciento de los ocupados en la ciudad (Alcaldía de Medellín, 2017).

Como lo describe un reciente estudio de Banco Mundial, la alta productividad de Medellín se puede ver afectada por la congestión y una alta densidad mal conectada, que reduce la accesibilidad y las bondades de la aglomeración urbana. Por esto, es importante incluso para los empresarios de los diferentes sectores mencionados que en la gestión de la movilidad se consideren nuevos modelos que no solo aportarán a un mejor aire para respirar, sino que harán más eficientes los negocios y mayores los beneficios económicos (Banco Mundial, 2018).

En Colombia se utiliza un modelo de estratificación para discriminar, según el lugar de residencia, la capacidad económica y el acceso a los diferentes servicios de las familias. El estrato uno se define como el más bajo y el seis representa la mayor capacidad económica. En el valle de Aburrá los estratos dos y tres concentran el mayor número de viviendas (273 000 y 232 000 respectivamente), mientras que en el estrato seis, se encuentra el menor número de viviendas, con unas 34 800. El estrato uno está compuesto por 101 000 viviendas, el estrato cuatro por 88 900 y el estrato cinco por 64 500 (Alcaldía de Medellín, 2017). El perfil socioeconómico del valle es un elemento importante para la amplia comprensión de los problemas de inclusión y equidad a los que conlleva una configuración territorial ineficiente y un sistema de movilidad inadecuado.

Como lo expresa Zapata (2014), los grupos de personas que experimentan problemas de movilidad tienden a ser los mismos grupos definidos como aquellos en mayor riesgo de exclusión social. La exclusión social relacionada con la movilidad es un proceso en el que, debido a los medios deficientes o inexistentes para viajar, las personas pierden participación en la vida económica, política y social de la ciudad

(Kenyon, Lyons, & Rafferty, 2002), manteniendo así un ciclo de pobreza por la falta de oportunidades que se retroalimenta (Zapata, Stanley, & Stanley, 2014).

Zapata (2014) describe, con una metodología adaptada de Stanley, J. y otros, cómo las comunas 1, 2, 8 y 13 de Medellín, las cuales combinan los estratos más bajos y las pendientes más altas, son las de mayor riesgo de exclusión social en la ciudad, alcanzando valores de 4,11, 3,55, 4,12 y 3,50 respectivamente en una escala de exclusión cuyo máximo valor es cinco. En contraste, las comunas de los estratos más altos, con menor número de habitantes, oscilan entre 0,99 y 1,67 en la misma escala, pero son las zonas de mayor motorización del valle de Aburrá.

A propósito del mismo estudio sobre el impacto de los metrocables para reducir la exclusión social, es difícil medir el efecto de los mismos, ya que aunque se consideran grandes soluciones, los cables son sistemas de baja capacidad (2000 pasajeros por hora por sentido, aproximadamente) (CUP, 2013) y no solo atienden las zonas más densamente pobladas, sino que han generado un efecto de atracción de nueva población, aumentando los tiempos de espera y el hacinamiento en las estaciones y motivando así el continuo crecimiento del parque automotor, particularmente de motocicletas, incluso en las áreas de influencia del sistema metro.

El valle de Aburrá cuenta con diferentes tipos de espacio público que han sido clasificados entre los siguientes tipos: áreas para la protección del sistema hídrico (65 por ciento), zonas de protección del sistema orográfico (31 por ciento), áreas para la circulación y la movilidad (con poco más del tres por ciento), áreas para la conservación del patrimonio (con el 0,1 por ciento), áreas para los espacios públicos efectivos (con apenas un 0,7 por ciento del total) (urbam EAFIT, 2018).

El espacio público efectivo es aquel que se relaciona directamente con el gozo y aprovechamiento que le dan los ciudadanos y sigue siendo una deuda de la administración y la construcción de la ciudad-región, puesto que Medellín y su área metropolitana presentan un déficit notable. Mientras la Organización Mundial de la Salud (OMS), recomienda por lo menos contar con nueve metros cuadrados por habitante y plantea una meta de llegar a los quince, en la región históricamente se

han brindado alrededor de tres, teniendo algunos municipios que incluso se mantienen por debajo de uno (urbam EAFIT, 2018).

Según el Decreto Nacional 1504 de 1998, el espacio público se define como “conjunto de inmuebles públicos y los elementos arquitectónicos y naturales de los inmuebles privados destinados por naturaleza, usos o afectación a la satisfacción de necesidades urbanas colectivas que trascienden los límites de los intereses individuales de los habitantes”. Debido a definiciones tan amplias que permiten diversas interpretaciones, la cuantificación del espacio público ha sido una discusión permanente para la ciudad, como lo muestra el Indicador Cuantitativo de Espacio Público del 2010, en el que se advierte sobre la poca claridad en los criterios de evaluación de espacio, la variación constante en las definiciones y la posibilidad de considerar o no, factores externos que, según el caso, afectan la medida real.

Entre 2006 y 2007, por ejemplo, el incremento significativo de las áreas de espacio público efectivo se debió a la adición de las áreas complementarias del sistema vial, puesto que por un lado se argumentaba que las vías hacen parte del espacio público total, lo cual es cierto, mientras por el otro se recordaba que estas áreas no pueden sumarle al espacio público efectivo ya que, en casi ningún caso, los separadores viales o los lazos de los puentes son de libre acceso o lugares de permanencia y encuentro como lo son los parques y las plazas.

Por otro lado, en la medición de parques se incluyeron zonas verdes que fueron adecuadas con mobiliario pero que ya habían sido incluidas como “zonas verdes”, generando un efecto de duplicación de la cifra (DAP Medellín, 2010). Una revisión y actualización del indicador por parte de diferentes secretarías en conjunto, logró homogeneizar y determinar los valores que se muestran en la figura 4 para los años inmediatamente anteriores al estudio.

Viendo la tendencia de la relación entre nuevos espacios públicos y nuevos habitantes es claro que, aunque se hayan hecho grandes esfuerzos por mantener el crecimiento del espacio público efectivo, resulta cada vez más difícil estar al ritmo de la urbanización y el aumento poblacional. A pesar de las apuestas por aumentar este indicador, se necesitan nuevas estrategias que involucren de una forma más

estricta a los desarrolladores privados que se encargan de todo tipo de proyectos urbanos para que, en la medida en la que la ciudad les sirve para el desarrollo de sus actividades económicas, estos le garanticen a la ciudad ciertos espacios de integración que se conviertan en los intersticios de lo público y lo privado y que es finalmente lo que le da sentido y valor a la calle y a los diferentes destinos que ofrece la ciudad (Medellín Cómo Vamos, 2016).

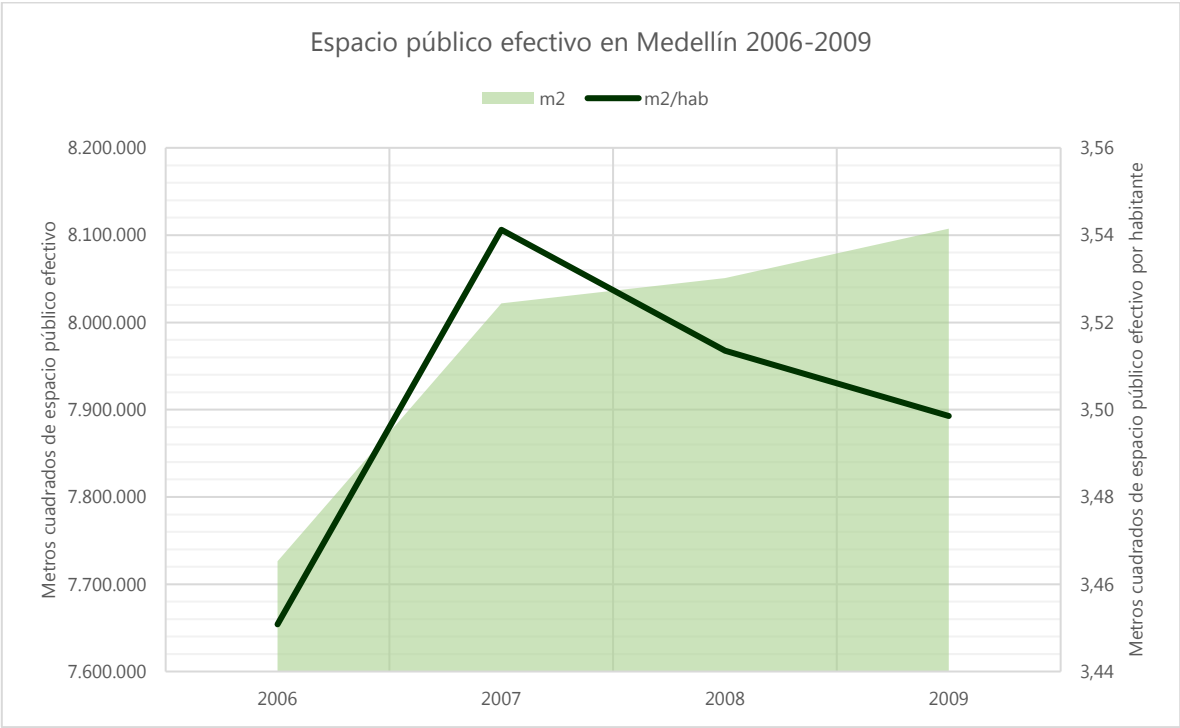


Figura 4. Espacio público efectivo en Medellín 2006-2009. Fuente: (DAP Medellín, 2010).

Aunque en la figura anterior solo se percibe un leve descenso en la cantidad de espacio público efectivo por habitante, estudios recientes demuestran que, en los últimos diez años, el indicador se ubica por debajo de los tres metros cuadrados y sigue descendiendo. Esto plantea una verdadera crisis para la calidad de vida puesto que según la OMS (2016) contar con los espacios necesarios mejora la calidad del aire, estimula la actividad física, reduce los efectos de isla de calor urbana y amortigua otros impactos generados por la contaminación urbana y por la crisis climática global.

De acuerdo con el documento CONPES 3718 del Gobierno Nacional, en Colombia, el indicador promedio estimado en las ciudades para el año 2006 era de cuatro metros cuadrados por habitante. No obstante, una revisión reciente del mismo señala que esta cifra estuvo sobrestimada y que para el 2010 el indicador ajustado sería de apenas unos 3,3 metros cuadrados de espacio público efectivo por habitante. Desafortunadamente, en general y para el valle de Aburrá, es bastante común la discusión por decimales que se suman o se restan de acuerdo con la metodología y la escala del estudio presentado, pero rara vez se dedican los esfuerzos a entender qué tipo de mecanismos se necesitan y cuánto puede costar aumentar considerablemente este indicador. En otras palabras, mientras se discute si hay 3,3 o 3,4 metros cuadrados, se pierde la oportunidad de diseñar proyectos estructurales y de largo plazo cuya meta real y sustentada como posible, sea llegar a los nueve mínimos o incluso los quince que recomienda la OMS.

Posterior al análisis que hizo el DAP (2010), el informe de indicadores objetivos de espacio público y movilidad vial de Medellín Cómo Vamos concluyó que el espacio público peatonal por habitante, aunque pequeña, tuvo una reducción, pasando de 1,79 a 1,74 entre 2011 y 2013 y llegando nuevamente al valor reportado en 2007, cuando estuvo en el punto más bajo de los últimos años (Medellín Cómo Vamos, 2013). Se estima que el 3,5 por ciento del suelo de la ciudad corresponde a vías, entendiendo estas como todas las superficies terrestres, públicas o privadas, por donde circulan vehículos y están debidamente señalizadas (Alcaldía de Medellín, 2010). Sin embargo, este cálculo se ha repetido y actualizado con diferentes metodologías y será explicado más adelante con la profundización del análisis sobre los elementos propios de la movilidad como un sistema urbano estructurante.



## 4.2 El sistema de movilidad urbana

El valle de Aburrá es reconocido en Colombia, entre otras cosas, por ser la única región con un sistema férreo de pasajeros tipo metro y ha sido calificado como líder en soluciones de transporte en América Latina (BID, 2016). Esto último se debe principalmente a la amplia oferta de sistemas de transporte público y a innovaciones puntuales con las que se han atendido situaciones de carácter urbano, utilizando elementos de otros ámbitos como los cables aéreos (metrocables) y las escaleras eléctricas. La creatividad para resolver algunos desplazamientos cotidianos en Medellín tiene que ver con esa condición particular de la ciudad al ubicarse en un valle pequeño y largado de sur a norte, con altas densidades y principalmente ocupado en sus laderas oriental y occidental.

A pesar de los esfuerzos y grandes avances tecnológicos de los sistemas de transporte, la situación actual de la movilidad, entre las condiciones que aportan al desempeño y competitividad territorial, no muestran buenos resultados. De hecho, en el valle de Aburrá, una conurbación de diez municipios en apenas ciento ochenta kilómetros cuadrados<sup>4</sup> siguen creciendo los problemas típicos de las grandes ciudades y área metropolitanas. La congestión, la accesibilidad, la contaminación, el ruido y la mortalidad vial se mantienen como retos que contradicen las bondades de contar con una variada oferta de sistemas de transporte público en un territorio concentrado y densamente poblado.

Esta contradicción se ha ido consolidado debido en parte a que cada vez que se evalúan los impactos de cualquier proyecto de escala considerable, se establece como condición (consignada en las normas urbanísticas de la ciudad), mantener o incluso aumentar la capacidad vial para garantizar así el flujo de vehículos particulares, no solo existentes, sino proyectados, mientras se desconoce el efecto en la descongestión que podrían tener diferentes sistemas de transporte colectivo o masivo si se priorizaran o se incluyeran en esos mismos corredores (AMVA &

---

4 Solo se considera la extensión de la mancha urbana de la conurbación. Vale aclarar que el valle de Aburrá corresponde a la suma de las áreas urbanas y rurales de los diez municipios, mientras el área metropolitana solo incluye el territorio urbano.

Consortio de Movilidad Regional, 2009) (Nieto, 2019), lo que impulsa el círculo vicioso a través del cual tanto la congestión como las ampliaciones viales siguen aumentando y retroalimentándose (Speck, 2012).

Uno de los problemas con este enfoque para intentar descongestionar las calles es que parte de una suposición desafortunada al estimar el aumento en el uso del carro y la moto como si fuera una condición establecida y casi lineal<sup>5</sup> en el tiempo. Lo que realmente se busca con los proyectos para mejorar la movilidad, incluso si se trata solo de un tema de congestión, es disminuir el número de viajes en vehículos particulares a favor de otros modos más eficientes para los mismos desplazamientos, sea con sistemas de transporte ya existentes o por construirse.

De manera automática, al establecer un número mínimo de vehículos como condición inicial y no uno máximo, se promueve el incremento de viajes ineficientes y además se bloquea la migración natural de conductores hacia sistemas públicos colectivos (GIZ, 2009). Esto se debe a que se mantienen o se mejoran las condiciones sobre las cuales cada conductor había decidido previamente que su carro o moto era la mejor alternativa para movilizarse. La variación que se genera entre la demanda esperada (similar a la capacidad del sistema y tecnología definidos) y la real, deja al mismo tiempo un problema de congestión sin resolverse y una sobreoferta de sillas que se considera una de las principales causas de la insostenibilidad de algunos sistemas o líneas de transporte público (El Tiempo, 2006).

Como la intención de mantener el nivel de servicio para automóviles particulares ha estado vigente por muchos años, la dependencia de estos modos ha crecido, evidenciado la escasez del espacio disponible para modos individuales en las principales avenidas de la ciudad. En este sentido, uno de los aspectos que ha condicionado el modelo de movilidad, es que la ciudad, junto con otros municipios del área metropolitana, es atravesada por una autopista nacional (llamada Avenida Regional) que corre por el centro del valle junto al río y que recibe muchos de los viajes de carga que van del sur al norte del país mientras sirve como vía principal

---

<sup>5</sup> O exponencial como se ha dado en los últimos veinte años en el caso del valle de Aburrá.

para los viajes locales y metropolitanos. Esto se debe a que son pocos los corredores longitudinales que pueden conectar orígenes y destinos como lo hace la regional, pero la combinación de viajes nacionales y locales en los que confluyen peatones, bicicletas y motos con buses intermunicipales y camiones articulados es una situación indeseable e ineficiente. En la figura 5, se resaltan las principales avenidas del valle de Aburrá.

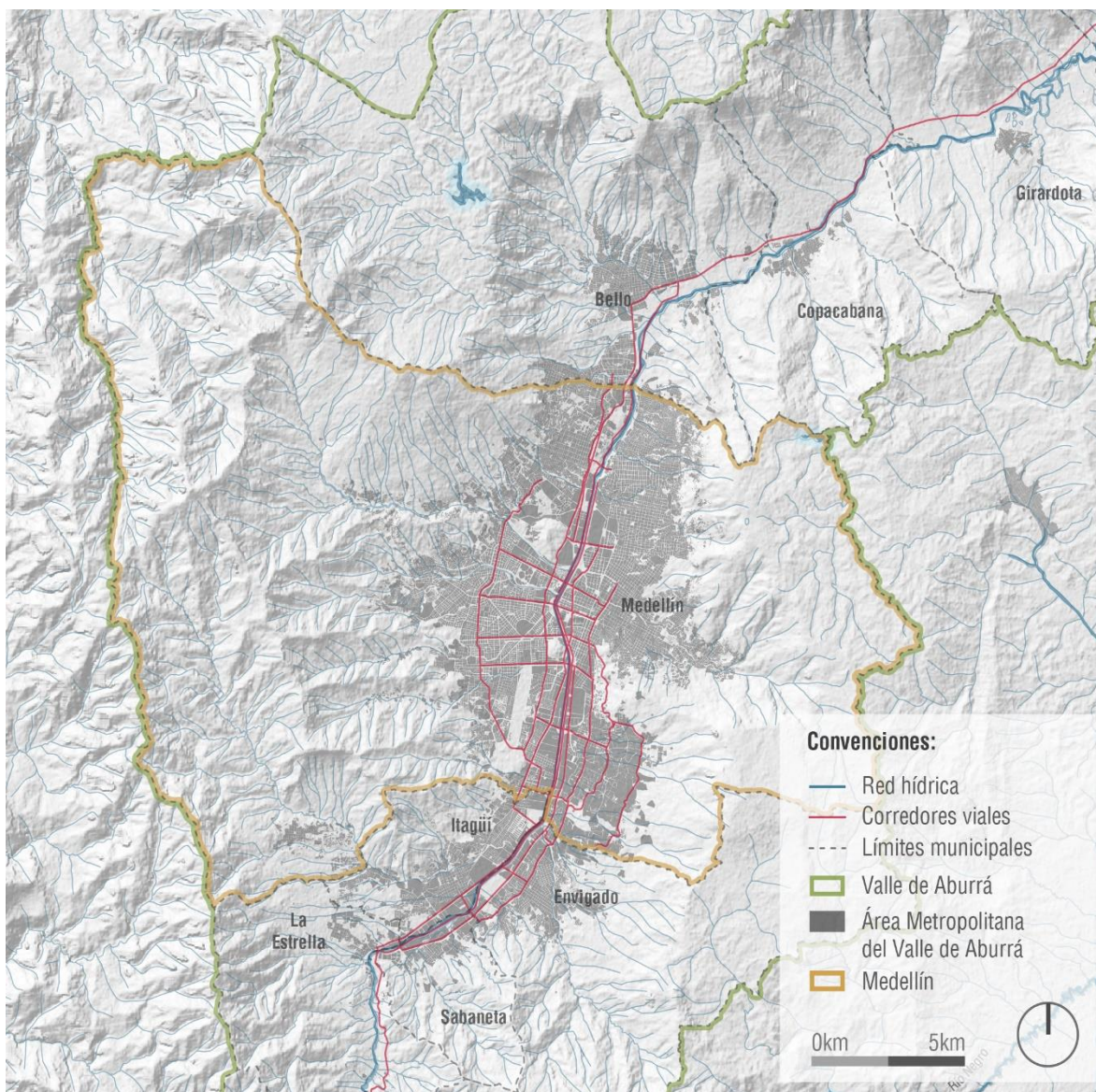


Figura 5. Principales avenidas. Elaboración: Juan Esteban Vergara con base en (urbam EAFIT, 2018).

En la medida en la que el valle se expandió hacia el sur y hacia el norte, aumentando considerablemente la oferta de vivienda en ambos extremos, pero sin desarrollar en

la misma medida servicios que atendieran a la nueva población (López, Nieto, & Arias, 2010) (urbam EAFIT, 2018), se empezó a demandar en exceso el espacio de los corredores norte-sur y sur-norte para los viajes diarios.

Considerando que no hay más de cinco corredores longitudinales que tengan una continuidad igual o superior a los diez kilómetros, se puede explicar el estrés al que se ven sometidas estas avenidas principales y particularmente la Avenida Regional, que recorre por lo menos veinticinco kilómetros sin intersecciones a nivel ni semáforos.

Entre las avenidas restantes, como La 34, La 43a, La Oriental, Las Vegas, Industriales, Ferrocarril, Guayabal, La 65 y La 80, solo un tramo de la Avenida del Ferrocarril cuenta con un sistema de BRT con seis estaciones. Las avenidas restantes se valen de buses convencionales que deben luchar por el espacio durante todo el recorrido, incluso como sucede para Línea 2 de buses del sistema metro sobre la Avenida 43a y la Avenida Oriental (ver figura 6).



*Figura 6.* Carril “Solo Bus” en Medellín, 2019. Foto: Emmanuel Ospina-Sierra.

Al respecto se puede destacar que desde el 2016, con base en el Código Nacional de Tránsito (Ley 769 de 2002), se dio inicio al programa de carriles preferenciales para buses o “Solo Bus” en algunas de las avenidas ya mencionadas. Sin embargo, sus efectos, aunque positivos en algunos casos, son casi imperceptibles. En la figura 6 se puede ver una condición típica del uso de los carriles preferenciales, a la izquierda un bus padrón de la Línea 2 de buses y a la derecha, obstruyendo el carril “Solo Bus”, un camión de carga mientras hace la entrega de vehículos a un concesionario sobre la 43a, en Medellín.

Para este tipo de intervenciones se conocen otras tipologías de carriles, los cuales, en conjunto con instrumentos de control, podrían funcionar mejor en el contexto de Medellín<sup>6</sup>. Además, otros análisis que estudian los riesgos asociados al diseño y operación de estos carriles evidencian la necesidad de construir normas locales específicas, puesto que el Código Nacional resulta ser un instrumento demasiado elevado para responder a situaciones como las que se presentan con los ciclistas y motociclistas, afectados por algunas definiciones normativas (WRI, 2012) o por elementos de segregación de los carriles (La FM, 2018).

Aunque sea un avance, la medida de los carriles preferenciales no puede considerarse una solución estructural ni definitiva, ya que solo representa una pequeña parte de un conjunto de estrategias por ahora sin ejecución. En cualquier caso, para las vías en cuestión, se ha calculado que, por más prioridad que tengan los buses, su capacidad es insuficiente, por lo que se requiere invertir en nuevas tecnologías y apostar por sistemas masivos (Carmelo & Restrepo, 2015) (urbam EAFIT & Metro de Medellín, 2016). Lo anterior para responder a la creciente demanda de viajes y satisfacer las necesidades de los usuarios de forma que no haya dudas sobre su conveniencia.

---

6 Casos como el Metrobús de Buenos Aires, Argentina donde se operan estos carriles con estaciones en el separador central y en contraflujo, demostrando la flexibilidad y eficiencia del sistema al utilizar la flota de buses existentes, (con puertas sobre el costado derecho) y evitar la invasión de particulares. Debido a la necesidad de nuevos pasos peatonales a nivel para el acceso a las estaciones, la seguridad vial en estos corredores también ha sufrido mejoras. Otros casos como los de Londres y Nueva York demuestran cómo las estrictas medidas de control y sanción con cámaras y sensores mantienen el adecuado funcionamiento de estos carriles.

El sistema de movilidad del valle de Aburrá tiene un potencial técnico y tecnológico muy alto, pero ha sido subestimado por tomadores de decisión que pretenden tener avances y logros en períodos tan cortos como sus períodos de gobierno. Esta mala práctica evita la gestión e inversión en soluciones estructurales de las que se puedan ver resultados mucho después de su mandato. Por eso es valioso aportar argumentos para dejar atrás la discusión de la movilidad en términos exclusivos de congestión y avanzar hacia modelos integrados que permitan la comprensión de las amplias consecuencias de seguir repitiendo errores en la gestión de la demanda de transporte.

Para entender mejor el tipo de sistema que funciona en el valle de Aburrá, este se puede clasificar por lo menos en tres escalas, que debido al tipo de autoridades y jurisdicciones “independientes”, deben coexistir sin una verdadera visión de sistema integrado –intermodal y multimodal– al servicio del usuario. En el valle de Aburrá, el transporte público todavía es gestionado como un negocio de propiedad y operación privada, sin entenderse como cualquier otro servicio público básico y necesario para mejorar las condiciones de integración y acceso de la población a las oportunidades que ofrece la ciudad y por supuesto, la productividad y la calidad de vida (Rodrigue, 2017).

Las tres escalas sugeridas, que se describen a continuación son; la calle, el sistema masivo y el sistema colectivo.

#### 4.2.1 El espacio físico de la calle

La red vial puede ser el espacio público más importante de cualquier ciudad, pero muchas veces se desconoce como parte esencial de los sistemas de transporte ya que es una figura compleja al estar compuesta de calles, avenidas, andenes, ciclorrutas, caminos, separadores, zonas verdes, antejardines, parques, plazas o incluso quebradas por donde se pueden realizar diferentes desplazamientos sean cotidianos o no. Las vías o perfiles viales, en conjunto, son el elemento esencial que permite todas las conexiones entre todos los puntos y actividades que ocurren en el territorio ya que abarcan todo lo que existe entre las puertas de los espacios que se

habitan cada día, como casas, hospitales, escuelas o comercios. Todo lo que existe en el medio, es y hace parte de la calle.

Sin embargo, es común la idea de que la red vial está dedicada principalmente al flujo de vehículos particulares (carros y motos) por la importancia que se les dio a estos modos durante el siglo XX y por las modificaciones extremas que han sufrido las ciudades para acomodar nuevas autopistas y aumentar las velocidades. Sin embargo, esta noción se aleja mucho de la realidad, ya que la calle es la gran oportunidad que tienen las ciudades para definir y construir su modelo urbano. En años recientes se ha fortalecido el fenómeno de recuperarla a favor de las personas, restringiendo cada vez más la circulación de vehículos motorizados.

Con casi 5500 hectáreas en total, los perfiles viales del valle de Aburrá, incluyendo todas las zonas rurales, ocupan un 4,7 por ciento del territorio, pero la densidad vial<sup>7</sup> urbana es mucho mayor debido a que hay una importante diferencia entre las carreteras que conectan municipios entre sí y las calles que se distribuyen dentro de los mismos. De hecho, más de 4000 de las 5500 hectáreas totales se encuentran en la zona urbana y allí ocupan el veintidós por ciento del área metropolitana, que es una medida dos puntos por encima del promedio en doscientas ciudades reportadas por todo el mundo (Atlas of Urban Expansion, 2014).

De las 11 140 hectáreas de suelo urbano en Medellín, 2800 corresponden a los perfiles viales, por lo que no solo es la ciudad con la mayor densidad vial del área metropolitana, sino que está por encima de Bogotá y se ubica junto a Pekín (China), Chicago y Los Ángeles (Estados Unidos), con un veinticinco por ciento de cobertura de la superficie dedicada a vías. Por encima de esta cifra se encuentran muy pocas ciudades en el mundo. Algunas de ellas son Guadalajara (con 27), Fukuoka y Madrid (con 29). Al interior del valle de Aburrá, Envigado tiene una densidad vial del dieciséis por ciento e Itagüí del veinte. Este análisis es útil para entender que en Medellín lo que falta no son vías, sino una distribución eficiente del espacio disponible.

---

<sup>7</sup> La densidad vial es un indicador que relaciona la longitud de las vías con la extensión o área del territorio y normalmente se mide en kilómetros sobre kilómetros cuadrados [km/km<sup>2</sup>]. Para este ejercicio, se ha tomado una medición alternativa que mide el porcentaje de superficie terrestre ocupada por los perfiles viales, considerando tanto el área de la ciudad, como el de las vías.

La siguiente figura muestra la diferencia entre lo que se define como una simple carretera y las vías urbanas. El contraste que existe entre la zona rural, en la que solo se transita por estas largas y delgadas líneas y la zona urbana, que cuenta con todos “los vacíos” de la ciudad para consolidar una red en la que se permiten todos los tipos de desplazamientos e interacciones, se evidencia con la mancha roja sobre el mapa que representa la ocupación de la infraestructura vial en todo el valle de Aburrá.

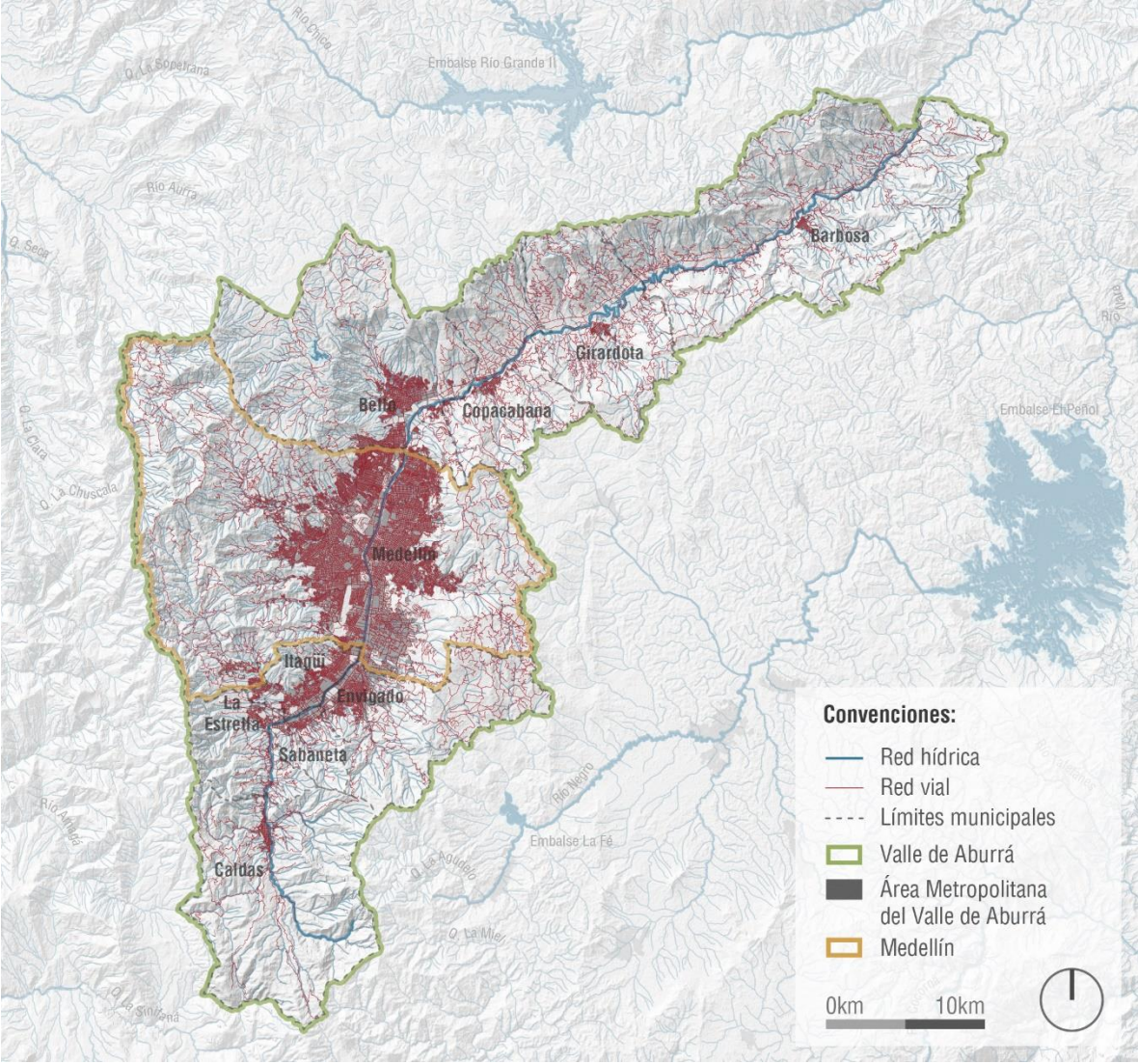
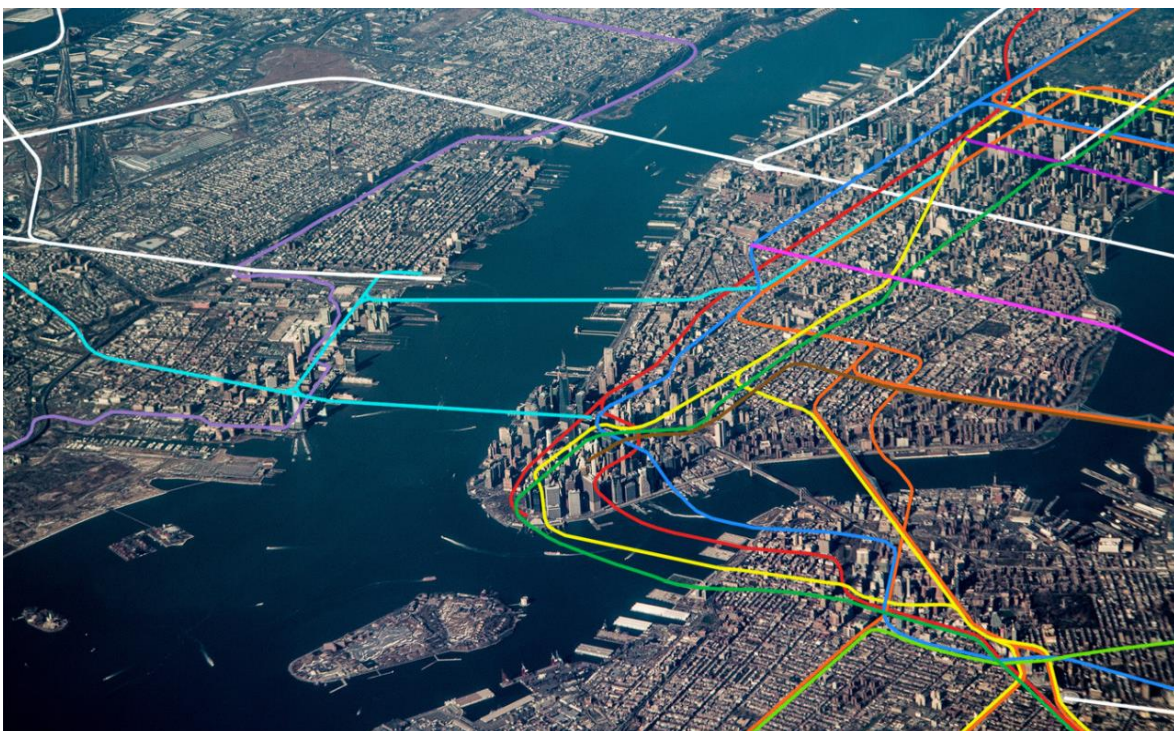


Figura 7. Llenos y vacíos con las redes viales urbanas y rurales. Elaboración: Juan Esteban Vergara con base en (urbam EAFIT, 2018).



Al respecto de las ciudades con la mayor densidad vial (expresada en porcentaje de cobertura terrestre, como se ha definido para este ejercicio), no se puede olvidar el efecto que tienen los sistemas de transporte masivo subterráneos que operan en diferentes capitales como Nueva York, Buenos Aires, Londres, París, Moscú o Tokio. Esto les da una ventaja clara al resolver gran parte de la demanda de viajes bajo tierra y utilizar el espacio urbano en las tres dimensiones.

Para explicar de forma gráfica el efecto de este tipo de sistemas, un ejercicio previo se dio a la tarea de mostrar esas líneas subterráneas sobre fotos aéreas de algunas ciudades. El caso de Manhattan, el cual se muestra en la figura 8, representa uno de los mejores ejemplos de cómo es posible la movilización de tantas personas en espacios tan reducidos utilizando sistemas masivos y diferentes "capas" de la ciudad.



*Figura 8.* Manhattan, Estados Unidos. Líneas del subterráneo. Fuente: (Xie, 2013). Elaboración: Arnorian.  
Foto: Dennis Dimick.

Entre 2013 y 2018, el subterráneo de Nueva York promedió 5,5 millones de viajes diarios (Metropolitan Transportation Authority, 2018), que resuelven un alto porcentaje de los más de doce millones de viajes que se estiman para la ciudad (NYC DOT, 2018) y son casi la totalidad de viajes del valle de Aburrá, con 6,1 millones en

todos los modos (AMVA, 2017). Todo esto sin utilizar la calle en superficie, o mejor dicho utilizando la calle como el principal sistema de alimentación del metro subterráneo. Esa visión tridimensional del entorno urbano les permite a muchas de las ciudades mencionadas, exhibir sus principales avenidas como sectores vibrantes y llenos de vida, puesto que el espacio está principalmente dedicado al encuentro, al disfrute, a los servicios o al comercio y no a los automóviles.

#### 4.2.2 El Sistema Integrado de Transporte del Valle de Aburrá (SITVA)

Para empezar a describir los sistemas de transporte, sus tecnologías y operación, se debe destacar el éxito que ha tenido la ciudad y de lo que se ha beneficiado ampliamente el área metropolitana con la conformación del sistema metro que funciona desde mediados de los años 90, empezando con una línea central que atraviesa el valle de sur a norte y que fruto del esfuerzo por expandir la oferta de medios disponibles e integrarlos a lo largo y ancho del territorio, se ha diversificado para incluir cables aéreos (metroables), buses en carriles segregados (*BRT*, por sus siglas en inglés), tranvías y rutas de buses integrados o alimentadores, así como un sistema de bicicletas públicas.

El sistema masivo del valle de Aburrá se basa en dos líneas de metro, que originalmente fueron pensadas para resolver las necesidades de conexión en una ciudad industrial al sur y residencial al norte, sin embargo, la velocidad con la que cambió la dinámica habitacional y económica de la región no ha sido la misma con la que el sistema se ha ido actualizando lo que ha llevado a un aumento continuo de viajes y a una disminución en el nivel de servicio (Ortiz, 2019). Diferentes estudios demuestran la saturación del eje principal, insistiendo en la necesidad de cambiar el esquema inicial de "espinas de pescado *tronocoalimentada*"<sup>8</sup> por resultar insuficiente para la demanda actual y no responder a las nuevas dinámicas de los viajes.

---

<sup>8</sup> Se trata de un esquema en el que todos los viajes se mueven por el centro del valle en sentido sur-norte y norte-sur obligando a los viajeros con origen o destino en el oriente o el occidente a desplazarse primero hacia el centro para tomar esa única línea y luego a tomar otro transporte para alcanzar su destino. Aunque uno de los recorridos con mayor número de viajes se origina en la ladera nororiental y tiene su destino en la ladera suroriental (urbam EAFIT & Metro de Medellín, 2016), esta conexión es inexistente y se debe resolver por el centro del valle.

La línea A (sur-norte) se ha cargado tanto que ha superado la capacidad operativa del sistema en más de treinta por ciento de las estaciones (urbam EAFIT & Metro de Medellín, 2016), motivando propuestas de una verdadera red intermodal y multimodal, así como la posibilidad de tener conexiones directas entre cuencas que eviten que los otros modos se dediquen solo a alimentar el sistema y puedan resolver por sí mismas algunos de los recorridos origen-destino (Ángel, 2019). A parte de la saturación, la ineficiencia del esquema actual se refleja en sobrecostos y recorridos adicionales que obligan a tener más de un trasbordo, lo cual implica mayores esperas, bajas condiciones de accesibilidad y aumento de la tarifa, condiciones que afectan la atraktividad del sistema y se pueden reflejar en la pérdida de pasajeros. La figura 9 muestra la distribución del SITVA en el territorio.

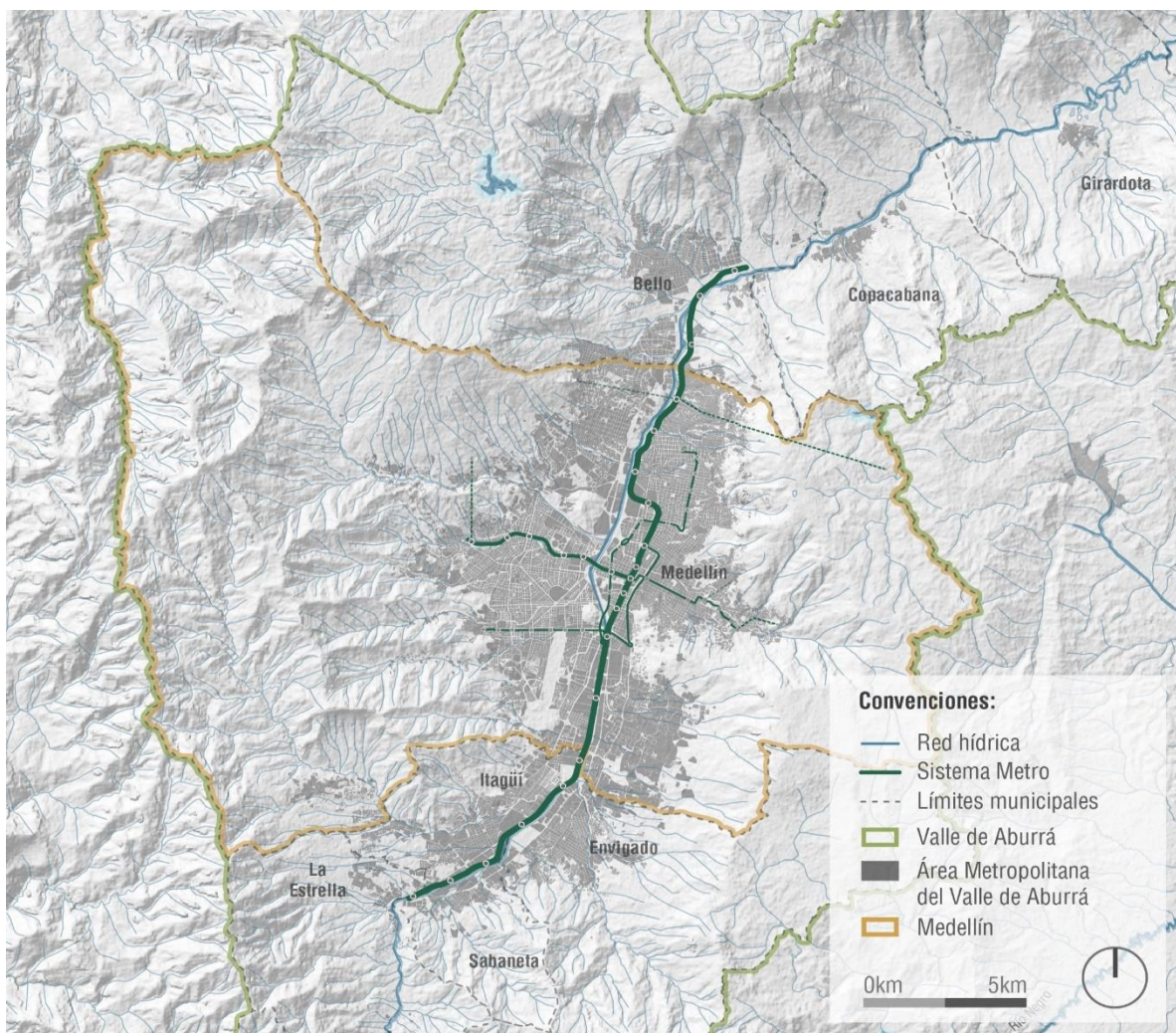


Figura 9. El sistema metro y su integración a la ciudad. Elaboración: Juan Esteban Vergara con base en (urbam EAFIT & Metro de Medellín, 2016).

Como se ve en la figura 10, las dos líneas de metro se complementan con un grupo de sistemas alimentadores que se divide en nueve cuencas de buses tradicionales en calzada compartida (las cuencas no están en este mapa), dos líneas de BRT (con una más en construcción en 2019), cinco líneas de metrocables (con una más en construcción en 2019) y una línea de tranvía.



Figura 10. Mapa oficial del SITVA. Fuente: (Metro de Medellín, 2019).

Entre tanto, la figura 9 muestra la baja cobertura del sistema que, si bien ha mantenido un crecimiento necesario en cuanto a su capacidad y alivia buena parte de los viajes, sigue sin incorporarse al desarrollo urbano como un estructurante y se considera complementario. Después de las dificultades que tuvo la empresa Metro para estrenarse como operador urbano en la construcción de la estación La Estrella en 2012, como dice García (2019), se espera que la ampliación de la estación Acevedo sea una buena oportunidad para retomar esa necesaria aparición de un nuevo operador que aporte a la integralidad de los procesos de planificación y desarrollo urbano (Ortiz, 2019).

Aunque el sistema empezó su operación a finales de 1995, la mayoría de las ampliaciones se ha dado durante la última década. Las cinco líneas de metrocables en operación, fueron inauguradas entre 2004 y 2019. El sistema de bicicletas públicas fue un experimento en 2010 y un proyecto consolidado para el 2011. También en el 2011 empezó a operar la primera línea de buses tipo *BRT*, y el último en sumarse fue el tranvía de Ayacucho en 2016. Este tranvía cuenta con dos líneas de cables, una de ellas operando y la otra en proceso de construcción en 2019. Para el año 2018, el SITVA contaba con 76 estaciones, 80 trenes, 12 tranvías, 31 buses articulados (uno de ellos eléctrico), 47 buses padrones, 362 telecabinas, 1500 bicicletas y 52 estaciones del sistema de bicicletas públicas EnCicla (Metro de Medellín, 2019).

De acuerdo con el informe Medellín en cifras del 2010 (Alcaldía de Medellín, 2010), el Metro mantuvo un incremento de pasajeros con un promedio del cuatro por ciento anual. Para el año 2010, la capacidad instalada en todo el sistema era para movilizar a cerca de 650 000 pasajeros por día, siendo la línea A del sistema, como se explicó antes, la encargada de mover el mayor volumen de pasajeros con alrededor del ochenta por ciento de la demanda (Alcaldía de Medellín, 2010). Según la contraloría, la cual ratifica el aumento de viajes en el sistema durante los últimos años; entre 2009 y 2013 la cantidad de viajes por año creció casi en cincuenta millones (Contraloría General de Medellín, 2013).

Si bien la tasa a la que crece la capacidad ya no es tan alta, la demanda sí se ha mantenido en aumento a tal nivel, que en el 2015, se estimaba que solo en las horas pico de un día laboral, alrededor de 580 000 personas viajaban en el sistema. (Metro

de Medellín, 2019). Para el 2018, se estimó un número de viajes diarios del orden de 1 042 000; 770 000 en metro, 142 000 en *BRT*, 85 000 en cables y 45 000 en tranvía (Secretaría de Medio Ambiente, 2019).

El SITVA está representado por una amplia oferta de sistemas y tanto su capacidad como su demanda han mantenido un incremento, pero en horas pico, la capacidad de ocho pasajeros por metro cuadrado para la que se diseñó el metro está siendo alcanzada y algunas veces superada como lo expresaba en su momento Claudia Restrepo, gerente de la empresa en 2015. Restrepo indicaba que, en términos de densidad por metro cuadrado, lo ideal en horas pico son seis personas y agregaba que, en Medellín, se reportan entre 7,5 y 8,1 personas por metro cuadrado (Vargas, 2015). Aún bajo este panorama de saturación, los modos combinados del SITVA, apenas están respondiendo por el dieciséis por ciento de los viajes diarios, mientras los buses convencionales, aunque han perdido gran parte de la demanda desde el 2005, siguen siendo la solución para el diecinueve por ciento de los viajes (AMVA, 2017).

#### 4.2.3 El sistema público colectivo

Por lo anterior, un complemento esencial para el sistema metro y un pilar del transporte público para la ciudad y su área metropolitana es el servicio de transporte prestado por buses. Aunque los buses se han visto como un sistema obsoleto y propenso de ser reemplazado por una tecnología completamente nueva, es difícil alcanzar el nivel de penetración y flexibilidad que estos presentan. Para el caso del valle de Aburrá, y a nivel general en Colombia, el problema de los buses está normalmente asociado al vehículo y no al sistema.

Lo primero es que se popularizaron, por diferentes razones, como la topografía y las malas condiciones de las carreteras, las carrocerías de piso alto, las cuales tienen una pésima accesibilidad y no se han actualizado en más de cincuenta años. Lo segundo es que, aunque se presiona un cambio de combustibles para estos vehículos, los

empresarios han mantenido una posición fuerte frente a este tema y el diésel sigue siendo permitido, aún con tecnologías Euro III y Euro IV<sup>9</sup>.

El sistema de buses está servido por buses convencionales que se reparten en tres grandes grupos: las nueve cuencas de los alimentadores del metro que ya fueron mencionados y hacen recorridos entre las zonas más apartadas y las estaciones del metro, las rutas de transporte metropolitano que hacen recorridos sur-centro-sur y norte-centro-norte para mantener la comunicación de cada municipio de la región con la gran centralidad que representa Medellín, y las rutas internas de Medellín bajo la figura de Transporte Público Medellín (tpm), las cuales ofrecen los trayectos menos atendidos por el sistema metro y sirven también algunas de las zonas rurales de la ciudad.

Tener tres sistemas diferentes que no solo comparten la tecnología, sino la infraestructura, y pueden operar de forma casi autónoma que se define entre los municipios y las empresas prestadoras del servicio, implica que muchos corredores presenten sobreoferta de sillas en unos horarios y saturación en otros puesto que sirven las mismas rutas con diferentes objetivos y compiten por los mismos pasajeros en sus recorridos. Esta situación genera conflictos permanentes y el principal afectado es el usuario final que debe esperar más tiempo, viaja incómodo y padece más congestión que muchos conductores de carros y motos. Lo anterior, como mínimo, pone en evidencia la necesidad de fortalecer la articulación institucional y redefinir el alcance de la autoridad metropolitana.

Diferentes estrategias de racionalización y renovación de la flota de buses se han emprendido, pero hasta la fecha no se sigue un plan coherente por más de dos períodos de gobierno y cada vez que se cambia de administración se tiene la posibilidad de implementar nuevas ideas o desmontar las que ya estaban operando, entorpeciendo los procesos de planes de movilidad que normalmente tienen alcances de entre diez y quince años. Entre 2009 y 2013, por ejemplo, Medellín pasó

---

<sup>9</sup> Las normas “Euro” son un conjunto de requisitos que regulan los límites aceptables de emisión de gases de combustión interna de los vehículos. Estas normas son progresivamente más restrictivas, pero las Euro III y Euro IV, corresponden a los años 2000 y 2005 respectivamente lo que, para el conocimiento actual del efecto del diésel en la salud, representa un alto nivel de irresponsabilidad.

de tener 179 rutas a tener 132 (Contraloría General de Medellín, 2013) y, para el 2016 el número de rutas creció nuevamente hasta alcanzar las 202 (Alcaldía de Medellín, 2017). Aun así, la cantidad de buses ha disminuido y un 36 por ciento de la flota (1319 vehículos) ha sido actualizado por vehículos de menor emisión contaminante y con elevador en la puerta trasera (Secretaría de Medio Ambiente, 2019).

Aunque también opera un sistema de bicicletas públicas (EnCicla) desde hace casi diez años no es posible hablar todavía de una red de cicloinfraestructura, ni a nivel local, ni a nivel regional, que resuelva las conexiones de ciclistas urbanos o que sirva como alimentación en sectores cercanos a los corredores de transporte público y las estaciones del metro.

En la serie de repartos modales de los últimos veinte años, que se resume en la figura anterior, se puede identificar claramente el fenómeno que explica en gran medida las problemáticas visibles de la movilidad en el valle de Aburrá. Mientras la bicicleta no ha tenido cambios y permanece entre el margen de error y el dos por ciento de los viajes, entre 2005 y 2012, el uso del bus ha bajado del treinta y cinco al diecinueve por ciento y la moto pasó del cinco al doce de los viajes diarios. Ya que poco se ha hecho para desincentivar el uso del carro, no se reportan cambios significativos en este modo y aunque no ha superado el trece por ciento de los viajes hace casi dos décadas, en números absolutos, la cantidad de vehículos particulares, que actualmente supera el millón y medio entre carros y motos, ha superado la capacidad de los principales corredores, ampliando las horas pico y aumentando los tiempos de viaje.

En definitiva, como lo muestra la figura 11, a pesar de tener una variada oferta de modos de transporte en la región metropolitana y presentar mejoras casi continuas en algunos aspectos, se ha evidenciado la incapacidad del sistema público para reclamar viajes de modos particulares y uno de los puntos que puede tener en crisis a todo el sistema es la relación entre los usuarios de bus y los usuarios de motocicleta. Analizando esta relación se puede determinar la baja conveniencia de los viajes colectivos y la falta de instrumentos de gestión con los que se ha contado para resolver la problemática de congestión y la cobertura del transporte público de una forma más eficiente y estructural.



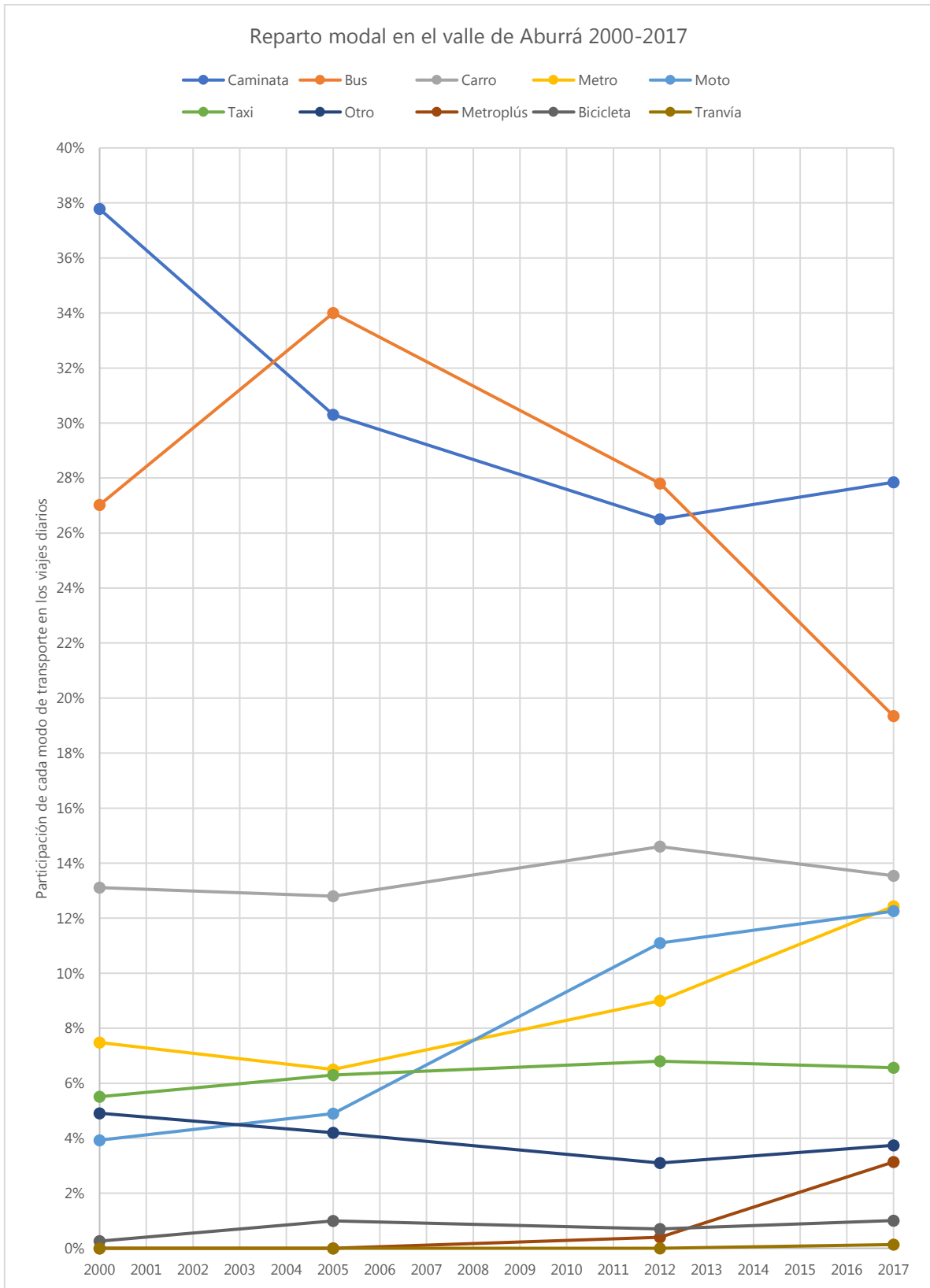


Figura 11. Reparto modal del valle de Aburrá 2000-2017. Fuente: Elaboración propia con base en (AMVA 2000; 2005; 2012; 2017).

## 5. Marco conceptual

Aclarar los conceptos sobre los cuales se desarrollan las ideas de esta investigación es un punto de partida para establecer las reglas o pautas que guiarán el desarrollo de los objetivos planteados. Dada la amplitud que podría tener un análisis de los efectos del transporte en la vida urbana, y contando con que hay ciertos elementos clave cuya definición no está completamente cerrada, se procura la mayor claridad alrededor de lo que es la movilidad urbana, cómo definir el grado de sostenibilidad que presenta, qué normas, acuerdos o instrumentos existen para relacionar a la movilidad con el desarrollo territorial y la sostenibilidad en general y cuáles son esas nociones y líneas base de la calidad de vida y de la salud pública sobre las que se van a efectuar los análisis.

Poner en común algunas ideas que puedan definir conceptos comunes, pero mal entendidos, hace parte de las intenciones con las que se ha desarrollado esta investigación, pues como se explica en la justificación, hay vacíos conceptuales que les impide avanzar en la dirección correcta o por lo menos probar nuevas estrategias que han demostrado mejores resultados en el panorama global. El elemento de urgencia, lo plantea el hecho de que muchas de las respuestas que se han planteado para corregir o mejorar algunos efectos de los sistemas de transporte en la ciudad, son contraproducentes y excluyentes de soluciones que sí han demostrado su eficacia, por lo que en la medida en la que se mantengan vigentes, será más costoso, difícil y demorado alcanzar los niveles de servicio y sostenibilidad soñados.

En términos concretos de los elementos revisados y de mayor relevancia para el desarrollo de la investigación, es importante ahondar en conceptos como la calidad del aire y el material particulado (MP), la seguridad vial y la velocidad, el ruido, los tiempos de viaje y la falta de actividad física en su relación con el estrés y algunos de sus efectos sobre la salud física y mental, y finalmente, los modelos de desarrollo territorial orientados e integrados al transporte.

## 5.1 La demanda inducida (o la ley fundamental de la congestión)

Aunque esta investigación busca destacar las consecuencias más graves de la congestión y de las equivocadas estrategias para enfrentarla, explicar un poco cómo se da y crece el fenómeno en sí mismo es una de las partes más interesantes del proceso. Para muchas de las personas que habitan las ciudades, o incluso aquellas que toman las decisiones dentro de las mismas, sigue siendo un misterio la razón por la que, al aumentar el número de carriles o construir grandes intercambios, la congestión sigue aumentando. La razón es la demanda inducida (Speck, 2012).

En la medida en la que los vehículos se hicieron populares, diferentes condiciones de la ciudad fueron cambiando para adaptarse a esa nueva tecnología, a tal punto que, durante el siglo XX han sido los carros y no los ríos los que han moldeado la forma de las ciudades (Melosi, 2010). Cuando hay un aumento en la demanda vehicular (es decir más carros y motos en las calles), la cual además se alimenta de varios de los mecanismos de gestión territorial (como la expansión urbana y la construcción de avenidas rápidas), la capacidad vial empieza a agotarse, lo que se traduce en congestión a su vez aumenta los tiempos de viaje y el estrés (ONS, 2014).

Sin embargo, el problema no termina ahí. Entre más crece la congestión, menos eficientes son los sistemas colectivos que comparten el mismo espacio (Yuen & Sweet, 2018), por lo que los usuarios de transporte público deciden, en muchos casos, migrar a modos inicialmente más veloces como la motocicleta (García & Marín, 2019). Mientras esto sucede a nivel individual, dos efectos empiezan a crecer en el sistema general. Por un lado, la pérdida de pasajeros atenta contra la sostenibilidad de los sistemas de transporte público, haciendo más difícil que se puedan costear las mejoras necesarias, lo que los hace menos atractivos y su vez genera una mayor pérdida de pasajeros (C40 Cities, 2019). Por otro lado, la demanda del espacio vial sigue creciendo al mismo ritmo que la congestión, incluso para los motociclistas que empiezan a perder las ventajas que inicialmente percibían.

Esta situación, que resulta frustrante para gran parte de la población pues afecta también a quienes caminan y utilizan el transporte público, se convierte en un eje central de los planes y proyectos urbanos, por lo que se invierte la mayoría del

presupuesto público de transporte, en la ampliación de la capacidad vial (Sprawl Report, 2001), construyendo nuevos parqueaderos, carriles y puentes para acomodar más carros y más motos, lo que resulta tan costoso que impide la mejora continua y las ampliaciones necesarias de los sistemas de transporte público colectivo y masivo.

Con las ampliaciones viales hay consecuencias irreversibles en la superficie urbana, afectando no solo el paisaje y el patrimonio (ya sea natural o artificial), sino también las coberturas vegetales, las conexiones ecológicas y la permeabilidad de los suelos. La combinación de estos factores aumenta la isla de calor (Kim & Guldman, 2014), afecta la biodiversidad y aumenta la vulnerabilidad ante los efectos de la crisis climática, como sequías o inundaciones (Schweikert, Chinowsky, Espinet, & Michael, 2014). Además, la deforestación y la pérdida de zonas verdes también tienen efectos directos e indirectos sobre la salud humana y en el comportamiento (Braubach, et al., 2017)

Al cabo de un tiempo se hace evidente que las ampliaciones viales no alcanzan para acomodar la cantidad de vehículos existentes, y mucho menos los proyectados, pues se ha inducido tanta demanda como capacidad instalada y el efecto del crecimiento propio de los viajes se ha mantenido. Sin embargo, los cambios en la configuración del espacio público para favorecer el flujo en algunas avenidas afectan de manera drástica la accesibilidad y la seguridad vial (WRI, 2015), pues permiten que, en ciertos trayectos y en ciertos horarios, se pueda circular a altas velocidades, nuevamente con dos consecuencias contradictorias al argumento inicial de ampliar las vías para evitar la congestión: la primera es que al aumentar el número de carriles y la velocidad de circulación, aumentan las colisiones, las lesiones y las muertes (Fitzpatrick, Carlson, Brewer, & Wooldridge, 2000), ocasionando no solo resultados trágicos en salud, sino demoras importantes que contrarrestan los efectos percibidos como positivos del flujo adicional que permite la ampliación. Lo segundo es que al percibir la falta de accesibilidad y el riesgo asociado al circular por estas vías, tanto peatones, como usuarios de buses y ciclistas, evitan esos recorridos o deciden utilizar también carros y motos que terminan pareciendo ser más adecuados para circular por las grandes avenidas (Ranjan & Welle, 2016), lo que de nuevo aumenta la demanda del espacio y aumenta la congestión.

Al mismo tiempo, con los altos índices de motorización y el aumento de kilómetros recorridos en autos, la contaminación y las enfermedades y muertes asociadas se intensifican (Breathe Life, 2019). Otra forma de contaminación que empieza a tener grandes efectos en la salud pública es el ruido, afectando a cada vez más personas que viven o trabajan cerca de las principales avenidas, lo que aumenta el estrés y se relaciona con algunas enfermedades mentales, la violencia y el suicidio (Min & Min, 2018). Por otro lado, como la ciudad no ofrece las condiciones adecuadas para los desplazamientos a pie o en bicicleta y los tiempos de viaje se han incrementado, aumentando así las horas de inmovilidad de millones de personas cada día, crece el sobrepeso y se empieza a consolidar un problema de obesidad, aumentan las muertes por diabetes, hipertensión y fallas cardíacas (Novo Nordisk, 2019).

Todo esto comenzó como una fila de carros que parecía muy grave para el observador inexperto e impaciente. La congestión en sí no es un problema tan grave, lo grave es querer resolverla de la misma forma en que se ha intentado sin éxito durante más de setenta años. Entre las muchas expresiones que utilizaba Lewis Mumford<sup>10</sup> entre los años cincuenta y sesenta para referirse al error de cambiar el espacio urbano a favor de los carros y no de las personas, una en especial describió con gran claridad el fenómeno de la demanda inducida; tratar de resolver la congestión ampliando las autopistas es como tratar de resolver la obesidad agrandando el cinturón (Toderian, 2016).

Algunas cifras sobre la demanda inducida son repetidas en conferencias, reportes y libros del autor, Jeff Speck, (TED, 2013), quien, citando diferentes estudios, afirma que en promedio un diez por ciento de aumento de la red vial, induce de manera inmediata un cuatro por ciento de kilómetros recorridos en autos, y al cabo de pocos años, ese incremento llega al diez por ciento, alcanzando la nueva capacidad por completo. Speck (2012), destaca también un estudio sobre setenta áreas metropolitanas durante quince años, en los que se demostró que aquellas que más invirtieron en ampliar las vías (gastando unos 22.000 millones de dólares más que las que no ampliaron la infraestructura), terminaron con mayores índices de

---

10 Lewis Mumford (1895-1990). Historiador Estadounidense. Autor de diversos libros sobre la ciudad y su evolución. Reconocido defensor del espacio público como principal centro de la integración humana.

congestión, mayores costos de viaje, mayor consumo de combustible y mayores demoras. Por decisiones como estas, entre 1980 y 1996, los kilómetros recorridos en carro en los Estados Unidos aumentaron un 97 por ciento (Speck, 2012). Este fenómeno se repite por todo el mundo sin que haya un número de carriles o de pisos viales que alivie la congestión, dos ejemplos en las figuras 12 y 13.



*Figura 12. Congestión en Dubái, Emiratos Árabes. Foto: Khaleejtimes, 2014.*



*Figura 13. Congestión en Pekín, China. Foto: Jason Lee, Reuters, 2015.*

## 5.2 De la congestión al flujo libre y el asunto con la velocidad

En la otra cara de la moneda del habitar de los carros y las motos en las ciudades, cuando no están ocupando grandes espacios para descansar o agrupados y casi detenidos, en largas filas por las avenidas urbanas, aparece el flujo libre y las altas velocidades. Esa "elasticidad" que tienen las infraestructuras que se dedican principalmente al tránsito de carros y motos, demuestra la paradoja de pavimentar excesivamente la ciudad: durante cuatro o cinco horas al día, son espacios llenos, inmóviles y poco funcionales, durante las 20 horas restantes, son espacios vacíos, sin vida y poco funcionales. La misma foto tomada a las 9:30 am (superior) y a las 5:30 pm (inferior) que aparece en la figura 15 muestra ese efecto.

Aunque son dos tipos de inseguridad los que se incrementan en una ciudad con la aparición de las autopistas urbanas, todo lo que tiene que ver con los asaltos, las violaciones y los homicidios, está fuera del alcance de esta investigación. El enfoque en este caso es la pérdida de la accesibilidad y las lesiones, discapacidades y muertes asociadas a los incidentes viales. En primer lugar, el asunto de la accesibilidad se puede explicar con la figura 14.

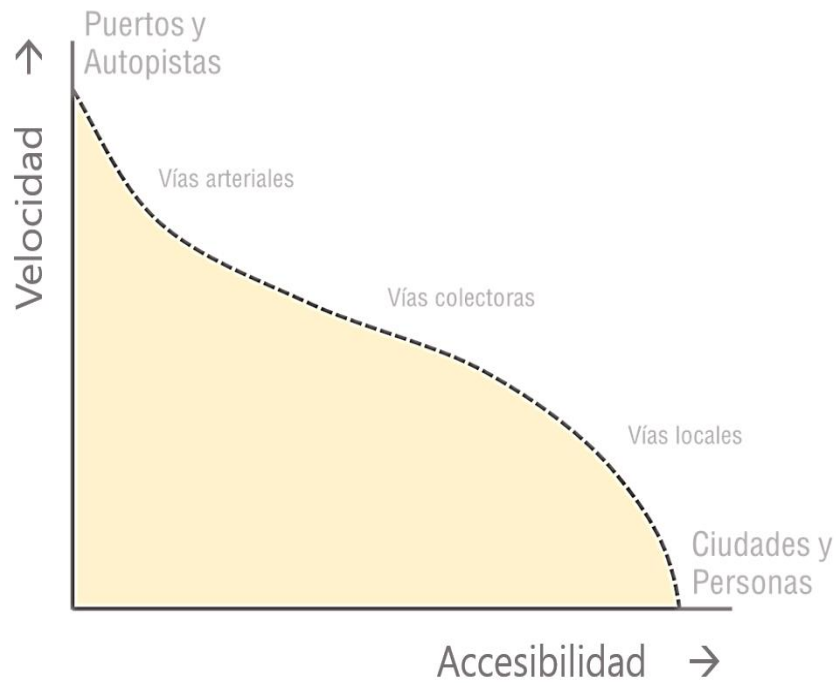


Figura 14. Relación entre la velocidad y la accesibilidad en las vías. Fuente: (Gattis & Dumbaugh, 2007).



*Figura 15. Carrera 43a en Medellín, 2018. La funcionalidad del espacio. Fotos: Emmanuel Ospina-Sierra.*



En la figura 14, útil para explicar las diferencias de la jerarquía vial y la incompatibilidad de las altas velocidades en entornos urbanos, se puede ver que hay una relación entre el aumento de la velocidad y la pérdida de accesibilidad a los espacios. Por esta razón es que se percibe, de acuerdo con el tipo de observador, que una gran avenida puede ser una forma de llegar más rápido o una gran barrera, pues en realidad es ambas cosas. La pérdida de accesibilidad que han sufrido principalmente los peatones y ciclistas en las ciudades modernas ha incrementado su vulnerabilidad (NHTSA, 2019), no solo porque los excluye de muchos espacios y de la ciudad, sino porque cuando deciden interactuar en algunos de ellos, tienen recorridos desagradables y en muchos casos arriesgan su vida.

A propósito, en un documental mexicano del 2016 sobre la avanzada situación de la vulnerabilidad peatonal en las ciudades de ese país (llamado Pequeño Peatón Imprudente o *Walk N' Roll*), el director, Enrique López Oropeza, cita a la antropóloga urbana Ruth Pérez López, quien dice: "El peatón no es imprudente o irresponsable, sino que rechaza de forma instintiva la infraestructura poco adecuada a sus necesidades y se adapta a un contexto difícil y restrictivo".

Entre las múltiples estrategias para mejorar la accesibilidad, un concepto que ha ido ganando reconocimiento es el de las ciudades 8 80, que incluso tiene organizaciones con el mismo nombre y cuyo objetivo precisamente es reducir el número de atropellamientos y muertes de peatones al establecer principios de diseño en las calles que las hagan tan adecuadas para las niñas de ocho años, como para las personas de ochenta. El planteamiento central es que una calle con estas características será un espacio adecuado para el resto de la población.

En calles mal diseñadas, orientadas a mantener la capacidad vial, coexisten la congestión, la poca accesibilidad, y el alto riesgo vial. Esa condición de riesgo vial es una de esas desafortunadas consecuencias del transporte, en la que resulta inaceptable -quedarse de brazos cruzados-, no solo por las cifras y el carácter de violencia y terror que implican los incidentes viales (que además se encuentran entre las principales causas de muerte en personas jóvenes de 15 a 29 años (OMS, 2018), afectando también la edad productiva de la sociedad) sino por la cantidad de

evidencia que demuestra lo fácil, técnicamente hablando, que resultaría reducir sus efectos.

A nivel mundial, cada día unas 3000 personas pierden la vida en incidentes viales y esta cifra a pesar de los esfuerzos globales por reducirla, (ONU, 2011), ha venido en aumento. En el año 2000, la OMS, reportaba que los incidentes viales eran la décima causa de muertes a nivel mundial y para el 2016 ya habían ascendido a la octava posición (OMS, 2016). Durante la última década, las muertes reportadas en las vías superan los 1,3 millones anuales, dejando por lo menos unos cincuenta millones de personas lesionadas, muchas de ellas con discapacidades permanentes (ONU, 2011).

Con aproximadamente 155 000 muertes al año, el continente americano representa el once por ciento de las muertes en las vías, muy cercano a su participación en términos de población con el trece por ciento, pero bastante por debajo de la cantidad de vehículos registrados, que llega al veinticinco por ciento a nivel mundial (OPS, 2015).

En la región panamericana la distribución de las muertes por incidentes viales sigue mostrando a los ocupantes de carros como los más afectados con un 34 por ciento, a los motociclistas en segundo lugar con el 23 por ciento, seguido de cerca por los peatones con 22 y una cifra muy importante de muertes no especificadas (18 por ciento), para dejar a los ciclistas en último lugar con un 3 por ciento (OPS, 2015). La OMS estima que la probabilidad de morir a causa de un incidente vial en países de ingresos bajos es más de tres veces mayor que en países de ingresos altos. (OMS, 2018).

Detrás de todas estas vidas perdidas (las cuales son trágicas para los dolientes, pero tan solo estadísticas para muchos otros), hay un elemento fundamental que por fortuna ha estado siendo objeto de debate por encima de todas las otras posibles causas de una muerte en la vía. Si bien es cierto que una simple caída caminando a tres kilómetros por hora, puede ser fatal, en el centro de los desarrollos para mejorar la seguridad vial de forma definitiva y reducir considerablemente las consecuencias asociadas al riesgo vial, está la velocidad de circulación de los vehículos motorizados (OMS, 2004).

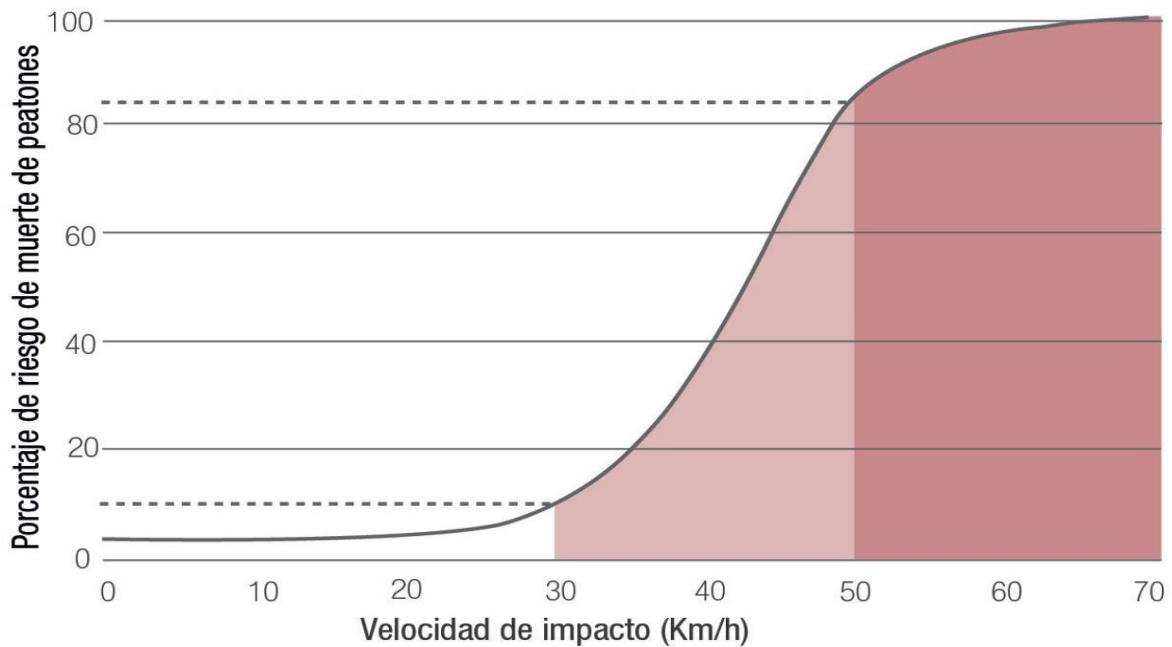


Figura 16. Relación entre la velocidad de circulación y la probabilidad de muerte de un peatón atropellado.  
Fuente: (WRI, 2015).

Muchas de las que finalmente se reportan como causas están en realidad conectadas con la velocidad de circulación, ya que circular en contravía, llevar las luces apagadas, pasarse un semáforo en rojo, conducir bajo efectos de sustancias alucinógenas, evitar el uso del cinturón o incluso tener poca pericia para conducir, no son es sí mismas actividades letales. Sin embargo, al considerar que hay una caja metálica que pesa más de una tonelada viajando a cuarenta, setenta o noventa kilómetros por hora, la situación cambia. La figura 16 muestra cómo, la probabilidad de morir al ser atropellado crece exponencialmente en función de la velocidad.

Un estudio publicado por la Comisión Nacional de Seguridad de Tráfico de Chile en 2004 compiló diferentes registros de tres países en los que habían implementado cambios en los límites de velocidad, sugiriendo la importancia que tiene la variación en apenas unos kilómetros por hora (CNST, 2004). Según el estudio, en Suecia en 1989, pasando de 110 a 90 kilómetros por hora, se redujeron veintiún por ciento las muertes en las autopistas, en Suiza en 1985, pasando de 130 a 120 kilómetros por hora, se redujeron en doce por ciento las muertes en las autopistas y en Estados Unidos en 1987, pasando de 90 a 105 kilómetros por hora, aumentaron en 34 por ciento las muertes en las carreteras. Los resultados se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Variación de las muertes en función de cambios de velocidad

Año	País	Tipo de vía	Cambio en el límite de velocidad	Efectos en la velocidad promedio	Accidentes mortales
1985	Suiza	Autopista	130 km/h a 120 km/h	5 km/h de reducción	12% de reducción
1987	Estados Unidos	Carretera	90 km/h a 105 km/h	3-6 km/h de aumento	19-34% de aumento
1989	Suecia	Autopista	110 km/h a 90 km/h	14 km/h de reducción	21% de reducción

Fuente: (CNST, 2004).

Otro estudio (ver tabla 2), que trataba de entender cuáles eran las estrategias más adecuadas para reducir las muertes por incidentes viales, demostró que el enfoque en el mejoramiento de la infraestructura es mucho más efectivo (reportando cambios de entre el 120 y 150 por ciento de mejoría). Por su lado la educación vial junto con mecanismos de control, resulta en mejorías de entre el 65 y el 120 por ciento, mientras el aumento en la seguridad vehicular, aporta mejoras de entre un 40 y un 95 por ciento, pero deja por fuera a los actores vulnerables, cosa que no ocurre con las dos medidas anteriores (Weijermars & Van Schagen, 2009).

Tabla 2. Eficiencia de las medidas para la seguridad vial

Tipo de medida	Mínimo efecto conocido	Máximo efecto conocido
Infraestructura	120	150
Educación vial + control	65	120
Seguridad de los vehículos	40	95

Fuente: (Weijermars & Van Schagen, 2009).

Así pues, el control de la velocidad más efectivo que se puede implementar es el adecuado diseño de las calles, (WRI, 2015). Por ejemplo, al reducir el número de carriles o el ancho de los carriles, el tamaño de las cuadras o la distancia entre paradas, como elementos básicos, se pueden obtener muy buenos resultados. A mayor ancho de la vía, mayor velocidad. Cada metro de ancho adicional representa un aumento de quince kilómetros por hora en la velocidad (Fitzpatrick, Carlson,

Brewer, & Wooldridge, 2000) y a mayor tamaño de las cuadras o distancia entre paradas, mayor velocidad desarrollan los vehículos y mayor distancia necesitan para reaccionar o detenerse, como se muestra en la figura 17.

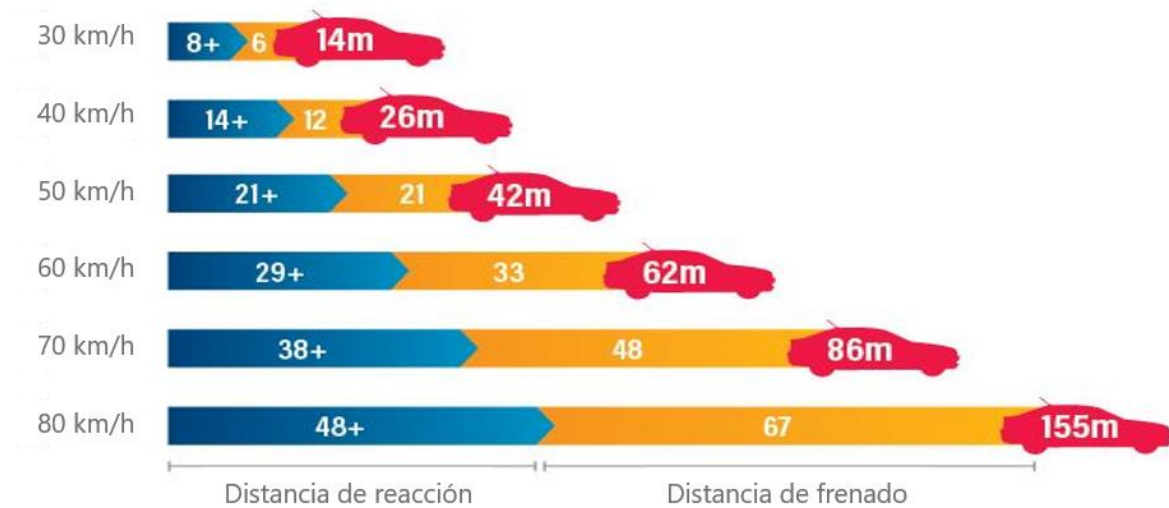


Figura 17. Distancias de reacción y de frenado en función de la velocidad. Fuente: (WRI, 2015).

En Colombia, la seguridad vial sigue siendo un tema pendiente, siendo uno de los pocos países que ha mantenido el aumento en incidentes viales fatales (Portafolio, 2018) y llegando a su cifra récord en 2016 con más de 7 200 vidas perdidas en las vías (Forensis, 1999-2018).

Empezando por el Código Nacional de Tránsito (Ley 769 de 2002) y avanzando hacia los planes nacionales de seguridad vial, es muy poco lo que se puede encontrar que esté alineado con el desarrollo práctico y teórico a nivel mundial. A pesar de haberse actualizado en dos oportunidades, incluso después de la emisión del documento de la Década de Acción por La Seguridad Vial 2011-2020 de la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2011), el Plan Nacional de Seguridad Vial 2013-2021, se mantiene al margen de los conceptos de vanguardia presentados por la ONU en términos de estrategias para prevenir algunos incidentes y reducir las lesiones y muertes de los que no pueden ser evitados.

En la práctica nacional colombiana, se plantean cinco pilares de acción para la seguridad vial: la gestión institucional (de la que se puede destacar la importancia

de los sistemas de información), el comportamiento humano (basado en campañas educativas), la infraestructura (que ya se ha explicado que tiene gran potencial), los vehículos (que en realidad no tienen tanta incidencia) y la atención a las víctimas (que, aunque importante, no puede considerarse un factor de mejora para la seguridad vial, debido a que es un elemento de mitigación de las consecuencias y no de prevención de las causas).

Uno de los ejemplos más claros de estas fallas conceptuales se puede ver en las inversiones que se hacen en señalización, queriendo reportar avances incluso en tres de los pilares ya mencionados: la gestión institucional, el comportamiento y la infraestructura. Pero la señalización, ya sea vertical u horizontal, ha demostrado dos problemas como único elemento de intervención: primero, ninguna señal puede corregir un mal diseño y segundo, sin importar lo que digan, las señales por sí mismas son casi invisibles.

Un ejercicio realizado en 2013 en la autopista M7 de Moscú, Rusia, demostró que la información para los conductores sí es importante, pero que efectivamente a las señales de tránsito no se les presta ninguna atención si no están apoyadas por otros mecanismos. Normalmente estos mecanismos son cámaras o sensores que obligan a cumplir con la norma. En este caso, sin embargo, con modelos casi sin ropa sosteniendo las señales, estas fueron atendidas evitando los incidentes fatales durante la semana en la que se instaló la prueba (Daily Mail UK, 2016).

Para lograr esos cambios esperados en la seguridad vial y reconfigurar el espacio público a favor de la vida, hay esperanza y sobre todo hay muy buenas prácticas que se han desarrollado por décadas. A continuación, se presentan de forma muy breve, algunas de las estrategias más conocidas y con mejores resultados, para diferentes contextos y diferentes escalas:

### 5.2.1 *Woonerf*, 1968

El concepto de *Woonerf* fue desarrollado en la década de 1960 en Delft, Holanda, al establecer como prioridad la calidad de vida y no la "velocidad de vida". Una calle diseñada siguiendo esta metodología, no tiene división entre autos y personas, y

utiliza los elementos necesarios para obligar a los conductores a llevar un ritmo más lento. Basados en nociones como la habitabilidad, se le cambió la configuración al espacio de tránsito para generar un espacio social y no una franja entre el punto A y el punto B. Estas calles no suelen tener más de cien autos pasando en horas pico puesto que allí los vehículos son la excepción y no la regla. Este tipo de estrategias es ideal en sectores residenciales, comerciales y de servicios y suele tener una serie de barreras y estrechamiento para evitar físicamente el desplazamiento lineal de los vehículos (Sunday, 2017).



Figura 18. Delft, Holanda. Ejemplo de una calle tipo *woonerf*. Foto: (CNU Nextgen, 2017).

Hace más de cuarenta años, el ingeniero de tránsito Hans Monderman empezó a desarrollar su idea sobre estos espacios compartidos, y dio los primeros pasos por un camino que han seguido muchos otros urbanistas actuales al enfrentarse a generaciones enteras de ingenieros viales que han confiado demasiado en sus modelos de tránsito convencionales. Una de las virtudes de Monderman, era su conocimiento y profundización sobre los factores externos que modifican el comportamiento y del tipo de relaciones que se dan entre las personas y la tecnología. Por eso, imaginaba que al deshacerse de la tecnología y quitar las señales y semáforos, haría que tanto caminantes como conductores estuvieran más alerta y

se relacionaran entre sí. Durante los pilotos iniciales, la velocidad de circulación de los vehículos bajó un cuarenta por ciento (Leber, 2015).

Pieter Hann, sicólogo de la Universidad de Ciencias Aplicada en Holanda, revisa el trabajo de Monderman, agregando que, en los sistemas tradicionales, los semáforos plantean situaciones potencialmente más peligrosas por el exceso de confianza en ellos, pues cuando por ejemplo una luz está en verde, no es común revisar el entorno para ver si hay un niño corriendo para cruzar la calle: toda la atención está en la luz verde y la reacción es acelerar y perder contacto con el entorno. Explica Hann, que cuando se altera esa confianza en el sistema, como en el caso de los espacios compartidos, se crea una confusión que promueve la interacción y los acuerdos entre las personas (Leber, 2015).

#### 5.2.2 Calles completas, 1971 - Estrechamiento de calzadas, 1979

El estado de Oregón, en Estado Unidos, promulgó la primera política similar a las Calles Completas en 1971, en la cual se exigía, por primera vez, que las carreteras nuevas o reconstruidas acomodaran espacios para bicicletas y peatones. También promovió que los gobiernos estatales y locales financiaran instalaciones para peatones y bicicletas en el derecho de paso público (ODOT, 2007). Este concepto ha ido avanzando para incluir líneas de transporte público o espacios verdes y se ha contextualizado en diferentes partes llegando a entenderse que una calle completa no es aquella que lo tiene todo, sino la que responde a las necesidades del entorno y a las de la cantidad de viajes que demanden los estudios correspondientes.

Por su parte una de las primeras instalaciones conocidas de *road diet* ocurrió en 1979 en Billings, Montana (FHWA, 2014). Esta práctica es un híbrido entre las calles completas y otras estrategias de seguridad vial y se hizo bastante conocido por el cambio de carriles centrales en las avenidas de cuatro o más carriles, para acomodar un carril exclusivo para los giros izquierdos como se ve en la figura 20. En muchos casos, también se incluyen estacionamientos, carriles de transporte público, ciclorrutas o estacionamientos para bicicletas. El objetivo es tan simple como redistribuir el abundante espacio que se había destinado a los carros y aportarle tanto a la capacidad del corredor vial como a la seguridad de los usuarios.



Estas intervenciones, también conocidas como reducciones de carril o recanalización de la carretera, son técnicas de diseño mediante las cuales se reduce la cantidad de carriles de tránsito y, así mismo, el ancho efectivo de la carretera para lograr mejoras sistémicas. Ejemplos de una calle completa (figura 19) y un estrechamiento de calzada (figura 20), se pueden ver a continuación.



Figura 19. Toronto, Canadá. Una calle con múltiples opciones. Foto: (City of Toronto, 2017)

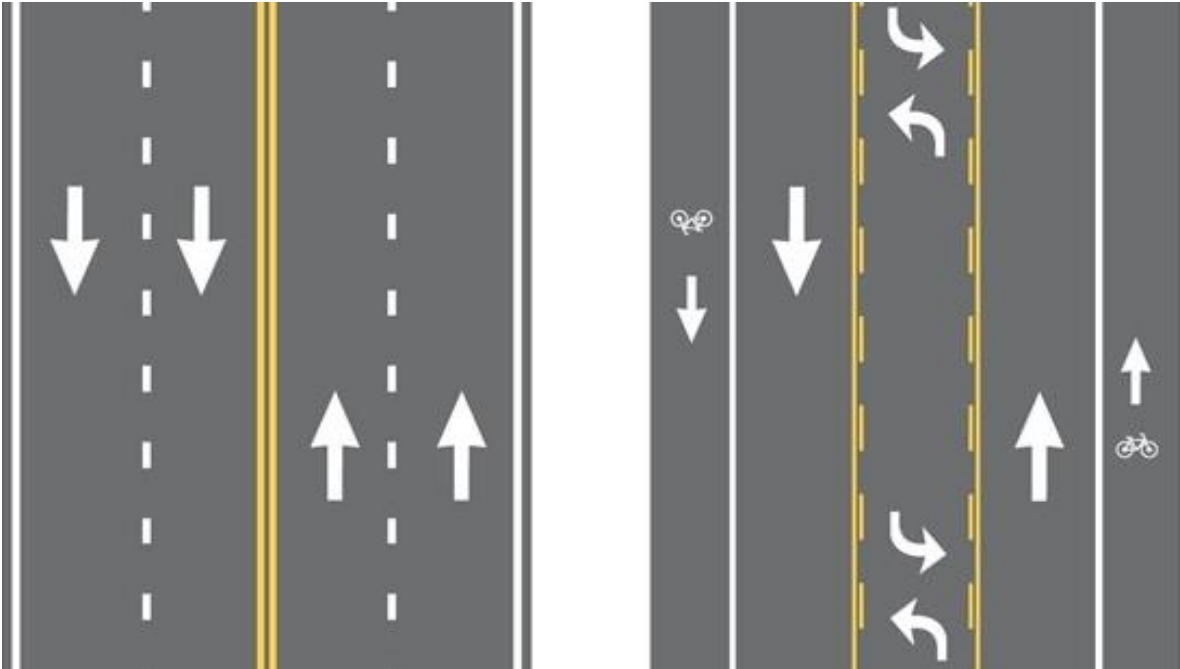


Figura 20. Estrechamiento de calzadas. Antes (izquierda), después (derecha). Elaboración: (FHWA, 2014)

### 5.2.3 Visión Cero, 1997

La visión cero (cero muertes y lesiones de gravedad en los incidentes viales) es quizá la síntesis de todos los aprendizajes y las estrategias implementadas para mejorar la seguridad vial a lo largo de décadas por todo el mundo y posiblemente la base de un nuevo paradigma para la movilidad urbana que sigue en construcción. Nace en 1997 en Suecia como un conjunto multidimensional de políticas públicas estableciendo que la pérdida de vidas humanas no puede ser aceptada como un resultado inevitable del tránsito.



*Figura 21.* Reconfiguración de calzadas en Nueva York, Estados Unidos. Foto: NYC DOT.

Se plantea como lógica de esta premisa que los errores son parte de la cotidianidad humana y seguirán ocurriendo. Por lo tanto, las calles tendrán que ser diseñadas de tal forma que, al ocurrir un accidente, éste no resulte ni en una muerte ni en una lesión de por vida (Rivera, Blanco, Soulier, & Hiramatsu, 2014). En la figura 21 se muestra una calle de Nueva York, luego de sumarse a la corriente de la visión cero y “emprender una revolución urbana” (Sadik-Khan, 2016).

Uno de los cambios sustanciales que produjo este nuevo enfoque es que la responsabilidad de las muertes por el tránsito, que habitualmente se le atribuía a un mal comportamiento de la víctima, ahora no solo recae en los usuarios de las calles (automovilistas, ciclistas o peatones), sino también en quienes las diseñan y las

administran. La aplicación de estas medidas se basa, entre otras, cosas en la evidencia de lo difícil que resulta reducir la velocidad de los autos en calles cuyo diseño invita a hacer lo contrario. La Visión Cero aporta una hoja de ruta clara y con herramientas concretas hacia ciudades más humanas, con medidas que contribuyen efectivamente a disminuir las muertes en el tránsito.

Las altas velocidades urbanas no solo resultan en consecuencias tan desafortunadas como las muertes, sino que son inútiles para llegar a los diferentes destinos puesto que es la velocidad promedio la que define el tiempo de viaje y no la velocidad máxima. A nivel mundial, la velocidad promedio está entre veinte y treinta kilómetros por hora (INRIX, 2018), dependiendo de la metodología utilizada para medirla. La figura 22 muestra un ejercicio hecho en Alemania considerando viajes entre el centro urbano y el aeropuerto. Este es uno de los estudios que reporta una de las mayores velocidades promedio (30 km/h) apoyado en casos como los de Oslo o Hong Kong, ambas ciudades con autopistas dedicadas a esa conexión. Incluso en uno de los escenarios más favorables para desarrollar altas velocidades, el ochenta por ciento de las ciudades evaluadas, está por debajo de los cuarenta kilómetros por hora.

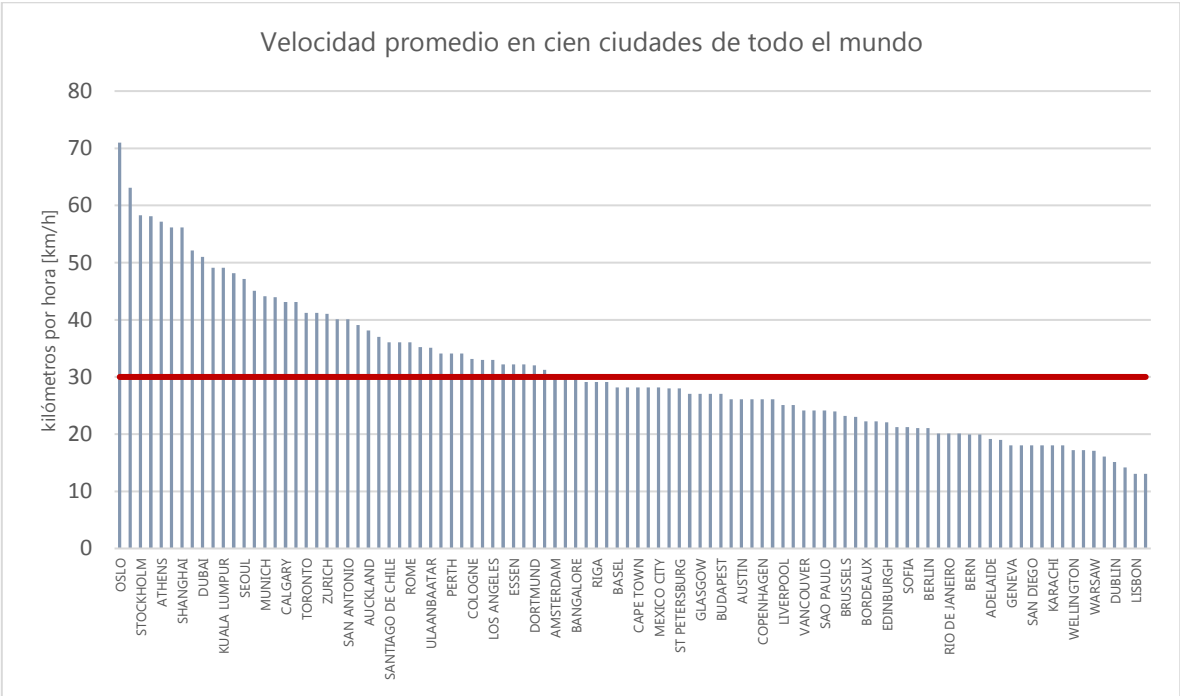


Figura 22. Velocidad promedio entre el centro y el aeropuerto en cien ciudades. Fuente: Elaboración propia con base en (kfzteile24, 2017)

Por otro lado, el reconocido índice de congestión que presenta la firma consultora INRIX, también hace una evaluación de las velocidades promedio, y en este caso, para doscientas veinte ciudades. Su metodología se acerca más a los recorridos y distancias de viaje cotidianos en cada ciudad. En este caso, la velocidad promedio es de un poco menos de veintiún kilómetros por hora y solo el nueve por ciento de las ciudades está por encima de los treinta kilómetros por hora. En la siguiente figura se presentan los resultados.

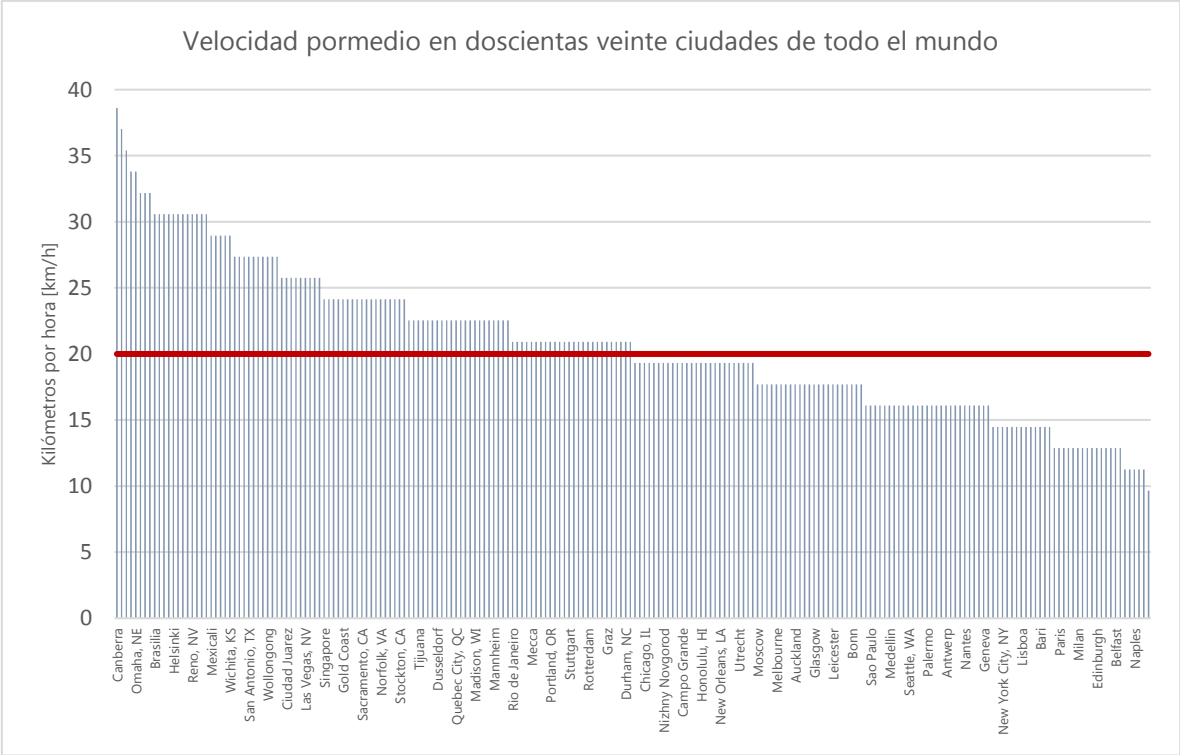


Figura 23. Velocidad promedio al interior de 220 ciudades. Fuente: Elaboración propia con base en (INRIX, 2018).

En otros ejercicios, que han puesto a prueba la utilidad de las avenidas rápidas en comparación con calles más tranquilas, se ha demostrado, de nuevo, que difícilmente los vehículos superan, en promedio, los veinte kilómetros por hora. Uno de ellos, realizado en Grenoble, Francia, encontró que una ciudad con límites de velocidad más bajos solo afecta de manera marginal el tiempo de viaje. Con diferentes recorridos en rutas con límites de treinta y cincuenta kilómetros por hora, resultó que la diferencia en tiempo era de dieciocho segundos por cada kilómetro recorrido (WRI, 2015).

Finalmente, con toda la evidencia que se ha recogido a lo largo de los años que lleva consolidándose este nuevo enfoque de la ingeniería vial, hay un último elemento que parece haberse pasado por alto en muchos de los análisis para definir la configuración y operación de la malla vial urbana. Éste hecho científico no solo va en línea con el contenido anterior, sino que resulta suficiente para evitar la construcción de vías rápidas, incluso cuando el único objetivo sea aumentar el flujo vehicular. Las calles y las tuberías funcionan de manera similar cuando se evalúa únicamente el tránsito de elementos por allí, sean carros o fluidos. Por esto, diversos autores se han centrado en la ley fundamental del flujo, para explicar que, cuando se trata de una canal que sirve como medio para el paso de cualquier elemento (en este caso carros) siempre habrá dos velocidades diferentes para las cuales el flujo será exactamente el mismo.

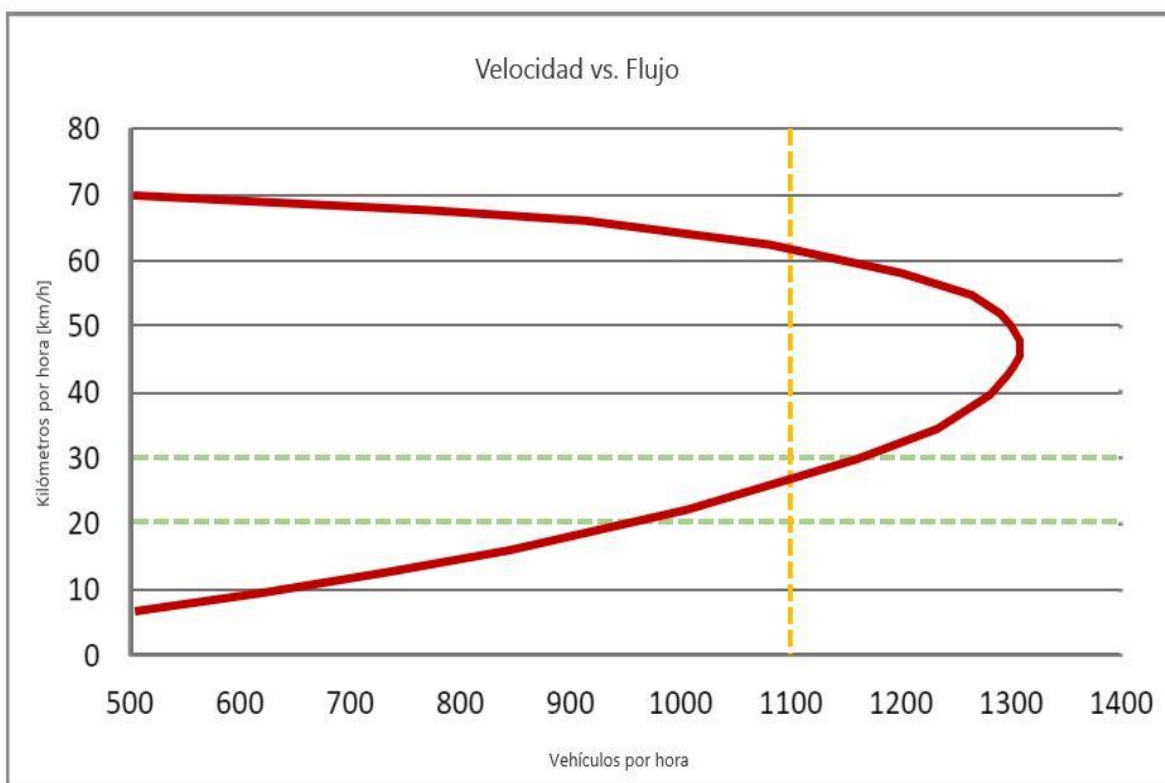


Figura 24. Relación entre el flujo y la velocidad de los vehículos. Fuente: (Herce Vallejo & Magrinya, 2013).

La figura 24, ilustra esta ley. En ella se muestra precisamente la relación entre el flujo y la velocidad, pero además marca un punto de intercepto para tres variables principales: la velocidad promedio (en verde), la cantidad de vehículos (en amarillo)

y las dos velocidades para permitir el paso de esos mismos vehículos (en rojo). Lo que parece no quedar claro para diferentes autores que se refieren a este tema, es por qué, si resulta mejor para muchos otros aspectos de la ciudad y el límite de los treinta kilómetros marca una diferencia clara entre la vida y la muerte en la interacción entre vehículos motorizados y peatones (como se ve en la figura 24), se siguen diseñado avenidas para sesenta y más kilómetros por hora (Herce Vallejo & Magrinya, 2013).

Por todo lo anterior, es clave apostar por estrategias de diseño y herramientas de control que permitan acercar a la velocidad de diseño con la velocidad promedio que se ha medido y que, en la mayoría de los casos, será menor a los treinta kilómetros por hora. Como lo muestra la figura 24, la cantidad de vehículos no es directamente proporcional al aumento de la velocidad, así que reconfigurar las calles y avenidas con esto en mente mejorará el flujo, mejorará la seguridad y permitirá la recuperación de entornos vibrantes y habitables a lo largo de la ciudad (Speck, 2018).

Ha sido bastante bien estudiado cómo la configuración de las secciones viales puede cambiar el entendimiento y comportamiento de las personas que habitan el sector, sea de forma temporal, cuando van de paso o permanente, cuando viven o trabajan allí, afectando en última instancia el valor del suelo. Jane Jacobs en 1961 ya anotaba que las calles habitables y las cuadras cortas eran valiosas debido a la compleja estructura de tejido urbano que permitía la existencia de un vecindario dentro de la ciudad (Jacobs, 1961) y Donald Appleyard, siguiendo con esa idea, desarrolló un famoso ejercicio que la cuantificaría (figura 25) y le daría inicio formal a una nueva estrategia de gestión de la movilidad; la observación (Appleyard, 1981).

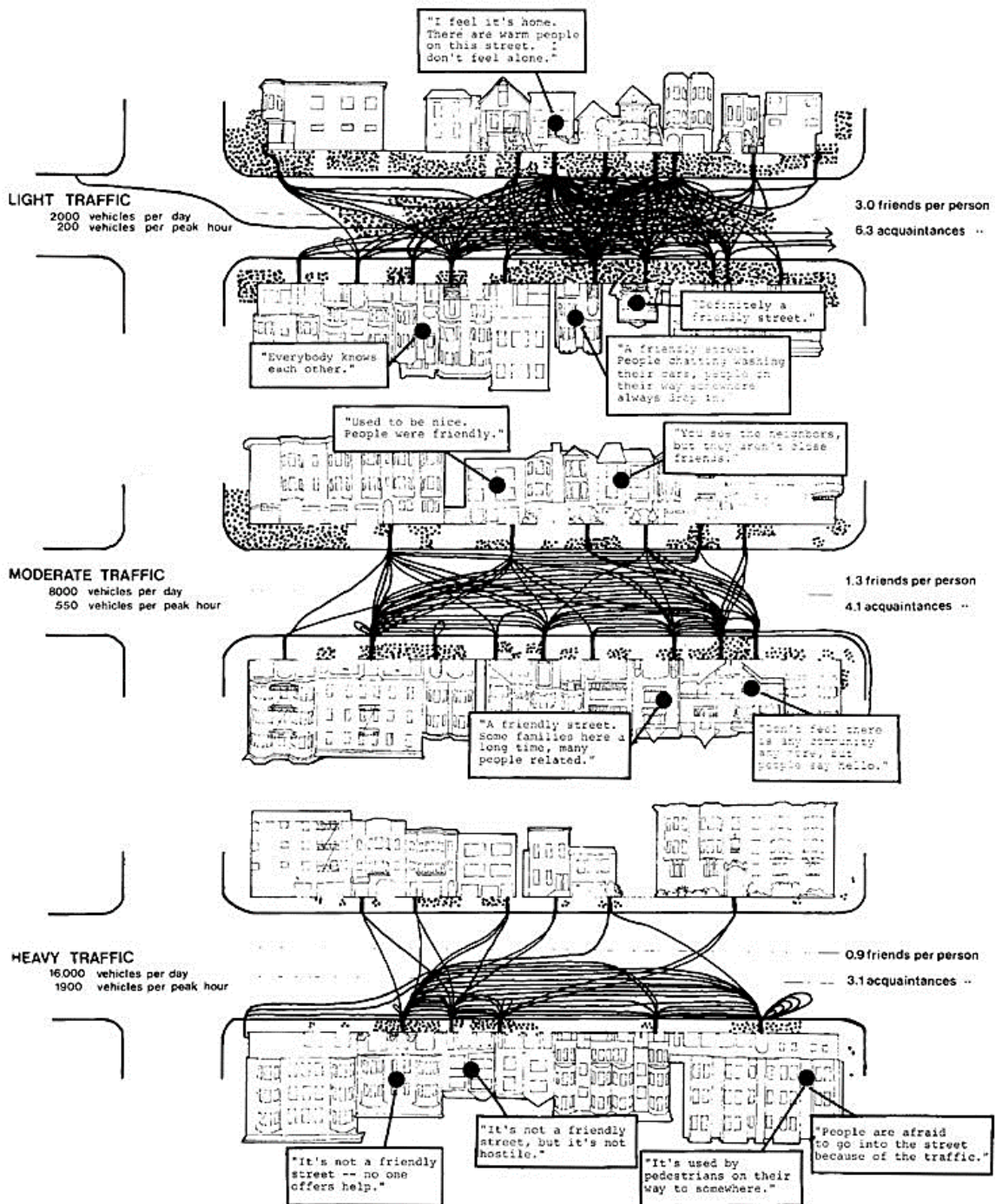


FIGURE 3. San Francisco. Neighboring and visiting on three streets: lines show where people said they had friends or acquaintances. Dots show where people are said to gather

Figura 25. Habitabilidad de la calle (cantidad de amigos) en función de la cantidad de vehículos en circulación cada día en tres calles de San Francisco, Estados Unidos. Fuente: (Appleyard, 1981).

### 5.3 Movilidad urbana (sostenible)

La movilidad urbana es un sistema de satisfacción de necesidades mediante la inversión en diversos frentes como infraestructura, gestión del tránsito y seguridad vial (López, Nieto, & Arias, 2010). Su entendimiento no se limita al desplazamiento entre un punto y otro y sus consecuencias no pueden medirse solamente analizando el rendimiento del transporte.

En general, la movilidad es integración, es la capacidad de ir de un lugar a otro, pero esto debe darse de manera fácil, económica, agradable y segura, eligiendo, además, cualquiera sea el criterio, el mejor modo para hacerlo. La movilidad se ha convertido en un factor determinante, tanto para la productividad económica de las ciudades, como para la calidad de vida de sus ciudadanos y el acceso a servicios básicos como la salud y la educación.

Por la cantidad de factores que inciden en el funcionamiento del sistema de movilidad, en la búsqueda de esa movilidad sostenible, sus parámetros deben medirse de manera integral, tanto de forma cuantitativa como de forma cualitativa. Más allá del simple concepto del traslado, no es suficiente contar con sistemas efectivos que vayan de un lugar a otro: se precisa que lo hagan de manera eficiente, llevando a la mayor cantidad de personas, consumiendo la menor cantidad de recursos (sean físicos o energéticos) y emitiendo la menor cantidad de sustancias tóxicas posible.

La movilidad ya no puede tratarse como un elemento aislado y de consideración sectorial, sino como el complemento necesario de la planificación territorial. Estas metodologías de planificación integrada van desde estrategias de desarrollo orientado al transporte (*TOD* por sus siglas en inglés), en los que existe una relación entre los modos más eficientes de transporte y las mayores concentraciones de personas y servicios, hasta los modelos de usos del suelo e integración del transporte (*LUTI*, por sus siglas en inglés) que de forma dinámica pueden medir y recolectar datos sobre las diferentes interacciones urbanas y analizar las posibles mejoras aplicables con otros instrumentos de gestión.



El concepto de -movilidad sostenible-, de acuerdo con Litman, empezó a usarse como un lógico paso siguiente al desarrollo sostenible, describiendo modos de transporte, y sistemas de planificación asociados, que sean consistentes con las preocupaciones generales de la sostenibilidad (Litman, 2010). Por su parte, el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente plantea la definición de "transporte verde", resaltando las tres dimensiones vitales que componen el concepto (medio ambiente, sociedad y economía) y apoyándose en conceptos como la responsabilidad y la equidad inter e intra generacional (PNUMA, 2011).

Diferentes autores han aportado a esta construcción que sigue demostrando las complejidades del movimiento urbano y todos sus efectos. En 1995, Deborah Gordon expresó que un transporte sostenible se puede alcanzar solo si se presentan cambios estructurales en las personas y sus hábitos de vida, la tecnología y los costos. En 1996, Lee Schipper definió el transporte sostenible como aquel en el que los usuarios pagan completamente sus costos sociales, incluidos aquellos que serán percibidos por las generaciones futuras (Schipper, 1996). En 2001, el MIT junto a Charles River Associates definió la movilidad sostenible como el sistema que permite satisfacer las necesidades de la sociedad para moverse libremente, acceder a los lugares, comunicarse y establecer relaciones sin sacrificar otros valores esenciales humanos y ecológicos (MIT & CRA, 2001).

Todo esto apunta a que la movilidad urbana, para ser sostenible debe responder al desarrollo sostenible, y lo por lo tanto, es la comprensión, planificación y gestión de los sistemas de transporte con relación al desarrollo territorial que satisface, como mínimo las reglas básicas establecidas en el Acuerdo de París, con respecto al cambio climático, en los objetivos del desarrollo sostenible, ayudando a cumplir sus metas y en la Nueva Agenda Urbana que una excelente guía, aunque genérica, del camino a seguir. La sostenibilidad territorial depende cada vez más de lo que ocurra en las ciudades, y lo que ocurre en las ciudades está altamente influenciado por el sistema de movilidad definido o por definirse.

Puede decirse que una ciudad avanza hacia la sostenibilidad, si cuenta con una amplia participación ciudadana, ofrece una alta calidad de vida a sus habitantes, reduce sus impactos sobre el medio natural y cuenta con un gobierno local con

capacidad fiscal y administrativa para mantener su crecimiento económico y para llevar a cabo sus funciones urbanas. Esto implica la conformación de un equipo capacitado para evaluar y definir las mejores alternativas y así tomar las decisiones más pertinentes (urbam EAFIT, 2018). La sostenibilidad no es una meta, sino una construcción constante, ya sea cuando se habla de un territorio o de un sistema como el de la movilidad contenido en dicho territorio.

*“La movilidad es uno de los aspectos más importantes que está afectando el cambio climático, la calidad del aire, y especialmente la calidad de vida de los ciudadanos”.*

*Tania Müller. Secretaria de ambiente. Ciudad de México, México.*

## 5.4 Sostenibilidad urbana y su relación con el transporte

Tres eventos clave han marcado la historia reciente del desarrollo sostenible y lo más importante: han vinculado a las ciudades y a sus gobernantes con una serie de compromisos, que si bien se han quedado en buenas intenciones en muchos casos, siguen siendo excelentes guías que pueden contextualizarse a niveles regionales y locales para establecer metas concretas, buscar nuevas herramientas de gestión y apuntarle a los cambios más importantes que permitan avanzar en la construcción de ciudades competitivas pero saludables. Por lo que se ha descrito hasta este punto, es bastante claro ya que las ciudades con un alto índice de sostenibilidad o bienestar han estado resolviendo bastante bien su sistema de movilidad, pues desde allí se trazan rutas estructurales para el territorio.

### 5.4.1 El Acuerdo de París, COP21

Desde su primer encuentro en 1992, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC, por sus siglas en inglés) inició un proceso de comprensión y control sobre los gases de efecto invernadero para evitar interferencias antropogénicas en el sistema climático. Las conferencias de las partes (COP) más representativas desde la primera en Berlín, han sido la COP3 (que produjo el Protocolo de Kioto), la COP11 (donde se desarrolló el Plan de Acción de Montreal) y la COP17 (cuando se creó el Fondo Verde para el Clima (GCF)) (UNFCCC, 2015).

En el 2015, el gran hito de la COP21 fue lograr un acuerdo universal y jurídicamente vinculante sobre el clima, con el objetivo de mantener el calentamiento global por debajo de los dos grados centígrados. En esta conferencia se involucra directamente a la movilidad como factor limitante y oportunidad para cumplir la meta. Un estudio reciente de la Universidad de California, Davis (UC Davis) y el Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo (conocido como *ITPD*, por sus siglas en inglés) demuestra cómo en un escenario de aumento en el ciclismo urbano (catorce por ciento de los viajes a nivel mundial), se podrían alcanzar las metas definidas en el Acuerdo de París, reduciendo un once por ciento de las emisiones totales asociadas al transporte para 2030 y un catorce por ciento para 2050 (ITDP & UC Davis, 2015).

## 5.4.2 Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

Los ODS son la nueva versión de los Objetivos del Milenio del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (UNDP). Son diecisiete puntos que se han construido y complementado gracias a todos los aprendizajes que, durante los últimos quince años, ha dejado la aplicación y cumplimiento de las metas originales. En esta versión, se incluyen nuevas áreas como el cambio climático, la inequidad económica, la innovación, el consumo sostenible, la paz y la justicia, entre otras. Una característica llamativa de los ODS es que están interconectados, por lo que normalmente, para garantizar el cumplimiento de un objetivo determinado, se deberá trabajar en asuntos directamente relacionados con otro objetivo. Esto demuestra lo que se ha estado considerando fundamental al hablar de la integración que debe haber entre la planificación urbana y la de transporte, por ejemplo, o en la forma en que se evalúa el desempeño de la movilidad en relación con otras variables para poder definir su grado de sostenibilidad.

El espíritu de estos objetivos es establecer el marco para que se puedan tomar hoy las decisiones que permitan mejorar la calidad de vida de manera sostenible para las futuras generaciones, mientras su agenda a 2030, es una guía para alcanzar metas locales en relación con las prioridades de cada país (PNUD, 2016). En ese sentido, objetivos y metas concretas pueden ser adoptados por los planes de gobierno y sumar la causa común de mejorar los niveles de calidad vida.

Aunque se podría demostrar que con una mejora sustancial en el sistema de movilidad, cada uno de los diecisiete objetivos se vería impactado, lo que tiene mayor relevancia es entender cómo la construcción de los objetivos, en su contenido, puede orientar las mejoras en el sistema de movilidad. Esto se puede hacer mediante una revisión de coherencia, por ejemplo, entre los planes y proyectos para una ciudad y las metas de objetivos como el 9, el 10 y el 11, los cuales se enfocan en la innovación, la infraestructura, la inequidad y las ciudades o metas como la 11.7 que dice: "De aquí a 2030, proporcionar acceso universal a zonas verdes y espacios públicos seguros, inclusivos y accesibles, en particular para las mujeres y los niños, las personas de edad y las personas con discapacidad". Todo esto puede convertirse

perfectamente en parte de un plan y establecer indicadores concretos de cumplimiento y así se puede construir cada día una movilidad más sostenible.

#### 5.4.3 La Nueva Agenda Urbana, Hábitat III

La Nueva Agenda Urbana es el documento final resultante del acuerdo en la conferencia Hábitat III que se llevó a cabo a finales de 2016 en Quito, Ecuador. Aunque este documento responde principalmente al objetivo de desarrollo número 11, siendo una guía para orientar los esfuerzos en materia de desarrollo de las ciudades durante los próximos veinte años, también tiene las bases para políticas y estrategias que se extienden e impactan a largo plazo la construcción de ciudades, lo que, dentro del contexto de la urbanización actual, tendrá fuertes repercusiones sobre la sostenibilidad planetaria.

Durante los treinta años de ejercicio, la Conferencia sobre Asentamientos Humanos pasó a convertirse en la Conferencia de la Vivienda y el Desarrollo Urbano Sostenible, incorporando la sostenibilidad de las ciudades como asunto central. Desde su origen en 1975, cuando se estableció la Fundación de las Naciones Unidas para el Hábitat y los Asentamientos Humanos (consolidándose como el primer órgano oficial de las Naciones Unidas dedicado a la urbanización), la complejidad de los asuntos urbanos y la evidencia de su relación con los objetivos centrales de las Naciones Unidas ha motivado que, en cada uno de los órganos y comités temáticos, se discutan temas propios de otros componentes. En esta agenda hay un claro énfasis en el papel que representa el transporte como oportunidad para la integración y la equidad, en respuesta a la pobreza y el acceso a una vivienda digna, objetivos principales para ONU-Hábitat.

En síntesis, quedan notas específicas sobre el deber ser de la movilidad urbana. En primer lugar, con el Acuerdo de París, se plantea que la movilidad sea accesible, eficiente, segura y responda al cambio climático (UNFCCC, 2015). Los ODS enmarcan cada uno de esos lineamientos en seis de los diecisiete objetivos: el 3 (salud y bienestar), el 7 (energía asequible y no contaminante), el 9 (industria, innovación e infraestructura), el 10 (reducción de la desigualdad), el 11 (ciudades y comunidades sostenibles) y el 13 (acción por el clima) (PNUD, 2016). Por su parte, la Nueva Agenda

Urbana, sugiere como objetivo básico, "conseguir una ciudad a corta distancia", "de manera que se aprovechen las ventajas de la conectividad y se reduzcan los costos financieros, ambientales y de salud pública de la movilidad ineficiente, la congestión, la contaminación atmosférica, los efectos de isla térmica urbana y el ruido." (ONU-Hábitat, 2016). De aquí en adelante hay que entender cómo aterrizar estas intenciones.

*"Los adultos siguen diciendo: 'les debemos a los jóvenes el darles esperanza'. Pero yo no quiero su esperanza, no quiero que estén esperanzados. Quiero que entren en pánico. Quiero que sientan el miedo que yo siento todos los días. Y luego quiero que actúen" ...*

*..." y sí, necesitamos esperanza, por supuesto que sí. Pero más que esperanza necesitamos acción. Una vez empecemos a actuar, la esperanza estará en todas partes. En lugar de buscar esperanza, busquemos acción, entonces y solo entonces, la esperanza vendrá".*

*Greta Thunberg. Activista por la crisis climática. Suecia.*

## 5.5 Desarrollo orientado al transporte. Un modelo de gestión integrado

El desarrollo orientado al transporte, comúnmente llamado *TOD*, por sus siglas en inglés, se originó como una simple idea de gestión de la demanda para el transporte motorizado durante la crisis del petróleo de los años 80. Sin embargo, con la regulación del abastecimiento y la pronta baja de los precios del petróleo, fue descartada, muy rápidamente, por lo menos en Estados Unidos. A pesar de esto, la idea se consolidó como estrategia de desarrollo urbano, con el objetivo de reducir el uso de automóviles desde la misma planificación de las ciudades (Cervero, et al., 2004).

Actualmente, la aplicación de modelos de este tipo se ve en muy variadas formas, desde la recuperación de sistemas férreos que habían quedado marginados de la ciudad, hasta la creación de comunidades, compactas, caminables, a escala humana, con usos mixtos y bien integradas a nuevos sistemas de transporte público de media y alta capacidad. Como revitalizador urbano y regional, un proyecto de *TOD*, puede ser el motor de la recuperación de los centros urbanos, al mantenerlos habitados y llenos de servicios, por lo que, en Estados Unidos, ha sido una forma de reducir la tasa de suburbanización y ha estado atrayendo incluso a empresas y comercios que habían salido de la ciudad en las décadas anteriores (Speck, 2012).

Se considera que el desarrollo orientado al transporte puede hacer un gran aporte a reducir los efectos de las ciudades sobre los crecientes problemas de la crisis climática y seguridad energética que se enfrentan actualmente. Al consolidar espacios densos y con altos niveles de diversidad y caminabilidad, se estima que podría reducirse el uso de vehículos motorizados hasta en un 85 por ciento (CTS-Embarq, 2012).

Según la compañía estadounidense HNTB, las ventajas del *TOD* aplicado en algunas comunidades presentaba estas cifras para 2016: 57 por ciento de reducción en la dependencia del auto, 46 por ciento de las personas con posibilidad de trabajar, estudiar o recrearse cerca de su casa, 44 por ciento de reducción en la huella de carbono del área evaluada, 43 por ciento de dinamización de la economía local, 37

por ciento de aumento en los empleos de calidad y treinta por ciento de recuperación de las dinámicas urbanas del sector en general (HNTB Companies, 2016).

De manera esquemática, el departamento de planeación urbana de la Ciudad de San Antonio, Estados Unidos, presenta un plan en que el claramente, a partir de un corredor de transporte público y sus estaciones, marca unas zonas de influencia como lo muestra figura 26.



Figura 26. Esquema de un proyecto de *TOD*. Fuente: (SA Tomorrow, 2016).

De manera que integrar la planificación y darle un espacio de privilegio al transporte al tomar las decisiones más estructurales de los diferentes sectores, demuestra traer grandes beneficios. Una de las ventajas del *TOD*, es que sirve en grandes y pequeñas escalas, así como en diferentes contextos. Las figuras 27 y 28 muestran el proceso de un caso de aplicación de desarrollo orientado al transporte, en Chatswood, al norte de Sídney, Australia. En este caso, con la recuperación del sistema férreo, se desarrolló un distrito denso y mixto, hasta consolidar en pocos años un nuevo nodo urbano en lo que antes era un suburbio y grandes áreas de estacionamiento.





*Figura 27. Sídney, Australia. Renovación del sector junto a las vías férreas. Foto: Sydney Images, 2012.*



*Figura 28. Sídney, Australia. Consolidación del sector junto a las vías férreas. Foto: Mark Merton, 2018.*

## 5.6 Calidad de vida

El concepto de calidad de vida, así como sus métodos de medición, son sujeto de múltiples interpretaciones y pueden caer en el campo de lo subjetivo fácilmente. Además, como en otros campos del conocimiento y de las ciencias sociales, su significado ha variado a lo largo del tiempo, dependiendo del contexto en el que evalúe (Salas & Garzón, 2013). A pesar de sus múltiples interpretaciones, Medellín es la ciudad colombiana que durante más años ha procurado la medición de este concepto en cabeza principalmente de dos entidades: la administración municipal (que lo hace desde el 2001 y de manera intermitente) (Castaño, 2010) y la red de ciudades Cómo Vamos (que la mide continuamente desde el año 2006) (Medellín Cómo Vamos, 2016), ambas entidades a través de encuestas que varían metodológicamente, por lo que en algunas ocasiones pueden diferir en sus resultados.

A pesar de tener altos niveles de incertidumbre en algunas variables, los métodos se han ido ajustando de manera que esa base que depende de la percepción se relacione mejor con la realidad objetiva y presente un panorama más ajustado de lo que ocurre en la cotidianidad. Además, la continuidad de los informes de calidad de vida permite analizar su trayectoria y evolución para identificar posibles alteraciones y aportar a la construcción de soluciones para los retos que la ciudad va identificando de forma más rápida que los reportes que entregan el Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE), la contraloría o El Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses (Forensis).

Lo anterior resulta particularmente útil para el control político y la gobernanza. De hecho, la red de ciudades Cómo Vamos, es la encargada, en algunas ciudades (por ejemplo, en Medellín), de programar las rendiciones de cuentas de los mandatarios locales, con la suerte de tener datos independientes con los cuales contrastar los discursos en dichas presentaciones.

Al dar cuenta de las necesidades de la población, y contar con ciertos métodos de participación, estas encuestas son una herramienta de gran valor para crear mejores ciudades hacia el futuro, que, con base en la información, puedan tomar mejores

decisiones. Una de las reflexiones contenidas en el informe de capacidades de soporte para el valle de Aburrá (a propósito de la sostenibilidad como meta común del desarrollo territorial) es que la búsqueda de la calidad de vida urbana hace necesario transformar radicalmente las ciudades modernas y los hábitos. No solo se trata de construir nuevas ciudades, sino de repensar y reciclar las que ya existen, entendiendo que las ciudades son una construcción permanente por parte de quienes las habitan.

En Medellín, los primeros elementos utilizados para medir la calidad de vida fueron los ingresos de las familias y el Índice de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) (Alcaldía de Medellín, 2010). Sin embargo, estos factores resultaron limitados para medir un concepto que depende de tantas cosas y tiene amplias aristas. Contando únicamente con estos dos insumos no se podía realizar un estudio preciso de la calidad de vida como un concepto multidimensional que integrara variables económicas, sociales, de capital humano, de salud o incluso ambientales. La definición utilizada por la institucionalidad se amplió de tal manera que pudiera cubrir más esferas temáticas, por lo que el nuevo índice busca dar un paso adelante en la comprensión y en la medición de las dimensiones del bienestar (Castaño, 2010).

En el campo de la medición, aclara Castaño, porque combina en una sola medida variables cuantitativas y cualitativas y en la valoración, porque permite calificar los resultados de las políticas frente a criterios de equidad y logro que mejoran la rigurosidad del procedimiento y la confiabilidad de los resultados. El Indicador de Calidad de Vida (ICV) se mide con el fin de conocer la situación actual y la evolución de la comunidad para así focalizar la inversión social y hacer un uso eficiente de los recursos (Castaño, 2010).

Para el 2010 la alcaldía de Medellín concluía que el ICV se destacaba por incluir diversas dimensiones que afectan el bienestar de las personas y respondía a la tendencia de medición de este tipo de indicadores a nivel internacional, al sustentarse en teorías desarrolladas rigurosamente por estudiosos en el tema. Los resultados de las primeras mediciones mostraron un comportamiento acorde con el presentado de otras variables como el Producto Interno Bruto (PIB) y la tasa de desempleo, entre otras. Así mismo, se reflejó la crisis económica mundial que tuvo

origen en el año 2008 y ocasionó un retroceso en los niveles que se habían presentado en el periodo inmediatamente anterior 2004-2007. A partir del 2010 el indicador recuperó la senda de crecimiento, pero a pesar de haberse presentado avances significativos en la equidad, se pueden destacar entre las deudas de la ciudad, las desigualdades persistentes entre comunas, estratos, lo urbano y lo rural (Alcaldía de Medellín, 2010).

Actualmente el Departamento Administrativo de Planeación (DAP), define la calidad de vida como el nivel adquirido por la población sobre un conjunto integrado de características consideradas deseables para satisfacer necesidades fundamentales para su existencia (Salas & Garzón, 2013). La alcaldía de Medellín ha realizado estudios de calidad de vida en distintos momentos, pero no de manera continua y periódica. Aunque existen estudios anteriores, las últimas versiones del ICV publicados en línea son: 2008, 2009, 2011, 2012 y 2013 (Alcaldía de Medellín, 2019). Aunque se ha perdido la medición del ICV por varios años, se han realizado otro tipo de estudios e indicadores que están relacionados con la calidad de vida y que suelen estar presentes en los informes estadísticos y demográficos de la alcaldía, así como el Índice de Felicidad Integral o el Índice Multimodal de Condiciones de Vida.

El efecto de desarrollar nuevos índices y cambiar la estructura metodológica plantea retos a la hora de hacer un seguimiento y establecer parámetros de control, por lo que no es una práctica adecuada y menos si no solo se incorpora una nueva forma de medición, sino que también se deja de lado el indicador original. Así, los resultados ya no pueden unificarse y se generan dificultades al momento de hacer comparaciones necesarias para verificar avances y cumplimientos.

Este asunto que aparentemente es un elemento -menor- o inofensivo, puede generar grandes distorsiones a favor o en contra de diferentes sectores empresariales o políticos. Aunque los datos utilizados sean los mismos, la forma en que se procesan puede producir resultados muy diferentes y en los casos que aplique, pueden alejarse de los estándares internacionales que ya han sido ampliamente reconocidos y aceptados. Algo parecido al ICV pasó con la actual administración (2016-2019) al respecto de una variable que se desarrolla más adelante y tiene que ver con la seguridad vial.

Con una elevada tasa de mortalidad vial (que internacionalmente es medida en número de muertes por cada 100.000 habitantes) y un proceso de motorización casi exponencial en la región, se planteó una modificación para reducir la tasa inicial y esperar la reducción de esta en poco tiempo. El cambio consistía en expresar dicha tasa, no por cada 100 000 habitantes, sino por cada 10 000 o 100 000 vehículos, lo que efectivamente tuvo un efecto positivo sobre el valor, pero no sobre el problema. De hecho, este tipo de apuesta es desafortunada porque permite que una variable que puede ser totalmente independiente afecte la percepción de la otra. Es decir, aunque se mueran más personas, la tasa puede disminuir debido a la exitosa venta de carros.

Para cerrar la nota al margen sobre esta situación desafortunada explicando las repercusiones que pueden tener este tipo de decisiones, se plantea que en un escenario extremo en el que un mecanismo como este sea aceptado, podría ocurrir que a un tomador de decisiones le deje de importar el número de muertes y se enfoque en aumentar la venta de vehículos, pues allí encuentra un indicador favorable sin tener que hacer nada por la solución del problema inicial. Parece una idea sin sentido, pero este fenómeno es bastante común en muchas otras áreas que afectan la eficacia de los procesos y en últimas atentan contra la sostenibilidad.

Afortunadamente para el caso de Medellín, la red de ciudades Cómo Vamos ha llevado a cabo juiciosamente estudios de calidad de vida en la ciudad, anualmente desde el 2006. Estos estudios se han vuelto un importante instrumento, tanto para la administración como para la ciudadanía, pues sus hallazgos y sugerencias están presentes en la toma de decisiones. En estos informes se entiende la calidad de vida como el acceso de los habitantes de la ciudad a bienes y servicios básicos de calidad y se extiende al evaluar de manera subjetiva, la concepción que los ciudadanos tienen de su propio bienestar y el de su comunidad (Medellín Cómo Vamos, 2012).

## 5.7 Salud pública

Aunque las facultades de medicina del país han trabajado desde finales del siglo XIX en medicina preventiva y campañas de higiene pública, el origen de la salud pública en Colombia, como disciplina, se da entre finales de la década de 1950 y mediados de 1960 en Medellín (Gil Blas, 2013). A partir de ese momento se tuvo una mirada multidisciplinaria para la comprensión de esta área de la salud. Se utilizó un enfoque cercano al de Charles-Edward Winslow (uno de los precursores mundiales de la salud pública), quien la describía como la ciencia y el arte de prevenir las enfermedades, prolongar la vida y fomentar la salud y la eficiencia física y mental mediante esfuerzos organizados de la comunidad. Estos esfuerzos son importantes para sanear el medio ambiente, controlar las infecciones de la comunidad y educar al individuo en cuanto a los principios de la higiene personal (Arbeláez & Olaya, s.f.).

Fue en la Universidad de Antioquia (y gracias a los esfuerzos de los médicos y académicos Ignacio Vélez Escobar y Héctor Abad Gómez, al entonces ministro de salud pública Santiago Rengifo y al apoyo internacional de las fundaciones Rockefeller, Kellogg y Ford) que se fundó, el 31 de diciembre de 1963 la Facultad Nacional de Salud Pública (FNSP) (Gil Blas, 2013). Antes de su fundación, la salud pública no era un asunto prioritario en la ciudad o el país, la red hospitalaria tenía un desarrollo atrasado y los órganos gubernamentales de control en administración de salud estaban desarticulados (Arbeláez & Olaya, s.f.). Esto generaba un panorama, como lo expresan Olaya y Arbeláez, en el que los hospitales funcionaban más como casas de caridad que como entidades de salud. Estaban a cargo de fundaciones sociales sin ánimo de lucro y desconectadas del Estado (Arbeláez & Olaya, s.f.).

Lentamente la producción de estudios y formación de talento humano en esta y otras facultades que nacieron en años siguientes convirtieron la práctica de la salud pública en una disciplina estricta que aporta continuamente a la toma de decisiones a nivel local y nacional, logrando mejorar las condiciones de vida de la población. Por ejemplo, el desarrollo por parte de la facultad de la Universidad de Antioquia del proyecto de Análisis de la Situación de Salud (ASIS), es el más importante insumo del que dispone el gobierno para reconocer el estado de salud de la población colombiana y direccionar las acciones requeridas (Arbeláez & Olaya, s.f.).

Según los mismos autores, esta disciplina busca intervenir factores que den cuenta de algunas causas del entorno social y político, igual que los estilos de vida y comportamientos individuales para enfrentar el riesgo de enfermar o morir. Se busca dar explicaciones multidimensionales del proceso salud-enfermedad, el cual va más allá de lo que corresponde atender a la medicina y es precisamente por esto que resulta de la mayor importancia de cara a las graves consecuencias que está demostrando el modelo de movilidad vigente y para el cuál desafortunadamente, se carece de estudios en diversas áreas que sean lo suficientemente contundentes como para impulsar políticas públicas, planes y proyectos específicos.

Se estima que cerca del cincuenta por ciento del impacto sobre la salud de la población a nivel mundial se debe a determinantes sociales y económicos, mientras que solo un quince por ciento puede atribuirse a aspectos biológicos y genéticos (OMS, 2016), que es en los que paradójicamente, se invierte la mayoría de los recursos de la salud (OPS, 2012). Esta mala distribución de los recursos genera una distorsión bajo la cual las soluciones necesarias se alejan mucho del alcance porque se avanza en direcciones equivocadas.

Recientemente, el parlamento europeo mantuvo debates acerca de si, por ejemplo, los ministerios de salud deberían aportar a la construcción y mantenimiento de sistemas de transporte más limpios y saludables bajo el argumento de estar consumiendo aún más recursos para atender las consecuencias de no tenerlos. Esa es la maravilla que produce tener datos y saber utilizarlos, en algún momento, con la información necesaria, aparece una buena idea, se enfocan los esfuerzos y la sociedad progresa un paso más.

Medellín ha llevado a cabo una tarea juiciosa en varios aspectos de la salud pública, como controles epidemiológicos y campañas de higiene y vacunación (Gil Blas, 2013). Uno de los temas en los cuales la administración más recurre al conocimiento producido por los técnicos de la salud pública es en la identificación y el trato de las principales causas de mortalidad en la ciudad. La recopilación de datos ha sido fundamental para este fin. Fruto de la consolidación de datos es posible contar con

la publicación anual del reporte Indicadores básicos de la situación de salud en Medellín, que empezó en 2004.

Utilizando los indicadores de mortalidad a lo largo de los años es posible observar cómo han variado las principales causas, remitirse a estudios o políticas al respecto y plantear nuevas líneas de investigación que relacionen estas causas con otros conceptos que reclaman más atención, como la calidad de vida, la movilidad o el medio ambiente.

Precisamente dos reconocidos académicos de la ciudad, pertenecientes a la FNSP de la Universidad de Antioquia, han sido los encargados destacar, por separado, dos de las problemáticas que más tienen relación con la movilidad: Elkin Martínez quien ya en 2008 había publicado un artículo con hallazgos de las posibles conexiones entre la contaminación del aire por la industria y el transporte y las condiciones desfavorables de la salud en los habitantes del valle de Aburrá (Martínez & Bedoya, 2008), y Gustavo Cabrera, quien ha dedicado sus últimos diez años de investigación a la seguridad vial de la ciudad, entendiendo las lesiones, la discapacidad y las muertes en las vías con un enfoque epidemiológico (Cabrera, Velásquez, & Espinosa, 2017).

Sin embargo, la preocupación por el aire no es un asunto local ni una singularidad del valle de Aburrá. Entre los principales intereses del estudio actual de la salud pública a nivel global, sin duda, se encuentra la afectación a la salud humana (y seguramente de muchas otras especies) por parte del aire urbano. La cantidad de vínculos que se han podido encontrar entre las nuevas oleadas de muertes prematuras, y la contaminación de las ciudades en particular, es abrumadora no solo por las cifras, sino también por la dificultad de producir un efecto de alerta y acción al respecto, pues algunas de las causas de mayor incidencia son justamente actividades cotidianas que parecen inofensivas, pero están generando una crisis generalizada. Uno de los protagonistas de la delicada situación con el aire, es el material particulado que como se explica a continuación, es un componente metálico emitido por diferentes procesos de combustión e inhalado por seres vivos generando anomalías en sus organismos.



### 5.7.1 Calidad del aire y material particulado (MP)

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha estimado desde 2016 que por lo menos 4,2 millones de personas pierden la vida debido a la mala calidad del aire exterior que respiran cada día (OMS, 2016). Desde entonces, cada año se publican reportes acerca de la cantidad de la población mundial que vive en condiciones de contaminación que superan las recomendaciones de la OMS, la cifra oscila entre 90 y 95 por ciento.

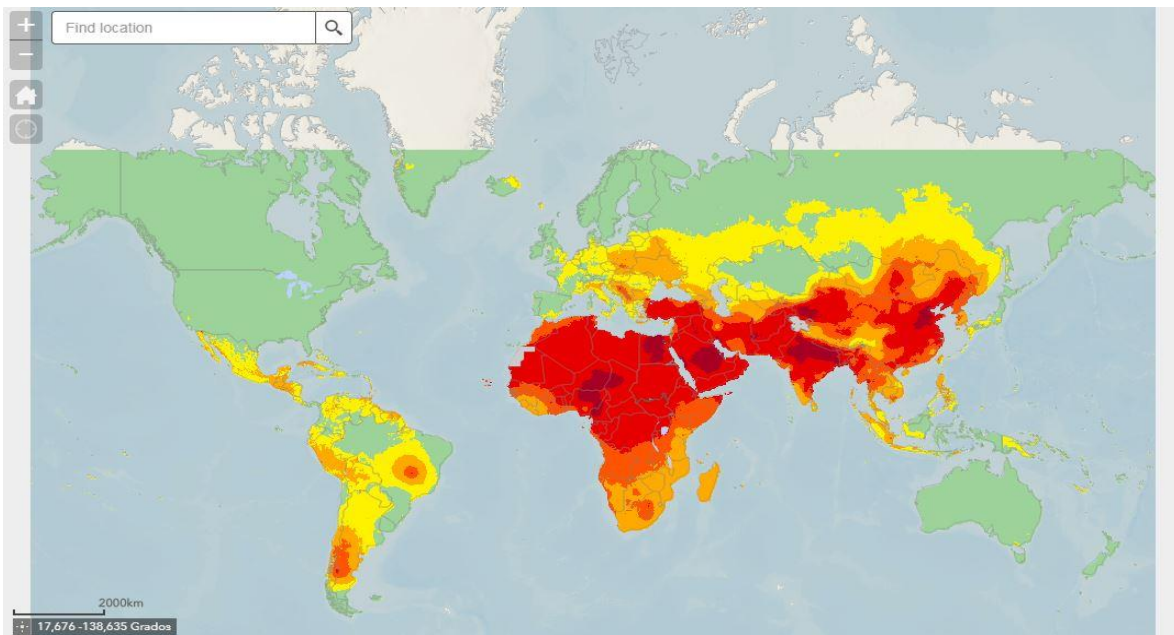


Figura 29. Concentración de MP2,5. Promedio anual en el mundo, 2016. Fuente: (OMS, 2019).

En la figura 29, se muestra la distribución de las malas condiciones ambientales, medidas como el promedio de concentración de material particulado MP2,5 cada día durante el año 2016. Aunque esta situación afecta a la mayoría de la población mundial, se ve principalmente en Asia y África. Sin embargo, también tiene un efecto importante en América Latina.

Por su parte, en la figura 30 se ve el panorama de algunas ciudades colombianas, siendo Medellín la única que presenta una porción de mancha roja, con valores de concentración de material particulado entre los 26 y los 35 microgramos por metro cúbico [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] de promedio anual.

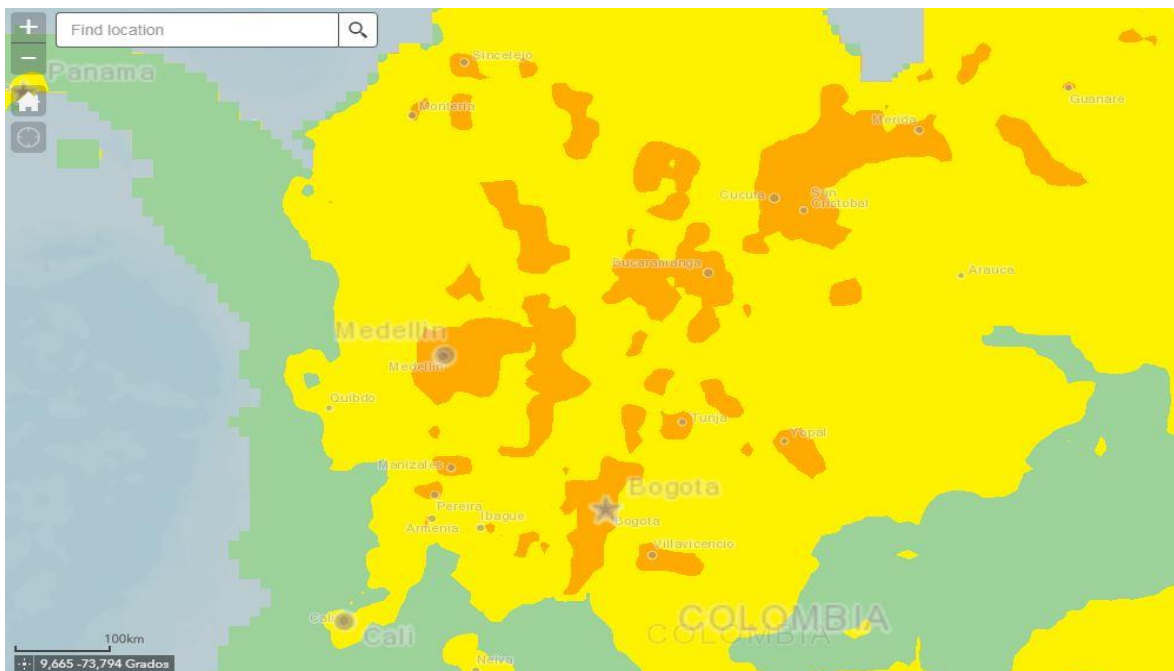


Figura 30. Concentración de MP2,5. Promedio anual en ciudades colombianas, 2016. Fuente: (OMS, 2019).

Las principales afectaciones identificadas se reflejan en enfermedades del corazón, infartos, enfermedades crónicas pulmonares, cáncer de pulmón y enfermedades en las vías respiratorias. En el reporte de la OMS con datos del 2016, se determina que a nivel mundial la contaminación del aire sería responsable del 29 por ciento de todas las muertes y enfermedades relacionadas con el cáncer de pulmón, el 17 por ciento de todas las muertes y enfermedades relacionadas con infecciones agudas de las vías respiratorias inferiores, el 24 por ciento de los infartos, el 25 por ciento de las enfermedades isquémicas del corazón y el 43 por ciento de todas las muertes y enfermedades relacionadas con las obstrucciones crónicas pulmonares (OMS, 2016).

La razón por la que estas enfermedades han llamado la atención de forma particular en los últimos años es que debido a la contaminación exterior, se ha superado la cantidad de muertes, ocasionadas por la inhalación directa de humo de cigarrillo y fogones de leña (estimada en 3,8 millones de personas a nivel mundial) (OMS, 2016) así que estas enfermedades que estuvieron asociadas a los malos hábitos o a malas condiciones socioeconómicas se convirtieron en gran parte de las enfermedades de todos los entornos urbanos, por el simple hecho de respirar en la calle. Esto se debe

a que se normalizó la presencia de un asesino invisible que acosa tanto a fumadoras, como a niñas, deportistas, profesoras o abuelas que no fuman.

Como se muestra en la figura 29, para gran parte de África y el sudeste asiático, la falta de cobertura en energía eléctrica representa uno de los mayores pendientes de la región y agudiza la crisis en términos de salud pública, que se materializa en la cantidad de muertes asociadas a la inhalación de humo. Con la excelente cobertura de servicios públicos y principalmente de energía eléctrica y gas natural o gas propano para cocinar, el aire interior no es un problema considerable para el valle de Aburrá, así que la responsabilidad de los efectos que se han reportado sobre la salud humana radica en la industria y en el transporte.

Un elemento que ha cambiado esta dinámica de asociación del aire urbano con la salud es el estudio cada vez más detallado (y con tecnología que lo permite) sobre la presencia de metales pesados en los gases emitidos por los diferentes procesos industriales y de transporte, ya sean mecánicos, térmicos o de otro tipo. Estos metales pesados, denominados material particulado o PM<sup>11</sup> (por sus siglas en inglés), tienen dos condiciones que lo hacen especialmente peligroso. La primera es que, por su tamaño, no hay filtros naturales en el cuerpo que eviten su inhalación. La segunda es que, por su composición, no pueden ser evacuados del cuerpo y generan mutaciones en los órganos receptores (Li, Guo, & Williams, 2016). Las figuras 31 y 32, muestran de forma gráfica el tamaño de las partículas en comparación con un cabello humano y posteriormente la ubicación y dimensiones aproximadas de los filtros naturales que tiene el cuerpo humano para evitar dichas partículas.

---

<sup>11</sup> En este documento, el material particulado se ha expresado como MP (en español) y no como PM, que se refiere a la denominación en inglés de la misma sustancia. El número que acompaña las letras representa el tamaño de las partículas expresado en micrómetros, que comúnmente son tres: MP10, MP2,5 y MP1.

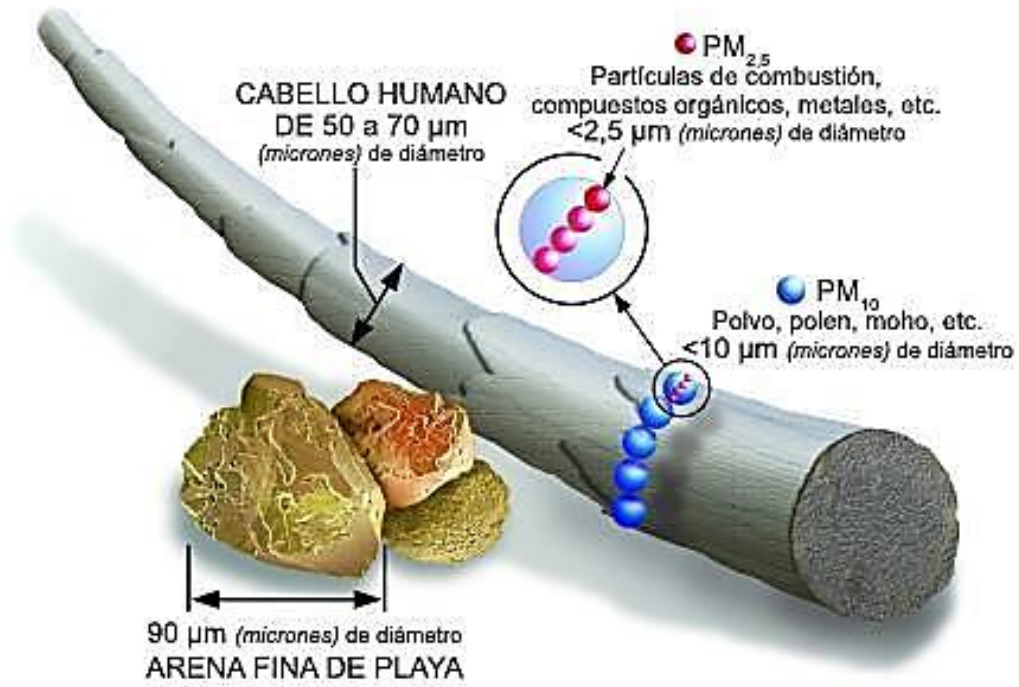


Figura 31. Representación del MP10 y del MP2,5. Elaboración: EPA, 2016

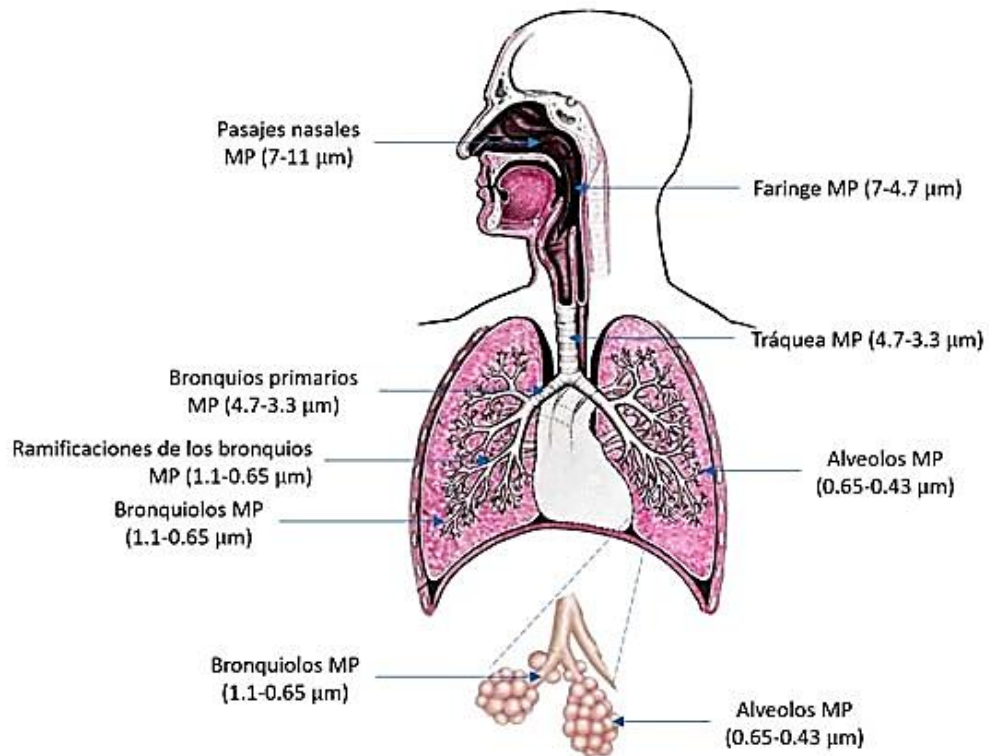


Figura 32. Representación de los filtros naturales del cuerpo humano. Elaboración: CeMCAQ

Con la creciente investigación sobre la presencia del MP1, el material particulado medible más pequeño hasta ahora, se ha concluido que no hay un nivel de inhalación de aire contaminado que sea seguro, así como no se ha podido determinar que sea peor una alta exposición durante poco tiempo que una baja exposición por un tiempo prolongado (Harvard School of Public Health, 2017). En otras palabras, las alertas rojas que se extienden durante una o dos semanas pueden ser tan graves como la situación de contaminación moderada, que se marca con amarillo, por varios meses. Así que la única forma de revertir la crisis de salud ocasionada por la contaminación del aire urbano es dejar de contaminarlo con emisiones tóxicas, ya que, como indican los últimos estudios, ningún nivel es seguro. El estudio del MP1 es de la mayor importancia, ya que ha sido encontrado en los alveolos pulmonares, de donde puede pasar al sistema nervioso y generar malformaciones de transmisión genética (Li, Guo, & Williams, 2016).

En Medellín, la calidad del aire es monitoreada desde el año 2000 por la autoridad ambiental de la región, el Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA). Desde octubre de 2008, la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, ha estado operando la Red de Monitoreo de Calidad del Aire (REDAIRE), la cual fue creada en 1992 mediante una cooperación institucional de la que hacían parte el AMVA, Corantioquia y las Universidades: Pontificia Bolivariana, la de Antioquia, la Nacional, la de Medellín y el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. Desde 2003 se sumaron el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Negro y Nare (Cornare) y la Secretaría del Medio Ambiente de Medellín. Actualmente la red cuenta con veinte estaciones fijas y una estación móvil.

Esta infraestructura permite que el centro de control del AMVA y el Sistema de Alerta Temprana Ambiental de Medellín (SIATA) hagan un seguimiento en tiempo real de los datos generados por los equipos automáticos. Uno de los logros importantes de esta gestión, fue la colaboración que hubo con Ecopetrol (la empresa estatal de petróleos) para fijarse y cumplir con la meta de reducir la concentración de azufre en el diésel que se entregaba a la ciudad, pasando de 4500 a 50 partes por millón, medidos a partir de julio de 2010 (Tellez, 2012).

Otro de los esfuerzos notables se dio en vehículos de transporte público, en los que, mientras se hacía efectiva la renovación del parque automotor, se instalaron filtros que aportaron a una reducción teórica del ochenta por ciento del material particulado emitido (González, 2010). La penetración de vehículos eléctricos ha sido otra de las banderas para reducir las emisiones en la ciudad.

Otros estudios realizados con respecto a la calidad del aire en Medellín destacan que las emisiones atmosféricas han aumentado en Medellín a raíz del crecimiento del parque automotor y de la congestión vehicular. Además, dicen, la geografía de la ciudad propicia la acumulación de material particulado a lo largo del valle, debido a la baja ventilación natural que causan las montañas aledañas (Moore & Rincón, 2017). A pesar de las limitaciones naturales, el parque automotor sigue siendo la principal causa de material particulado en la ciudad. Mientras que en el 2010 se estimaba que las fuentes móviles representaban el sesenta por ciento de las emisiones (Posada, Farbiarz, & González, 2011), estudios recientes han afirmado que la contribución del transporte a la contaminación del aire se acerca al ochenta por ciento (Contraloría General de Medellín, 2013)

Para ver efectos en la descontaminación del aire, se deben reducir las emisiones y, para lograrlo, faltan controles estrictos al parque automotor. En el año 2013, un 46 por ciento de los vehículos a gasolina evaluados en la ciudad, no aprobaron la verificación de norma de gases. En vehículos diésel, el incumplimiento fue del 44 por ciento. (Contraloría General de Medellín, 2013). Actualmente, la cifra ha subido y se ubica cerca del cincuenta por ciento de la evasión y ochenta por ciento de rechazados en las pruebas (Supertransporte, 2017)

A propósito de las medidas tomadas por la administración para reducir la congestión y luego comunicadas y entendidas como medidas ambientales al eximir a los vehículos que funcionan con ayuda de gas natural o son eléctricos, está el pico y placa. Según estudios sobre el comportamiento de las emisiones y la concentración de material particulado entre 2004 y 2007, este ha sido variable en diferentes componentes y no se puede afirmar que la contaminación ambiental haya disminuido con la aplicación de esta medida (Posada, Farbiarz, & González, 2011).

## 5.7.2 Ruido

Actualmente no es difícil encontrar niveles de ruido que tengan efectos adversos en la salud. Como lo sugiere la OMS desde en uno de sus reportes de 1999, incluso los espacios “silenciosos” han sido contaminados con diferentes ruidos (OMS, 1999). Se pueden identificar muchas causas para explicar el creciente problema de la contaminación acústica, empezando por el crecimiento poblacional y la pérdida de suelo rural a favor de la expansión urbana. Si además se combinan la falta de medidas adecuadas para restringir la emisión de ruido y la popularidad de artefactos ruidosos de la modernidad (entre ellos los vehículos), se puede suponer que en la disposición de las ciudades hay gran responsabilidad y también posibilidades para controlar este tipo de contaminación (Chepesiuk, 2005).

Desde 1981, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (*EPA* por sus siglas en inglés) aportó suficiente evidencia para señalar al transporte de pasajeros, incluyendo trenes, buses, carros y motocicletas como una de las fuentes de ruido exterior más generalizadas. Ya para entonces, advertía que más de cien millones de estadounidenses, casi la mitad de la población de ese año, estaban expuestos a la contaminación acústica producida por el transporte alrededor de sus casas (EPA, 1981).

Pero el ruido no solo es una molestia cada vez más común. Diferentes estudios han demostrado sus efectos adversos, tanto para la salud, como en otros aspectos sociales e incluso económicos, ya que los efectos que se dan inicialmente sobre la salud pueden generar limitaciones sociales de interacción, reducir la productividad y la capacidad de aprendizaje, justificar la inasistencia a la escuela o a los sitios de trabajo, e incluso incrementar el consumo de drogas y los accidentes (Westman & Walters, 1981). Esto se debe principalmente a que el ruido, al ser percibido inconscientemente como una señal de alerta, incluso al dormir, hace que el cuerpo reaccione “luchando o huyendo” con alteraciones nerviosas, hormonales y vasculares que tienen consecuencias de largo alcance en el organismo (Babisch, 2005). Adicionalmente como factor ambiental, en una comunidad o un sector con niveles de ruido considerables, es común la pérdida del valor del suelo y de las propiedades (OMS, 2006).

A pesar de haberse reconocido como una condición desfavorable para la salud, es preocupante que no se le dé más importancia a otros efectos fisiológicos y psicológicos del ruido, (Stevens & Warshofsky, 1975), pues diferentes procesos cognitivos y hasta las emociones, tienen una interacción permanente con los estímulos sonoros para incidir en el estado de conciencia (Zubek, 1969). Con el incremento del ruido producido por las industrias y el transporte, se ha podido analizar diferentes situaciones en las que se demuestra su relación con la pérdida del desempeño en múltiples tareas y la frustración que finalmente pueden desencadenar altos niveles de estrés (Westman & Walters, 1981), siendo el estrés otra causa de graves afectaciones a la salud como los infartos, el asma, la obesidad o la diabetes (Griffin, 2019).

La situación de ruido es algo que también hace particular el caso de Medellín en términos de contaminación ambiental y calidad de vida pues, desde 2007, con la elaboración de los mapas de ruido para Medellín, Itagüí y Bello, la ciudad ha sido clasificada como la más ruidosa del país (Secretaría de Gobierno, 2017). En estos mapas, se ve claramente el efecto que tienen las vías, tanto principales como locales. Sin embargo, con respecto a los niveles de ruido causados por el transporte en la ciudad, no se perciben grandes esfuerzos por la recolección de datos ni estudios que sirvan para encontrar una solución.

La Contraloría General de Medellín, se encarga de recoger resultados del seguimiento realizado por la empresa Publik Informadores en algunos cruces viales de la ciudad entre los años 2009 a 2013. Según los resultados de las mediciones de ruido realizadas por Publik Informadores, de una muestra de 469 registros tomados en diferentes cruces viales de la ciudad de Medellín en 2013, el promedio anual fue de 83,2 decibeles. En los últimos cinco años (2008-2013) el nivel de ruido medio ha fluctuado alrededor de los 82 decibeles (Contraloría General de Medellín, 2013). Una conversación alcanza unos cincuenta decibeles y un taladro, los cien.

Ya en 1990, el Instituto Nacional de Salud de los Estados Unidos, se preocupaba por campañas para visibilizar y alertar sobre los desconocidos efectos del ruido. Treinta años después, es poco lo que en políticas públicas locales se ha logrado para restringir dicha emisión y garantizar el bienestar colectivo.



## 6. Metodología

Partiendo de los reportes de movilidad urbana que publicó la Corporación Andina de Fomento (CAF 2009; 2016) y con los cuales se calcularon dos índices comparativos entre dieciséis ciudades de América Latina para los años 2007 y 2014, se encontró una leve mejora de Medellín con respecto a la primera revisión. La ciudad ascendió dos puestos (del décimo al octavo) y se mantuvo por encima de promedio, con puntajes de 5,26 y 6,06 sobre diez puntos posibles. Además, no estuvo muy lejos de los 7,33 y 7,21 que obtuvieron las ciudades calificadas en primer lugar para dichos años. El resumen de los resultados generales para los índices de 2007 y 2014, se ven en las figuras 33 y 34.

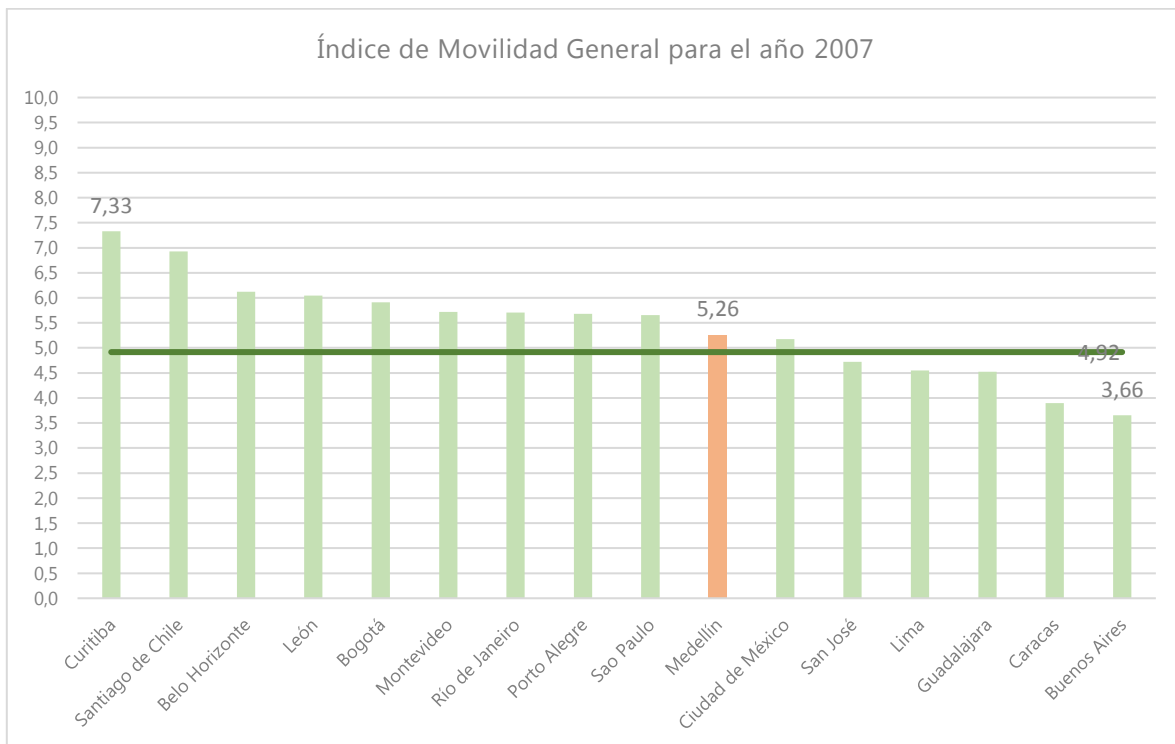


Figura 33. Resultados generales del índice de movilidad calculado para 2007. Fuente: Elaboración propia con base en (CAF, 2010) y (Cadena-Gaitán, 2014).

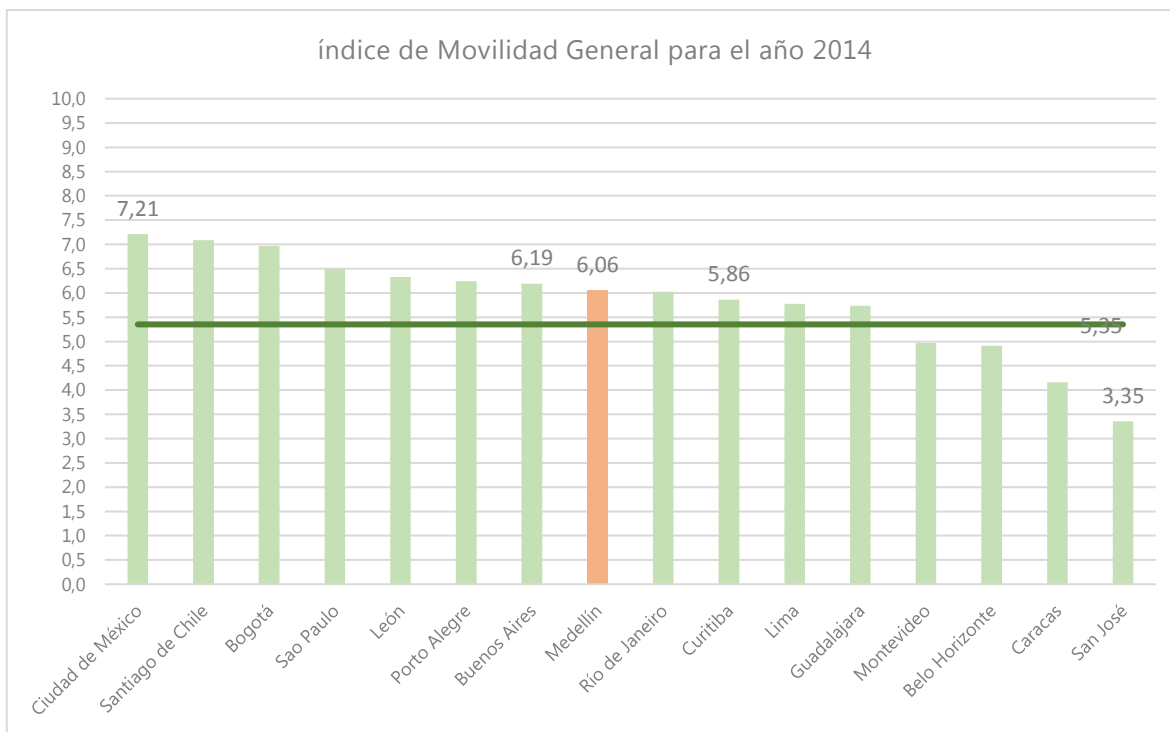


Figura 34. Resultados generales del índice de movilidad calculado para 2014. Fuente: Elaboración propia con base en (CAF, 2016) y (Cadena-Gaitán, 2014).

Cuando se presentan este tipo de mediciones, hay algunas inquietudes alrededor de otras variables que pueden estar relacionadas con los avances en el transporte. Para entender mejor el estado de la ciudad en un contexto más amplio, se debe realizar una búsqueda detallada de los índices generales y así, poder establecer si esa mejora de los índices de movilidad también representa una mejora para el sistema urbano general o si, por el contrario, los índices de carácter sectorial pierden la relación con otras variables de primera importancia y no permiten una comprensión tan amplia de territorio. Ya que dentro de los objetivos y el contexto de esta investigación se menciona en varias oportunidades la integralidad de los sistemas urbanos, con ese mismo enfoque se hace el análisis de variables, teniendo clara la relevancia y popularidad del concepto de la movilidad sostenible.

Así pues, con la sostenibilidad en la mira, se empieza una búsqueda de variables asociadas, empezando por la vida, pues si algo se debe garantizar cuando se caracteriza a un sistema como sostenible, es la vida. Una vez se tienen pistas sobre los efectos letales del transporte en la región, se considera profundizar en el análisis de las posibles causas base. Resulta tan importante entender cada detalle del

proceso de una muerte relacionada con el transporte, como entender la parte del sistema en la cual encajan las posibles causas, pues en definitiva todas las variables están relacionadas entre sí y es el conjunto de las interacciones y no el dato o el hecho, lo que produce los efectos más notables (Brooks, 2012).

Inicialmente se pretendía identificar y señalar la mayor cantidad de relaciones aparentes entre la movilidad y la calidad de vida, pero con el tamaño del problema encontrado al revisar las muertes probadas y posiblemente asociadas a la mala gestión del transporte, el asunto de la salud pública y específicamente, la fatalidad que se debe al sistema de movilidad cerró el alcance del trabajo, para establecer mejores conceptos y hacer análisis más detallados sobre los temas más urgentes.

### 6.1 Caracterización de las defunciones en Colombia y el valle de Aburrá

Teniendo una buena experiencia con las bases de datos del Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses (Forensis), y conociendo las diferencias metodológicas que se presentan con el Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE), se trabajaron conjuntos de datos de ambas instituciones para definir, de forma clara, los perfiles de mortalidad general, así como específicos, tanto a nivel nacional, como regional para el valle de Aburrá.

La primera revisión consistió en la construcción de una base consolidada basada en los reportes que emite Forensis, desde 1999 (llamados Datos para la Vida). Con esta base conformada y un énfasis en las muertes relacionadas a lo que denominan "accidentes de tránsito", se procedió con el análisis de las bases de datos del DANE. Uno de los hallazgos interesantes, aunque no sorprendentes, es que, para muchas de las causas de muerte, la cifra definitiva varía según la escala y la entidad.

Para evitar esa inconsistencia y la posibilidad de ampliar los errores al relacionar datos incompatibles, se revisaron dentro de las estadísticas de salud, las defunciones no fetales que corresponden a una serie de bases de datos de fallecimientos posteriores a un efectivo nacimiento. Entre las múltiples clasificaciones de muertes no fetales, se analizaron para la escala nacional, las "Defunciones, por área donde

ocurrió la defunción y sexo, según grupos de edad. Total nacional” (correspondientes al cuadro 1) para los años 1998 a 2017, último año con cifras consolidadas.

Para hacer el mismo ejercicio en la escala regional (Medellín y su área metropolitana), se revisaron y compilaron los informes de “Defunciones por grupos de edad y sexo, según departamento y municipio de residencia y lista de causas agrupadas” (correspondientes al cuadro 4) entre los años 1998 y 2007 y al cuadro 5 para los años 2008 a 2017, último año con las cifras consolidadas.

Con esta base de datos compilada, se decidió profundizar el análisis con las cifras del DANE debido principalmente a dos razones: son más completas y fáciles de trabajar las tablas que se pueden organizar con estas cifras y lo más importante (que además se acerca a los objetivos de esta investigación) es que, por ejemplo, en los incidentes viales, se incluyen secuelas, es decir, muertes que se presentan incluso un año después de haber ocurrido el hecho en la vía. Muchas de las secretarías y oficinas que trabajan con la seguridad vial desconocen la importancia del seguimiento a las víctimas no fatales en sitio. A pesar de los esfuerzos del DANE, cabe anotar que el subregistro de lesiones y discapacidades es muy elevado. Aunque también se presenta un subregistro en el número de vidas perdidas, este se ha ido corrigiendo en los últimos años.

## 6.2 Bases conceptuales y científicas que relacionan cada tipo de muerte con las condiciones y el contexto del transporte.

Entendiendo la dimensión del problema y las amplias posibilidades de solución que existen, se hacen dos revisiones principales. La primera tiene que ver con los estudios que específicamente hayan evaluado el rendimiento del transporte, la caracterización del sistema de movilidad, la configuración urbana y del transporte, y lo hayan relacionado con los indicadores de calidad de vida o de salud. La segunda, más técnica alrededor de los temas, experiencias, ideas y avances de la ciencia sobre aquellos aspectos encontrados de la mayor relevancia a la hora de establecer una relación entre el sistema de movilidad urbana y la salud pública.

Como el campo de la calidad de vida, resulta tan amplio y subjetivo en algunos casos luego de una revisión general, fueron objeto de estudio solo aquellos factores que han demostrado ser causas directas o indirectas de los fallecimientos, pues tienen alta probabilidad de estar en el origen de las condiciones que producen dichas muertes.

### 6.3 Profundización en los temas más agudos. La contaminación del aire (incluyendo el ruido), la accesibilidad y la velocidad

Estos tres o cuatro factores, los cuales tienen un origen importante en la configuración del sistema de movilidad, se han tratado en detalle para establecer, a nivel conceptual, su significado, lo que se sabe respecto a la forma en que se producen, los tipos de efectos que pueden tener sobre la salud y las formas en que ha evolucionado el estudio para el entendimiento y solución de dichas problemáticas.

Con base en el simple tránsito vehicular por la ciudad, se procuró explicar una serie de eventos que giran en una espiral de retroalimentación negativa, en la que el simple hecho de superar un umbral en la circulación de vehículos particulares, con un efecto inicial, que se resume en la congestión, produce las condiciones adecuadas para una crisis generalizada de salud pública, una crisis dolorosa no solo por la escala del impacto, sino por el hecho de ser evitable mediante mecanismos de gestión que son conocidos y exitosos en muchos otros casos de estudio.

Debido a esa posibilidad tangible de mejora, el énfasis especial que se hace en la conceptualización de estos dos factores (por ejemplo, la contaminación fruto del transporte y la inseguridad vial, fruto del diseño de las calles y del espacio público en general) es un aporte esencial para alcanzar el objetivo de incidir positivamente en la toma de decisiones, la construcción de políticas públicas y la priorización de recursos.

#### 6.4 Elaboración del perfil de la mortalidad vial en el valle de Aburrá

Una vez se aclararon conceptos fundamentales sobre los posibles impactos de las diferentes características del transporte sobre la vida, se retoman las bases de datos de las defunciones para agrupar y analizar en detalle aquellas con origen directo, indirecto o posible, en el sistema de movilidad.

Esta elaboración del perfil incluye un análisis sobre, por ejemplo, la importancia de cada causa a lo largo de los últimos veinte años. Así, con base en la forma en que se ha ido modificando la caracterización de la mortalidad en la región, se pueden ver también los posibles efectos de una motorización que solo ha ido en aumento, y de manera drástica en las mismas dos décadas.

#### 6.5 El aire. Análisis del contexto y los procesos asociados a la pérdida de vidas en el valle de Aburrá

Después de la revisión de conceptos y posiciones frente a la problemática general relacionada con la mala calidad del aire en el mundo, se hace una agrupación de todas las causas que se han probado con algún grado de relación con este fenómeno. De manera específica para el valle de Aburrá, se revisa la incidencia del transporte con base en los cuatro inventarios de emisiones a los que se ha tenido acceso, que reúnen información de 2007, 2013, 2015 y 2017. Los inventarios son procesados para estimar la evolución, con datos oficiales, que han tenido las emisiones contaminantes en general y para algunos vehículos con mayor incidencia como los buses y las motocicletas.

Luego se hace un análisis sobre el material particulado (MP<sub>2,5</sub>) por sus graves efectos sobre la salud humana, ya que en la medida en que se ha identificado que esta emisión tiene una fuerte relación con las muertes, se pueden establecer proyecciones o metas que incidan directamente en su disminución.

## 6.6 La velocidad. Análisis de las condiciones de seguridad vial en la ciudad metropolitana, su evolución y el efecto de la velocidad sobre algunas vías principales y representativas del problema

Con el antecedente de los mapas elaborados por la Fundación Más Urbano desde 2011, en los que se hacía un levantamiento de los datos de las muertes por incidentes viales en Medellín y que actualmente publica la administración en el portal cartográfico de la ciudad de Medellín (GEO Medellín, 2019), se hizo la revisión de algunas avenidas principales para contrastar la cantidad de muertes ocurridas allí así como un levantamiento de las velocidades de circulación estimadas en tramos de aproximadamente cuatro kilómetros para cada caso. La revisión del número de muertes se hizo mediante conteo manual. Por su parte, la revisión y estimación de las velocidades en cada tramo, de cada corredor vial identificado, se hizo con datos libres de *Google Maps* y su herramienta de *crowdsourcing*, *Google Traffic*.

En resumen, para cumplir con los objetivos anunciados: se hizo una revisión de las tendencias y las tasas de mortalidad de los últimos veinte años (a nivel nacional y local) luego para la ciudad de Medellín, se hizo una caracterización de las principales causas de muerte durante el mismo período (1998-2017), y de allí, de acuerdo con lo descrito en el marco teórico, fueron abordadas las principales causas de muerte que además tienen una relación directa o indirecta con el transporte. Debido a la magnitud de su participación, se hizo un enfoque en la contaminación y en la seguridad vial.

Finalmente se exploraron asuntos correspondientes a la motorización, la congestión y los tiempos de viajes, junto con algunas estrategias de gestión. Allí se planteó, cómo la lucha por evitar una mayor congestión es en parte la que está generando los grandes problemas descritos en los puntos anteriores. Así se cuenta casi una crónica que lleva al lector por una serie de hechos y de información relevante que le permite hacer conexiones entre las graves consecuencias que produce la configuración urbana del valle de Aburrá y algunas de las posibles causas asociadas al transporte.

## 7. Procesamiento de datos

### 7.1 Contexto y tendencias de la mortalidad a nivel mundial

Con datos recopilados por el Banco Mundial, se pueden inferir por lo menos dos aspectos sobre la mortalidad a nivel global. La primera es que efectivamente la tasa de mortalidad general ha estado bajando de forma considerable y consistente por más de cincuenta años; casi tres veces desde las dieciocho muertes al año por cada 1000 habitantes en 1960, hasta las siete calculadas en 2017 (Banco Mundial, 2019). La pendiente de la línea en la figura 35, tomada directamente del portal del Banco Mundial, muestra claramente esa tendencia.

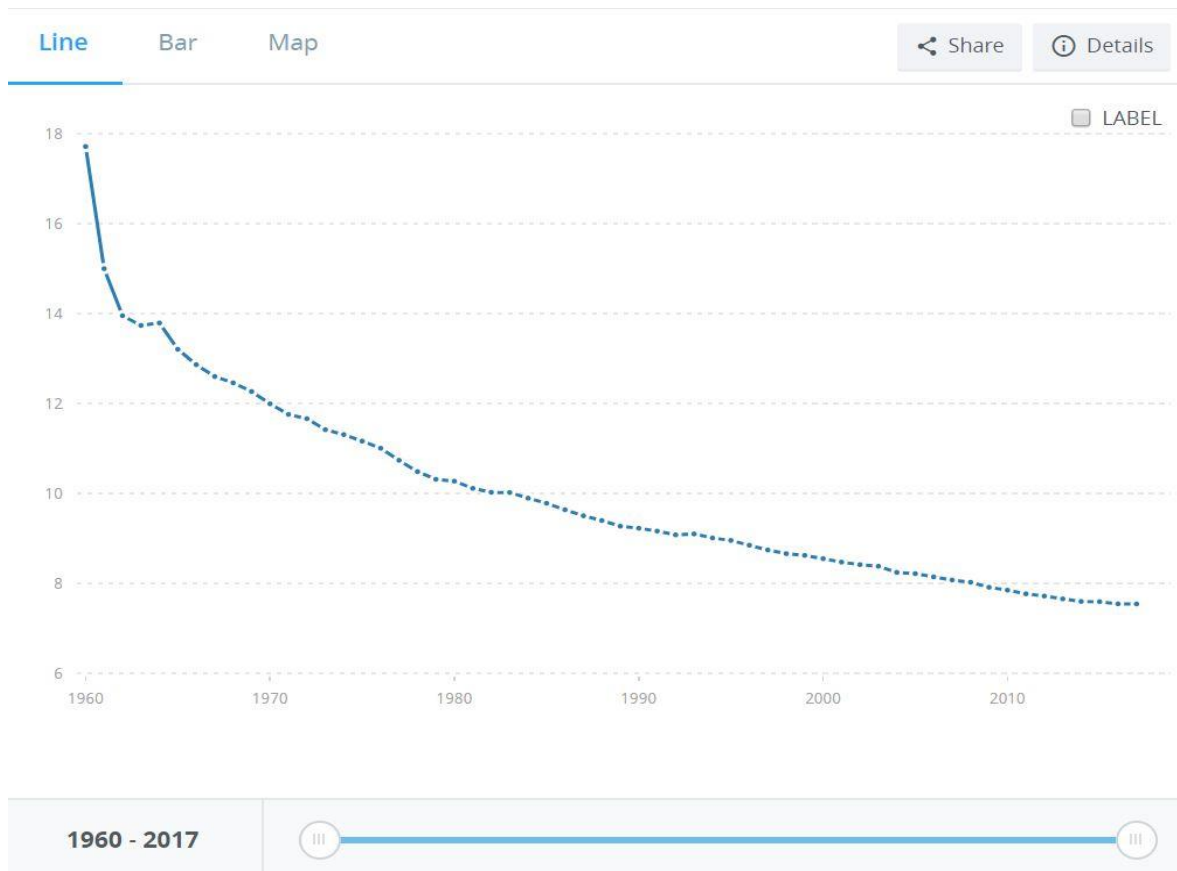


Figura 35. Evolución de la tasa de mortalidad a nivel mundial 1960-2017. Fuente: (Banco Mundial, 2019).

La segunda es que el mayor desarrollo económico de los países, no necesariamente se traduce en la disminución de la tasa de mortalidad. Esto también se puede explicar por el envejecimiento que viven algunos referentes europeos y casos como el de



Japón donde la tasa más baja (5,9) se alcanzó en 1979 y desde entonces se ha mantenido al alza hasta llegar a más de once en 2017 (Banco Mundial, 2019). Pero no se puede trasladar toda la responsabilidad a la contracción de las natalidades. En el mapa que aparece a continuación (figura 36), se muestra la posible incidencia de los extremos económicos y de productividad en la mortalidad de los países, puesto que los tonos más oscuros, para aquellos países cuya tasa supera las nueve muertes por 1000 habitantes, se distribuyen entre algunos de los más ricos y algunos de los más pobres. Parece que han sido tan importantes los avances en el saneamiento básico y la medicina como las afectaciones que se están presentando por las nuevas tecnologías, algunas de ellas, en el campo del transporte y las industrias y es justamente allí donde cobra relevancia este trabajo al destacar a la movilidad como un factor externo de graves consecuencias.

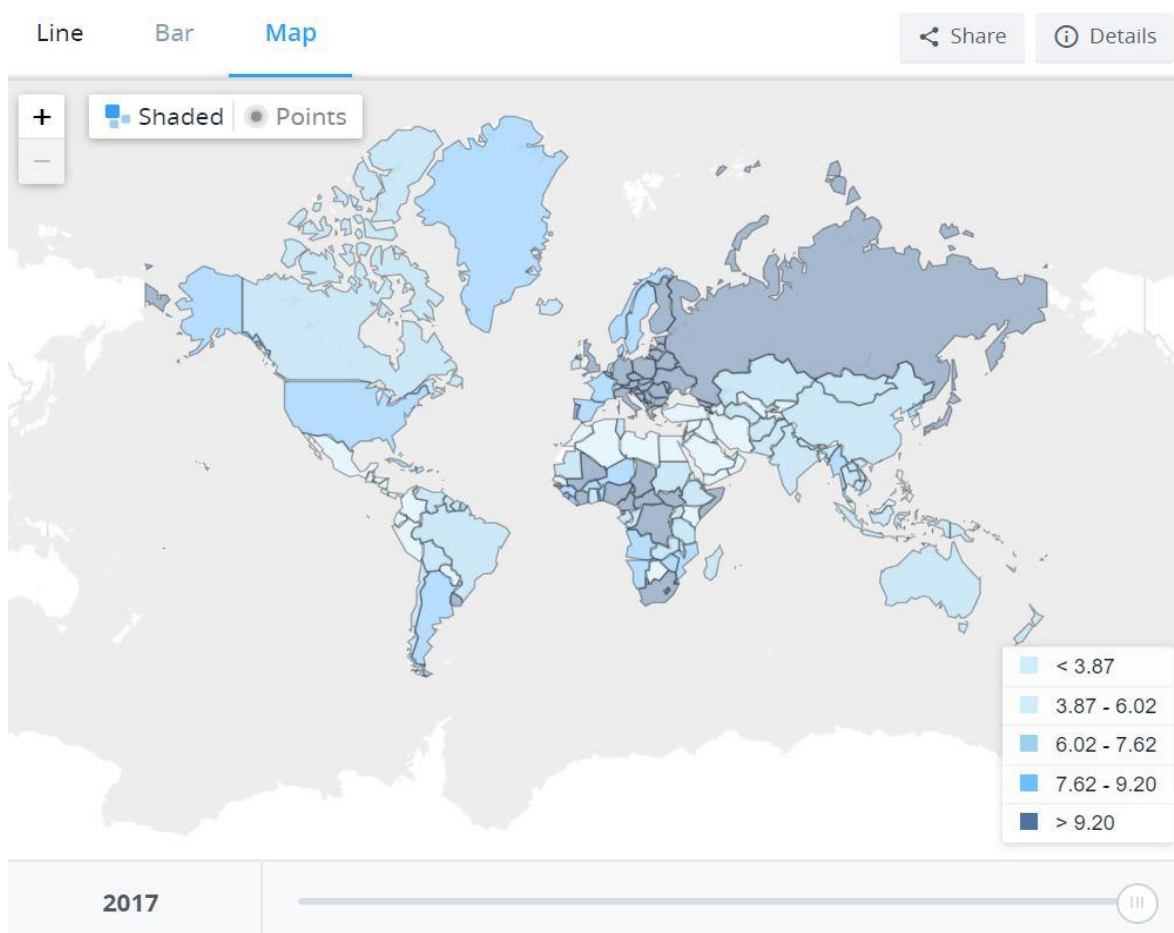


Figura 36. Comparativo de la tasa de mortalidad a nivel mundial en 2017. Fuente: (Banco Mundial, 2019).

## 7.2 Panorama general de la mortalidad en el valle de Aburrá

Con un análisis de la información ofrecida por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) y por El Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses (Forensis), se ha podido construir un perfil de la mortalidad en la región, evidenciando su importancia a nivel departamental y nacional, y dando pistas del amplio campo que existe para mejorar en la gestión de la movilidad como un asunto de alta incidencia en la salud pública. En la siguiente figura se muestra el total de muertes registradas en Colombia (200 000 anuales en promedio) así como las tendencias de Medellín y de Antioquia con cifras bastantes estables y cercanas a sus promedios de 12 500 y 30 000 muertes anuales respectivamente.

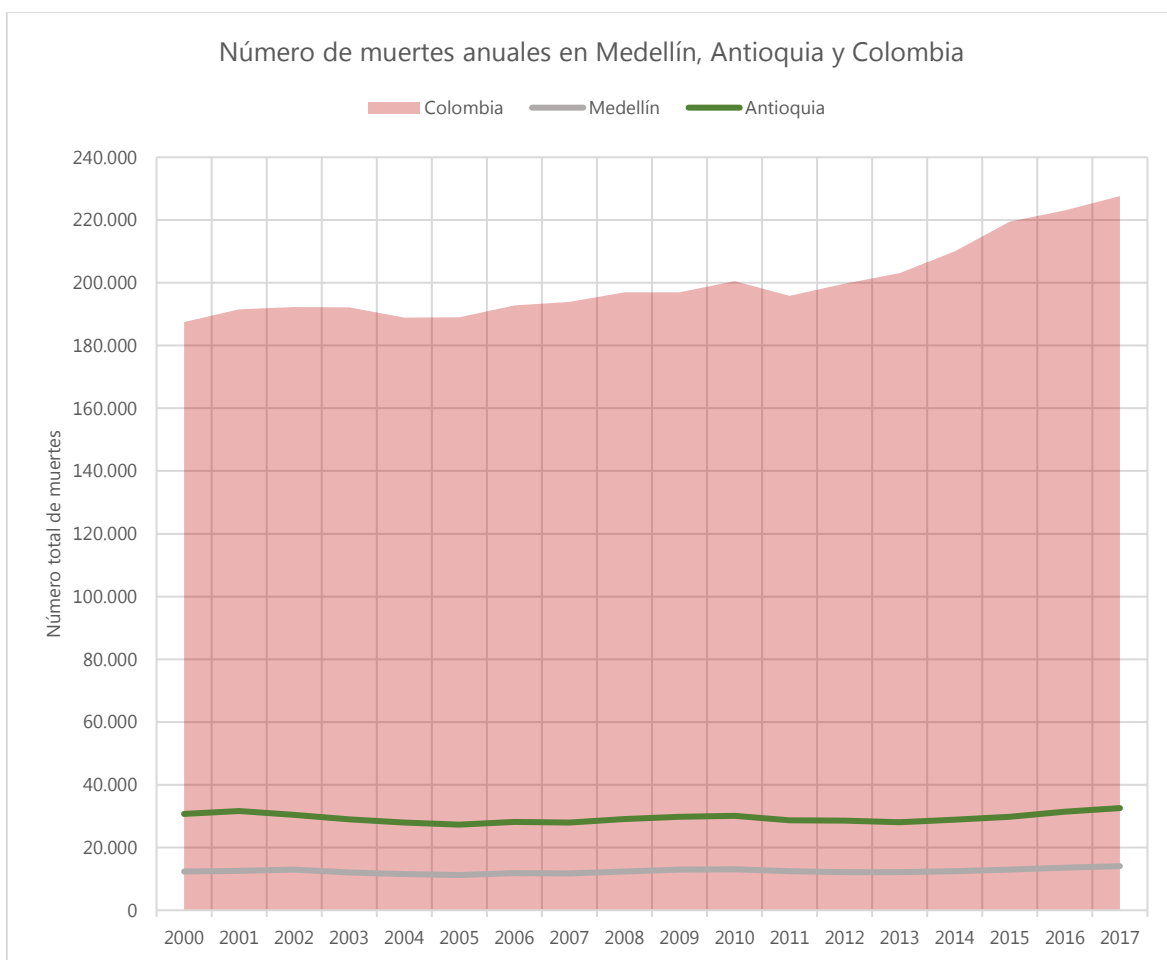


Figura 37. Perfil de mortalidad en Colombia, Antioquia y Medellín. Fuente: Elaboración propia con base en (DANE, 1998-2017).

Así como el número de muertes, las tres tasas de mortalidad han presentado una gran estabilidad y se agrupan en el mismo rango de entre cuatro y seis. Esto es muy interesante debido a que se puede tener la impresión de que Colombia, con todas sus dificultades y situaciones adversas en regiones alejadas, tiene una alta tasa de mortalidad, pero en realidad, ni el país, ni el departamento, ni la ciudad, presentan números elevados. De hecho, la tasa de mortalidad que presentan se mantiene entre los rangos inferiores en cada caso. Medellín, por ejemplo, tiene una tasa menor a la de ciudades como Berlín (9,6) (Knoema, 2019) o Zúrich (7,4) (UrbiStat, 2019), mientras se acerca más a las tasas de Nueva York (5,5), Sao Paulo (4,4) o Río de Janeiro (6,2) (IBGE, 2017).

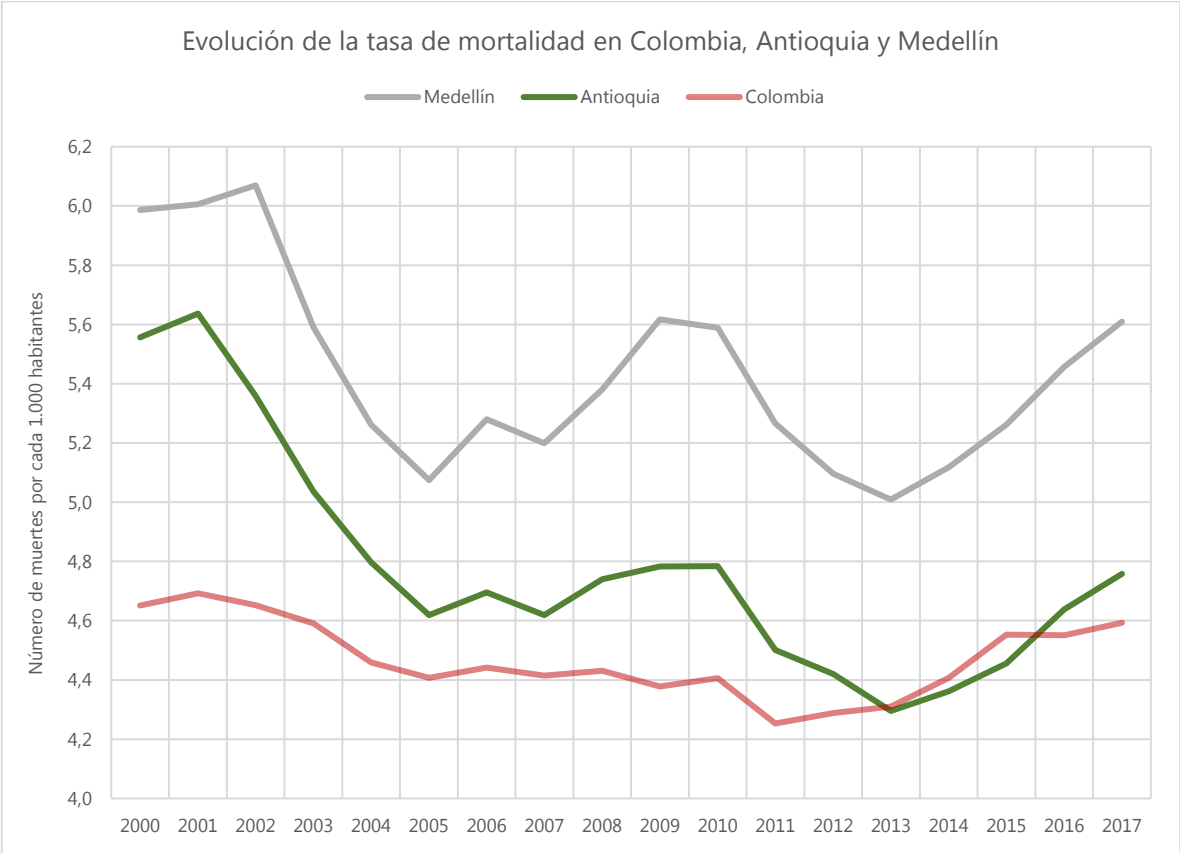


Figura 38. Evolución de la tasa de mortalidad en Colombia, Antioquia y Medellín. Fuente: Elaboración propia con base en (DANE, 1998-2017).

Desde 1960, la esperanza de vida en Colombia aumentó en veinte años llegando a los 77 en 2017 (Banco Mundial, 2019), un valor medio-alto con relación al resto de los países que se agrupan más cerca de los setenta que de los ochenta. Esto plantea un reto en términos de salud pública, ya que, si se consideran las muertes prematuras

como todas las muertes ocurridas antes de la esperanza de vida, la cifra para Colombia está cerca del sesenta por ciento. Si se hace el mismo ejercicio para Medellín, con el promedio de la esperanza de vida entre los años 2000 (71) y 2017 (77), resultaría que, en la ciudad, la mortalidad prematura es del 55 por ciento y esto quiere decir que más de la mitad de las muertes que se registran cada año, son “evitables”.

Tomando solo las dos causas de muertes ampliamente conocidas como factores de riesgo con origen en el transporte, se podría trabajar en la disminución de por lo menos el treinta por ciento de las muertes prematuras y casi el veinte por ciento del total de las muertes en el valle de Aburrá que promedio 18 500 muertes anuales entre el año 2000 y el 2017.

Después de Medellín, los municipios que mayor número de muertes reportan, son Bello, Itagüí y Envigado, sin embargo, los que presentan las tasas más altas son Caldas, Copacabana y Sabaneta que ha sufrido un quiebre en los últimos siete años, pasando de 3,9 a 6,8, la cifra más alta del área metropolitana en veinte años.

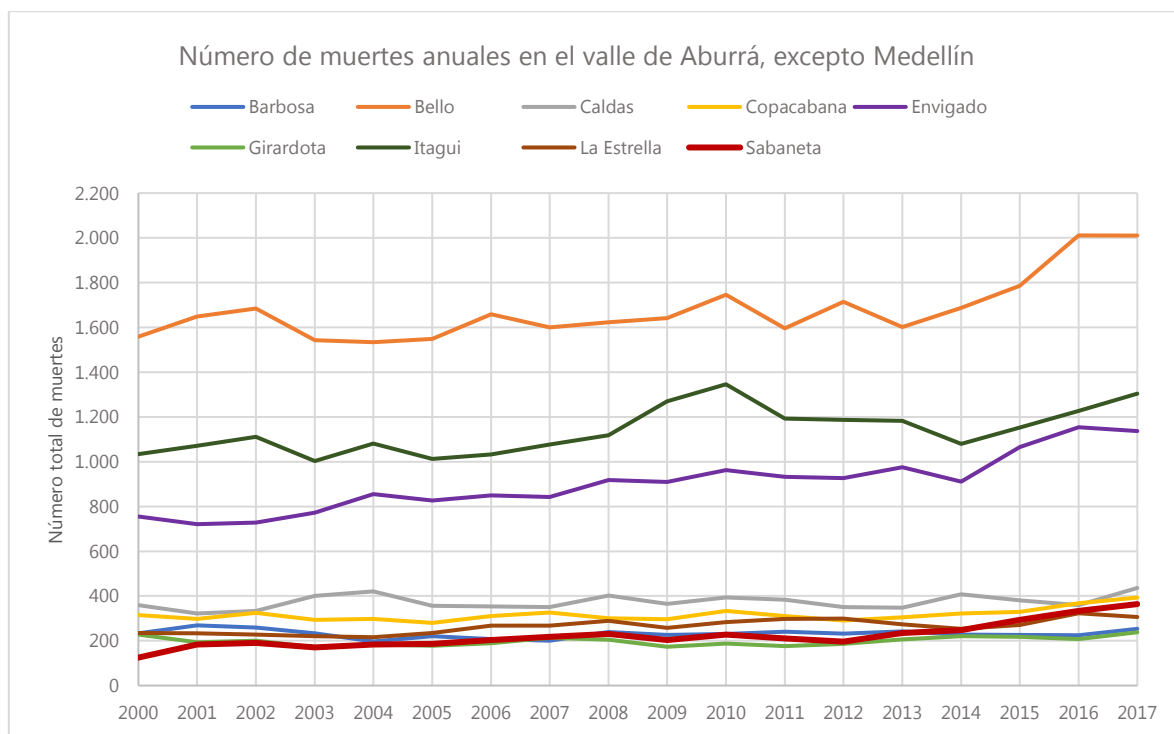


Figura 39. Perfil de mortalidad en el valle de Aburrá, excepto Medellín. Fuente: Elaboración propia con base en (DANE, 1998-2017).

### 7.3 Dinámica de las defunciones en Medellín para las últimas dos décadas

La compilación y selección de las diez principales causas de muerte en la ciudad se muestran a continuación, entre las tablas 3 y 6. Aunque la serie completa corresponde a la misma tabla para los veinte años de información, se ha separado en grupos de cinco años debido al tamaño de la página. Los colores se utilizan para destacar algunas causas de referencia como: rojo para los homicidios, azul para los incidentes viales, gris para las enfermedades hipertensivas, que se relacionan con el estrés y verde para las principales causas asociadas a la calidad del aire.

En amarillo, en la figura 40, se puede ver el comportamiento de dos causas preocupantes y que quizá tengan relación con otros efectos del transporte, pero no han sido tratadas con la debida atención ya que se mantiene por fuera de las primeras líneas, pero van silenciosamente en ascenso; el suicidio y las enfermedades mentales. Esa figura es una tabla esquemática y a escala de todas las causas.

Tabla 3. Primeras diez causas de muerte en Medellín entre 1998 y 2017. Parte 1

	1998		1999		2000		2001		2002	
1	512 AGRESIONES (HOMICIDIOS), INCLUSIVE SECUELAS	2.765	512 AGRESIONES (HOMICIDIOS), INCLUSIVE SECUELAS	2.946	512 AGRESIONES (HOMICIDIOS), INCLUSIVE SECUELAS	2.910	512 AGRESIONES (HOMICIDIOS), INCLUSIVE SECUELAS	2.851	512 AGRESIONES (HOMICIDIOS), INCLUSIVE SECUELAS	3.046
2	303 ENFERMEDADES ISQUEMICAS DEL CORAZON	1.481	303 ENFERMEDADES ISQUEMICAS DEL CORAZÓN	1.381	303 ENFERMEDADES ISQUEMICAS DEL CORAZON	1.312	303 ENFERMEDADES ISQUEMICAS DEL CORAZON	1.409	303 ENFERMEDADES ISQUEMICAS DEL CORAZON	1.436
3	307 ENFERMEDADES CEREBROVASCULARES	743	605 ENF. CRÓNICAS VIAS RESPIRATORIAS INFERIORES	883	605 ENF. CRONICAS VIAS RESPIRATORIAS INFERIORES	768	605 ENF. CRONICAS VIAS RESPIRATORIAS INFERIORES	789	307 ENFERMEDADES CEREBROVASCULARES	786
4	605 ENF. CRONICAS VIAS RESPIRATORIAS INFERIORES	696	307 ENFERMEDADES CEREBROVASCULARES	735	307 ENFERMEDADES CEREBROVASCULARES	740	307 ENFERMEDADES CEREBROVASCULARES	758	605 ENF. CRONICAS VIAS RESPIRATORIAS INFERIORES	779
5	501 ACC. TRANSPORTE TERRESTRE, INCLUSIVE SECUELAS	550	601 DIABETES MELLITUS	596	601 DIABETES MELLITUS	552	601 DIABETES MELLITUS	486	601 DIABETES MELLITUS	512
6	601 DIABETES MELLITUS	400	501 ACC. TRANSPORTE TERRESTRE, INCLUSIVE SECUELAS	517	501 ACC. TRANSPORTE TERRESTRE, INCLUSIVE SECUELAS	428	501 ACC. TRANSPORTE TERRESTRE, INCLUSIVE SECUELAS	471	501 ACC. TRANSPORTE TERRESTRE, INCLUSIVE SECUELAS	424
7	213 RESIDUO DE TUMORES MALIGNOS	343	213 RESIDUO DE TUMORES MALIGNOS	389	206 T. M. DE TRAQUEA, BRONQUIOS Y PULMON	357	206 T. M. DE TRAQUEA, BRONQUIOS Y PULMON	369	206 T. M. DE TRAQUEA, BRONQUIOS Y PULMON	396
8	206 T. M. DE TRAQUEA, BRONQUIOS Y PULMON	324	206 T. M. DE TRAQUEA, BRONQUIOS Y PULMON	351	213 RESIDUO DE TUMORES MALIGNOS	321	213 RESIDUO DE TUMORES MALIGNOS	327	213 RESIDUO DE TUMORES MALIGNOS	348
9	611 OTRAS ENF. SISTEMA DISGESTIVO	315	611 OTRAS ENF. SISTEMA DIGESTIVO	334	611 OTRAS ENF. SISTEMA DISGESTIVO	291	304 ENF. CARDIOPULMONAR, DE LA CIRC. PULM. Y OTRAS ENF. CORAZON	289	611 OTRAS ENF. SISTEMA DISGESTIVO	312
10	109 INFECCIONES RESPIRATORIAS AGUDAS	284	109 INFECCIONES RESPIRATORIAS AGUDAS	299	201 TUMOR MALIGNO DEL ESTOMAGO	247	611 OTRAS ENF. SISTEMA DISGESTIVO	285	304 ENF. CARDIOPULMONAR, DE LA CIRC. PULM. Y OTRAS ENF. CORAZON	308

Fuente: Elaboración propia con base en (DANE, 1998-2017).

Tabla 4. Primeras diez causas de muerte en Medellín entre 1998 y 2017. Parte 2

	2003		2004		2005		2006		2007	
1	512 AGRESIONES (HOMICIDIOS), INCLUSIVE SECUELAS	1.553	303 ENFERMEDADES ISQUEMICAS DEL CORAZON	1.628	303 ENFERMEDADES ISQUEMICAS DEL CORAZON	1.678	303 ENFERMEDADES ISQUEMICAS DEL CORAZON	1.679	303 ENFERMEDADES ISQUEMICAS DEL CORAZON	1.680
2	303 ENFERMEDADES ISQUEMICAS DEL CORAZON	1.501	512 AGRESIONES (HOMICIDIOS), INCLUSIVE SECUELAS	1.055	605 ENF. CRONICAS VIAS REPIRATORIAS INFERIORES	863	307 ENFERMEDADES CEREBROVASCULARES	834	605 ENF. CRONICAS VIAS REPIRATORIAS INFERIORES	871
3	605 ENF. CRONICAS VIAS REPIRATORIAS INFERIORES	944	605 ENF. CRONICAS VIAS REPIRATORIAS INFERIORES	840	307 ENFERMEDADES CEREBROVASCULARES	808	512 AGRESIONES (HOMICIDIOS), INCLUSIVE SECUELAS	808	307 ENFERMEDADES CEREBROVASCULARES	801
4	307 ENFERMEDADES CEREBROVASCULARES	877	307 ENFERMEDADES CEREBROVASCULARES	777	512 AGRESIONES (HOMICIDIOS), INCLUSIVE SECUELAS	761	605 ENF. CRONICAS VIAS REPIRATORIAS INFERIORES	787	512 AGRESIONES (HOMICIDIOS), INCLUSIVE SECUELAS	788
5	601 DIABETES MELLITUS	565	601 DIABETES MELLITUS	572	601 DIABETES MELLITUS	520	601 DIABETES MELLITUS	484	611 OTRAS ENF. SISTEMA DIGESTIVO	442
6	206 T. M. DE TRAQUEA, BRONQUIOS Y PULMON	410	206 T. M. DE TRAQUEA, BRONQUIOS Y PULMON	424	109 INFECCIONES RESPIRATORIAS AGUDAS	419	501 ACC. TRANSPORTE TERRESTRE, INCLUSIVE SECUELAS	448	109 INFECCIONES RESPIRATORIAS AGUDAS	440
7	501 ACC. TRANSPORTE TERRESTRE, INCLUSIVE SECUELAS	377	501 ACC. TRANSPORTE TERRESTRE, INCLUSIVE SECUELAS	396	611 OTRAS ENF. SISTEMA DIGESTIVO	404	109 INFECCIONES RESPIRATORIAS AGUDAS	428	601 DIABETES MELLITUS	433
8	611 OTRAS ENF. SISTEMA DIGESTIVO	364	213 RESIDUO DE TUMORES MALIGNOS	373	206 T. M. DE TRAQUEA, BRONQUIOS Y PULMON	380	611 OTRAS ENF. SISTEMA DIGESTIVO	414	206 T. M. DE TRAQUEA, BRONQUIOS Y PULMON	425
9	213 RESIDUO DE TUMORES MALIGNOS	352	611 OTRAS ENF. SISTEMA DIGESTIVO	370	501 ACC. TRANSPORTE TERRESTRE, INCLUSIVE SECUELAS	363	206 T. M. DE TRAQUEA, BRONQUIOS Y PULMON	413	612 ENFERMEDADES SISTEMA URINARIO	407
10	612 ENFERMEDADES SISTEMA URINARIO	314	109 INFECCIONES RESPIRATORIAS AGUDAS	343	213 RESIDUO DE TUMORES MALIGNOS	352	612 ENFERMEDADES SISTEMA URINARIO	389	501 ACC. TRANSPORTE TERRESTRE, INCLUSIVE SECUELAS	383

Fuente: Elaboración propia con base en (DANE, 1998-2017).

Tabla 5. Primeras diez causas de muerte en Medellín entre 1998 y 2017. Parte 3

	2008		2009		2010		2011		2012	
1	303 ENFERMEDADES ISQUEMICAS DEL CORAZON	1.681	512 AGRESIONES (HOMICIDIOS), INCLUSIVE SECUELAS	2.044	512 AGRESIONES (HOMICIDIOS), INCLUSIVE SECUELAS	1.805	303 ENFERMEDADES ISQUEMICAS DEL CORAZON	1.741	303 ENFERMEDADES ISQUEMICAS DEL CORAZON	1.884
2	512 AGRESIONES (HOMICIDIOS), INCLUSIVE SECUELAS	1.057	303 ENFERMEDADES ISQUEMICAS DEL CORAZON	1.696	303 ENFERMEDADES ISQUEMICAS DEL CORAZON	1.794	512 AGRESIONES (HOMICIDIOS), INCLUSIVE SECUELAS	1.424	512 AGRESIONES (HOMICIDIOS), INCLUSIVE SECUELAS	1.049
3	605 ENF. CRONICAS VIAS REPIRATORIAS INFERIORES	873	605 ENF. CRONICAS VIAS REPIRATORIAS INFERIORES	839	605 ENF. CRONICAS VIAS REPIRATORIAS INFERIORES	868	605 ENF. CRONICAS VIAS REPIRATORIAS INFERIORES	913	605 ENF. CRONICAS VIAS REPIRATORIAS INFERIORES	853
4	307 ENFERMEDADES CEREBROVASCULARES	809	307 ENFERMEDADES CEREBROVASCULARES	830	307 ENFERMEDADES CEREBROVASCULARES	836	307 ENFERMEDADES CEREBROVASCULARES	792	307 ENFERMEDADES CEREBROVASCULARES	829
5	612 ENFERMEDADES SISTEMA URINARIO	466	109 INFECCIONES RESPIRATORIAS AGUDAS	493	109 INFECCIONES RESPIRATORIAS AGUDAS	516	109 INFECCIONES RESPIRATORIAS AGUDAS	510	206 T. M. DE TRAQUEA, BRONQUIOS Y PULMON	508
6	611 OTRAS ENF. SISTEMA DIGESTIVO	464	206 T. M. DE TRAQUEA, BRONQUIOS Y PULMON	447	206 T. M. DE TRAQUEA, BRONQUIOS Y PULMON	473	206 T. M. DE TRAQUEA, BRONQUIOS Y PULMON	467	612 ENFERMEDADES SISTEMA URINARIO	430
7	206 T. M. DE TRAQUEA, BRONQUIOS Y PULMON	460	611 OTRAS ENF. SISTEMA DIGESTIVO	437	611 OTRAS ENF. SISTEMA DIGESTIVO	449	612 ENFERMEDADES SISTEMA URINARIO	431	109 INFECCIONES RESPIRATORIAS AGUDAS	429
8	109 INFECCIONES RESPIRATORIAS AGUDAS	428	612 ENFERMEDADES SISTEMA URINARIO	428	612 ENFERMEDADES SISTEMA URINARIO	434	611 OTRAS ENF. SISTEMA DIGESTIVO	375	601 DIABETES MELLITUS	378
9	601 DIABETES MELLITUS	424	213 RESIDUO DE TUMORES MALIGNOS	382	213 RESIDUO DE TUMORES MALIGNOS	370	213 RESIDUO DE TUMORES MALIGNOS	368	611 OTRAS ENF. SISTEMA DIGESTIVO	370
10	501 ACC. TRANSPORTE TERRESTRE, INCLUSIVE SECUELAS	376	501 ACC. TRANSPORTE TERRESTRE, INCLUSIVE SECUELAS	382	501 ACC. TRANSPORTE TERRESTRE, INCLUSIVE SECUELAS	351	501 ACC. TRANSPORTE TERRESTRE, INCLUSIVE SECUELAS	364	213 RESIDUO DE TUMORES MALIGNOS	366

Fuente: Elaboración propia con base en (DANE, 1998-2017).

Tabla 6. Primeras diez causas de muerte en Medellín entre 1998 y 2017. Parte 4

	2013		2014		2015		2016		2017	
1	303 ENFERMEDADES ISQUEMICAS DEL CORAZON	1.802	303 ENFERMEDADES ISQUEMICAS DEL CORAZON	1.895	303 ENFERMEDADES ISQUEMICAS DEL CORAZON	1.743	303 ENFERMEDADES ISQUEMICAS DEL CORAZON	1.870	303 ENFERMEDADES ISQUEMICAS DEL CORAZON	2.030
2	605 ENF. CRONICAS VIAS RESPIRATORIAS INFERIORES	879	605 ENF. CRONICAS VIAS RESPIRATORIAS INFERIORES	919	605 ENF. CRONICAS VIAS RESPIRATORIAS INFERIORES	956	605 ENF. CRONICAS VIAS RESPIRATORIAS INFERIORES	991	605 ENF. CRONICAS VIAS RESPIRATORIAS INFERIORES	1.085
3	512 AGRESIONES (HOMICIDIOS), INCLUSIVE SECUELAS	826	307 ENFERMEDADES CEREBROVASCULARES	831	307 ENFERMEDADES CEREBROVASCULARES	843	307 ENFERMEDADES CEREBROVASCULARES	807	307 ENFERMEDADES CEREBROVASCULARES	879
4	307 ENFERMEDADES CEREBROVASCULARES	820	512 AGRESIONES (HOMICIDIOS), INCLUSIVE SECUELAS	625	302 ENFERMEDADES HIPERTENSIVAS	682	109 INFECCIONES RESPIRATORIAS AGUDAS	701	302 ENFERMEDADES HIPERTENSIVAS	768
5	206 T. M. DE TRAQUEA, BRONQUIOS Y PULMON	509	206 T. M. DE TRAQUEA, BRONQUIOS Y PULMON	567	109 INFECCIONES RESPIRATORIAS AGUDAS	628	302 ENFERMEDADES HIPERTENSIVAS	672	109 INFECCIONES RESPIRATORIAS AGUDAS	657
6	109 INFECCIONES RESPIRATORIAS AGUDAS	507	109 INFECCIONES RESPIRATORIAS AGUDAS	540	206 T. M. DE TRAQUEA, BRONQUIOS Y PULMON	589	206 T. M. DE TRAQUEA, BRONQUIOS Y PULMON	592	512 AGRESIONES (HOMICIDIOS), INCLUSIVE SECUELAS	614
7	612 ENFERMEDADES SISTEMA URINARIO	375	612 ENFERMEDADES SISTEMA URINARIO	442	612 ENFERMEDADES SISTEMA URINARIO	463	512 AGRESIONES (HOMICIDIOS), INCLUSIVE SECUELAS	509	206 T. M. DE TRAQUEA, BRONQUIOS Y PULMON	555
8	611 OTRAS ENF. SISTEMA DIGESTIVO	374	302 ENFERMEDADES HIPERTENSIVAS	384	512 AGRESIONES (HOMICIDIOS), INCLUSIVE SECUELAS	462	612 ENFERMEDADES SISTEMA URINARIO	439	213 RESIDUO DE TUMORES MALIGNOS	464
9	213 RESIDUO DE TUMORES MALIGNOS	342	213 RESIDUO DE TUMORES MALIGNOS	371	213 RESIDUO DE TUMORES MALIGNOS	452	611 OTRAS ENF. SISTEMA DIGESTIVO	418	612 ENFERMEDADES SISTEMA URINARIO	432
10	601 DIABETES MELLITUS	329	611 OTRAS ENF. SISTEMA DIGESTIVO	370	611 OTRAS ENF. SISTEMA DIGESTIVO	374	213 RESIDUO DE TUMORES MALIGNOS	412	611 OTRAS ENF. SISTEMA DIGESTIVO	407

Fuente: Elaboración propia con base en (DANE, 1998-2017).

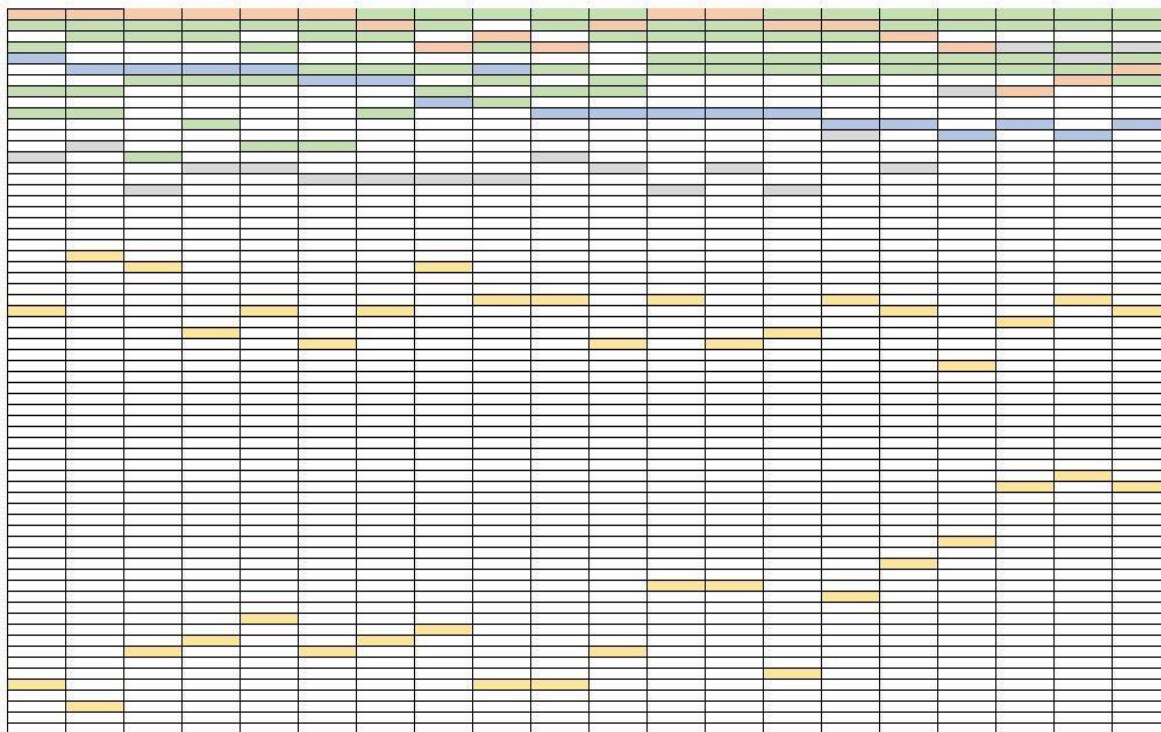


Figura 40. Captura de pantalla de las tablas 3 a 6 compiladas. Fuente: Elaboración propia con base en (DANE, 1998-2017).

Hasta 72 causas de muerte cada año se han identificado para Medellín durante las últimas dos décadas de registro. En ese período, una de las tendencias más llamativas y alentadoras, es el descenso de las muertes violentas, principalmente de los homicidios que en la década de los noventa pasaron de casi 7000, en 1991, a menos de 3000 en 1998. Desde entonces, esa condición ha merecido el reconocimiento internacional por la resiliencia de la ciudad al demostrar un avance para salir de ese círculo de violencia extrema.

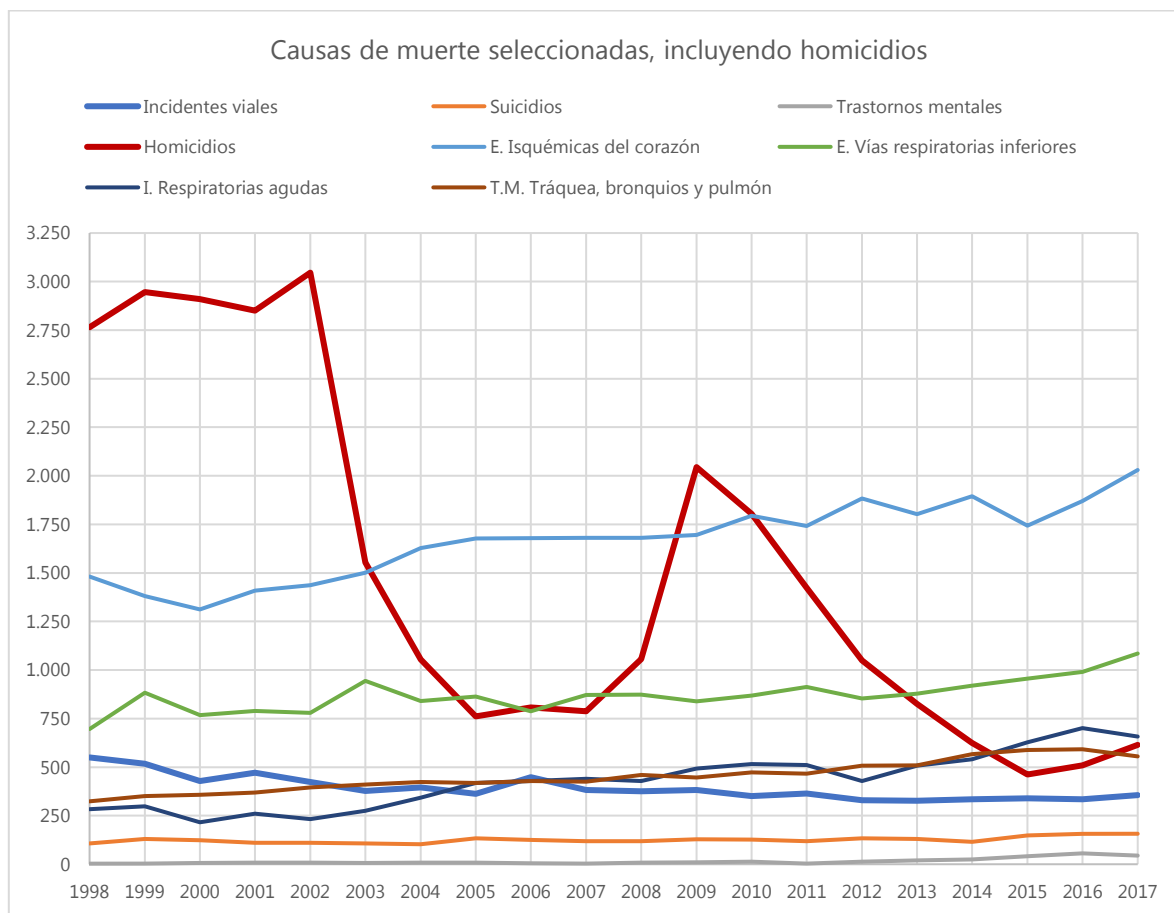


Figura 41. Causas de muerte seleccionadas en Medellín. Fuente: Elaboración propia con base en (DANE, 1998-2017).

Como se ve en la figura 41, el descenso en los homicidios, y el muy leve descenso de los incidentes viales fatales, se contrarrestan con las muertes por causas asociadas a la contaminación y al estrés, que de alguna manera han mantenido estables, tanto los números absolutos de fallecimientos, como las tasas de mortalidad. En otras palabras, los buenos avances en términos de violencia se ven opacados por la mala planificación urbana y la deficiente gestión ambiental en el territorio, pues se ha



pasado de unas 12 000 muertes en 1998 (incluyendo 3000 homicidios), a 14 000 muertes en 2017 con seiscientos homicidios. En ese período de veinte años, con un panorama de violencia tan diferente, la tasa solo bajó de 5,9 a 5,6 defunciones por cada 1000 habitantes.

Aunque los suicidios y las muertes por enfermedades mentales y la hipertensión parecen poco significativas en relación con las enfermedades respiratorias, su variación en los últimos años y la evidencia cada vez mayor de su relación con asuntos cotidianos que se han normalizado en las ciudades como el sedentarismo, la congestión o el ruido, las convierte en nuevos focos de interés para una gestión más integral de la movilidad urbana. Mientras los suicidios se mantuvieron como la causa número 28, oscilando entre la 23 y la 33, el número de casos aumentó desde los 107 hasta los 157; un incremento de casi el cincuenta por ciento.

Por su parte la hipertensión que no había encabezado la lista por más de quince años se convirtió en un asunto de primera importancia, pasando de ser la quinceava causa en promedio hasta el año 2013, a la cuarta en el 2017. La siguiente figura muestra dicha variación.



Figura 42. Variación en la incidencia de las muertes por enfermedades hipertensivas. Fuente: Elaboración propia con base en (DANE, 1998-2017).

Pero no solo en términos relativos a otras causas de muerte, sino en números absolutos, la hipertensión se ha convertido en un hecho preocupante. Mientras en 1998 los casos de muerte asociados eran alrededor de doscientos, durante los últimos tres años, las muertes por enfermedades hipertensivas se han acercado a los ochocientos registros, un aumento de más del 370 por ciento, pasando así de representar el 2,3 por ciento de las muertes prematuras en Medellín, a más de diez por ciento. La figura 43 muestra el aumento repentino en este tipo de muertes.

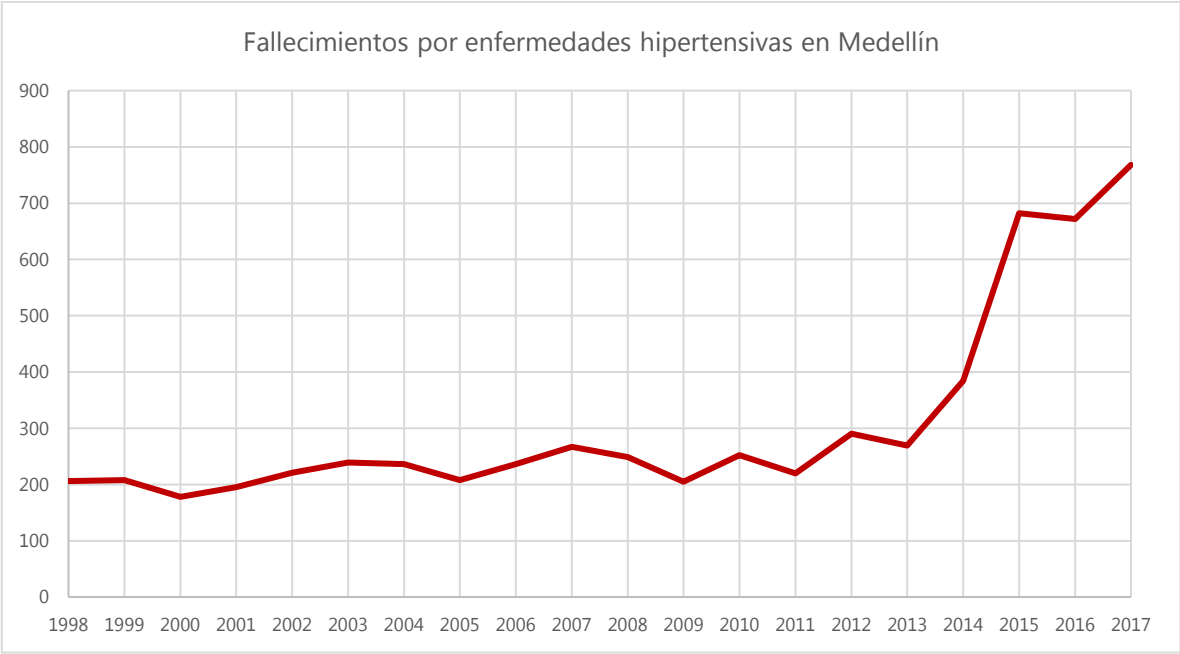


Figura 43. Variación en el número de muertes por enfermedades hipertensivas. Fuente: Elaboración propia con base en (DANE, 1998-2017).

Solo por encima de la variación de esta causa, aparecen las muertes ocasionadas por trastornos mentales y de comportamiento que definitivamente llaman la atención al pasar de tres casos reportados en 1998 a 56 en 2016, un aumento de casi veinte veces en ese período. Los trastornos mentales que ocupaban la causa número 62, han tenido el mayor aumento de todas las causas evaluadas con subiendo al puesto número 44, sin embargo, se han mantenido por debajo del uno por ciento de las muertes en la ciudad. Aunque en comparación con otras causas no es considerable, el hecho de que esté aumentando en esa medida y la posible relación que tiene con la forma de urbanización y de transporte del valle de Aburrá, la convierten un campo de estudio relevante para desarrollar en detalle.

## **7.4 El transporte como causa del veinte por ciento de las muertes en Medellín y su área metropolitana, como mínimo**

### 7.4.1 El aire

Como lo han reportado y ratificado diferentes entidades a nivel local y nacional, las muertes con alta probabilidad de haberse causado por la contaminación del aire han estado rondando las 4500 anuales por lo menos durante los últimos cinco años, casi un cuarto de las 19 000 muertes que promedia el valle de Aburrá en el mismo período.

Entre finales de 2017 y principios de 2018, con el informe de la valoración económica de la degradación ambiental en Colombia para 2015, el Departamento Nacional de Planeación (DNP) reconoció la muerte de por lo menos 4300 personas en el valle de Aburrá, más de 2100 de ellas en la ciudad de Medellín, debido a la contaminación del aire urbano. Adicionalmente, se estimó en 12,2 billones de pesos el costo de la degradación de la calidad del aire urbano para el 2015, lo que representa cerca del dos por ciento del PIB para el mismo año (DNP, 2018).

Aunque esta cifra reportada por el DNP fue objeto de múltiples discusiones por parte de funcionarios públicos, sectores académicos y la sociedad civil, a finales de 2018 la Contraloría General de Medellín reportó que entre 2011 y 2016 fueron atendidos más de 3,6 millones de casos por enfermedades respiratorias agudas, “muy probablemente atribuibles a la contaminación atmosférica en la ciudad”, y que para el mismo periodo fueron reportadas por la Secretaría de Salud de Medellín, y luego validadas por el DANE, casi 23 000 muertes con causas asociadas a estas mismas enfermedades (Contraloría General de Medellín, UNAL, 2018).

Lo anterior validaba las cifras de los primeros estudios y las alertas de algunas voces desde la academia que han advertido la muerte de unas ocho personas cada día en Medellín debido a la mala calidad del aire. Esta cifra asciende a unas doce para el área metropolitana donde se ha evaluado por parte de la autoridad ambiental y otros organismos nacionales, que el transporte tiene una incidencia de aproximadamente el 80 por ciento de la contaminación ambiental, sin contar el ruido.

La forma en que se ha medido esa participación del transporte es a través de una serie de inventarios de emisiones que luego son procesados para estimar las concentraciones de contaminantes que representan en el espacio del valle de Aburrá. Un resumen de los inventarios de emisiones de atmosféricas del valle de Aburrá para los años 2007, 2013, 2015 y 2017 se muestra en las siguientes tablas.

Tabla 7. Flota de vehículos reportada para los inventarios de emisiones atmosféricas

	2007	2013	2015	2017
Carro	351 774	441 749	481 219	501 828
Taxi	0	41 192	45 968	49 863
Bus	16 702	18 215	19 244	19 943
Camión	25 293	36 560	27 101	28 144
BRT	0	69	394	394
Tractocamión	0	0	7105	7583
Volqueta	0	0	3936	4148
Moto 2T	63 335	68 809	19 765	19 764
Moto 4T	185 964	448 946	599 541	654 443
Número de vehículos	643 068	1 055 540	1 204 273	1 286 110

Fuente: Elaboración propia con base en (UPB & AMVA, 2007; 2013; 2015; 2017).

Ya que en los primeros inventarios se agruparon los tractocamiones y las volquetas con los camiones, no hay información discriminada para esos años en ese tipo de vehículo. Se considera que la flota de Metroplús (BRT) que funciona a gas natural no emite material particulado, sin embargo, se incluye por las emisiones de otros gases de efecto invernadero como el CO<sub>2</sub>. La reducción de las motos de dos tiempos se debe a la obsolescencia tecnológica de estos motores que han dejado de fabricarse masivamente, sin embargo, la eficiencia de los motores de las motos de cuatro tiempos disminuye en la medida en que disminuye el cilindraje y la mayoría de las motos que se comercializan en la región, pertenecen justamente al grupo de los cilindrajes más bajos. Esta situación, combinada con el aumento exponencial de la motocicleta, permite que las emisiones totales de las de cuatro tiempos superen a las de los dos tiempos, incluso cuando estas eran populares. Bajo estas condiciones

es importante centrar la atención en controlar el número de vehículos al mismo tiempo que se invierte en mejorar la tecnología con la que operan.

Tabla 8. Emisiones totales en toneladas de material particulado (MP2,5) al año

	2007	2013	2015	2017
Carro	90	73	113	122
Taxi	0	28	30	33
Bus	1114	137	149	146
Camión	580	611	538	579
BRT	0	0	0	0
Tractocamión	0	0	23	22
Volqueta	0	0	394	391
Moto 2T	151	55	17	17
Moto 4T	140	255	233	197
Toneladas de MP2,5 al año	2075	1159	1497	1507

Fuente: Elaboración propia con base en (UPB & AMVA, 2007; 2013; 2015; 2017).

Tabla 9. Emisiones unitarias en gramos de material particulado (MP2,5) por kilómetro recorrido por número de vehículos de cada tipo de vehículo

	2007	2013	2015	2017
Carro	0,01524	0,01229	0,01398	0,01448
Taxi	0,01524	0,01194	0,01063	0,01078
Bus	1,61500	0,18367	0,18748	0,17726
Camión	0,72482	0,57391	0,62748	0,65027
BRT	0	0	0	0
Tractocamión	Sin datos	Sin datos	0,49802	0,44634
Volqueta	Sin datos	Sin datos	3,33672	3,14208
Moto 2T	0,17359	0,05820	0,06263	0,06263
Moto 4T	0,05482	0,04136	0,02830	0,02192

Fuente: Elaboración propia con base en (UPB & AMVA, 2007; 2013; 2015; 2017).

Aunque hay una clara reducción en las emisiones unitarias, el hecho del crecimiento ilimitado que se permite en la flota de vehículos afecta cada vez más la cantidad de

emisiones totales que son finalmente las que se respiran cada día del año. Si bien el salto del 2007 con cambios estructurales debidos a la racionalización de buses y actualizaciones de tecnologías y combustibles fue notable, desde el 2013, las cifras han seguido aumentando y los esfuerzos por reducir todavía más la cantidad de metales pesados en el combustible, son más costosos y menos representativos en este punto.

En la siguiente figura se muestra esa evolución combinada entre la cantidad de vehículos y la cantidad de emisiones. Allí se puede entender el efecto que tuvo la mejora del combustible y la actualización de la flota de buses que permitió que aún con el incremento del parque automotor, se redujeran las emisiones, pero también queda clara la "estabilidad" o estancamiento al que llegó esa mejora, representando así una alerta con las medidas para reducir la contaminación ya que en este punto solo dependería del número de vehículos.

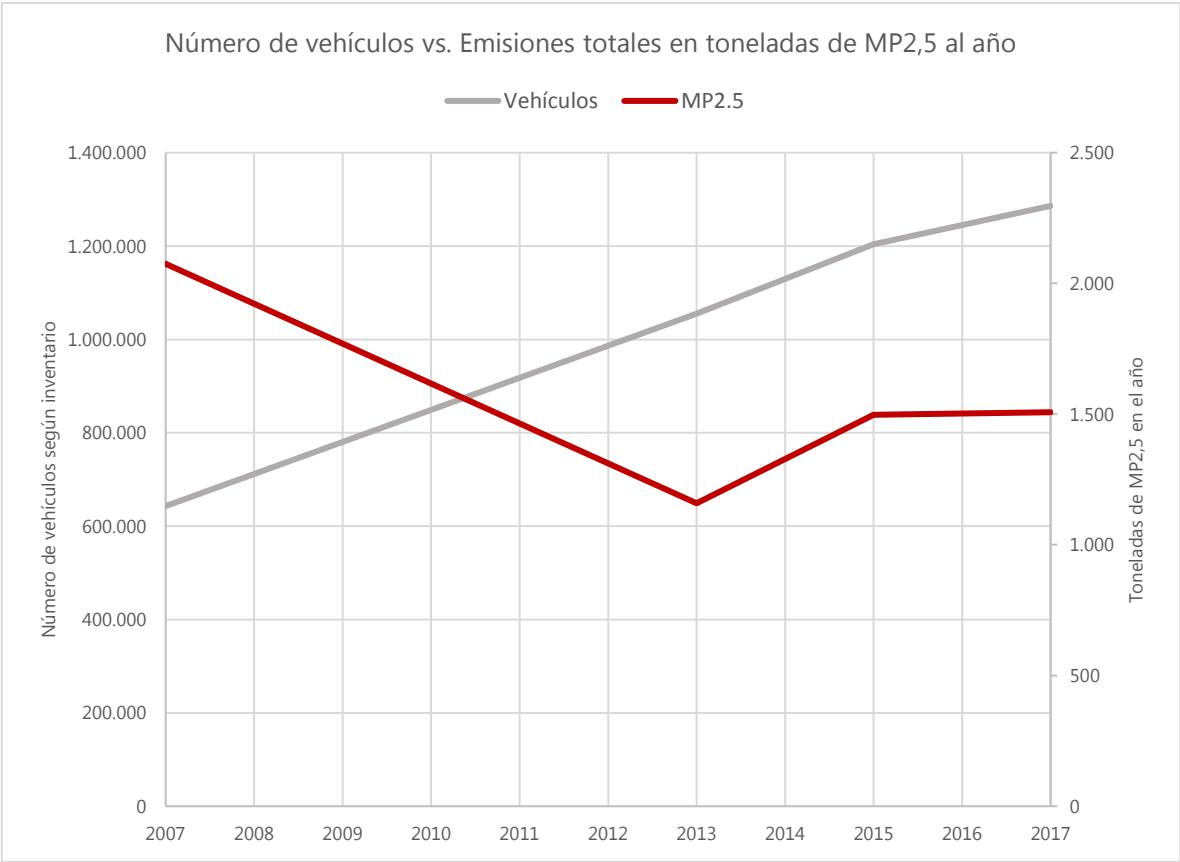


Figura 44. Relación entre el número de vehículos y las emisiones totales de MP2,5. Fuente: Elaboración propia con base en (UPB & AMVA, 2007; 2013; 2015; 2017).

Por otro lado, una de las ideas que se ha popularizado al respecto de la contaminación del valle, es que es un asunto mayoritariamente de buses y volquetas (aunque en algunos reportes también se incluyen las motos de dos tiempos, que mezclan gasolina y aceite en el mismo ciclo), lo que no se explica bien es que ya que se habla del sistema de movilidad, en este caso caracterizando las emisiones tóxicas asociadas a los diferentes modos, no es una buena práctica, comparar el número de vehículos entre sí, sino el número de personas movilizadas que finalmente es la meta del sistema.

Al hacer esta precisión, se cuenta con dos alternativas para la estimación de pasajeros por cada modo; la primera es la tasa de ocupación que se ha reportado en algunas de las encuestas de origen y destino del valle de Aburrá y que es la que más se acerca a la ocupación real de los vehículos, la segunda es la estimación de la capacidad de los modos utilizados, que presenta una ocupación teórica.

Para el valle de Aburrá, desde hace unos diez años se ha estimado la tasa de ocupación de carros es de 1,4 personas, la de las motos es de 1,2 y la de los buses es de diecinueve pasajeros por vehículo (AMVA, 2012). Aunque las capacidades de los tres vehículos en comparación sean mucho mayores a las de la tasa de ocupación, solo la de los buses es realista. La razón es que, aunque sea una buena práctica, compartir el carro es algo bastante complejo debido a que su atributo principal tiene que ver con la flexibilidad y la autonomía para los recorridos habituales. Si se piensa en lo difícil que es programar una reunión en cinco agendas diferentes, se puede entender la dificultad de ocupar un carro con cinco pasajeros, lo que plantea una situación utópica al pretender que los carros compartidos sean una solución de escala urbana.

Se puede calcular entonces que para 2017, la emisión total de MP2,5 de cuenta de los carros fue de 122 toneladas, pero por pasajero fue de 0,17 kilogramos. La emisión combinada de las motos fue de 0,26 kilogramos por persona y la de los buses, según la tasa de ocupación fue de 0,38 kilogramos. Si la demanda del sistema colectivo aumentara hasta una capacidad media de cuarenta pasajeros por bus, la emisión total por persona sería de 0,18 kilogramos, menor a la de las motos y casi igual a la de los carros y si los buses se pueden actualizar, mucho mejor.

El caso de las volquetas es diferente pero también tiene una cara poco visible en los medios y tiene que ver con una mala combinación de factores como la topografía, las normas urbanísticas y el sector inmobiliario. Estos vehículos están dedicados principalmente al movimiento de materiales para la construcción de nuevas edificaciones y con la creciente ocupación de las laderas, en sectores que no son los más adecuados para desarrollar nuevas zonas residenciales, se ven sometidos a recorridos mucho más largos y con el máximo esfuerzo mecánico, lo que en definitiva incrementa considerablemente sus emisiones.

En la siguiente tabla se muestran las primeras diez causas de muerte entre 2011 y 2017, aunque no aparecen los nombres se ha hecho una clasificación representando en verde aquellas causas asociadas a la contaminación y en blanco otras causas.

Tabla 10. Representación de las principales causas de muerte relacionadas con el aire

No.	2011	Total	2012	Total	2013	Total	2014	Total	2015	Total	2016	Total	2017	Total
1		1.741		1.884		1.802		1.895		1.743		1.870		2.030
2		1.424		1.049		879		919		956		991		1.085
3		913		853		826		831		843		807		879
4		792		829		820		625		682		701		768
5		510		508		509		567		628		672		657
6		467		430		507		540		589		592		614
7		431		429		375		442		463		509		555
8		375		378		374		384		462		439		464
9		368		370		342		371		452		418		432
10		364		366		329		370		374		412		407

Fuente: Elaboración propia con base en (DANE, 1998-2017).

Es notable la magnitud y la normalización del problema, así como la existencia de diferentes caminos por los que se puede trabajar en una solución estructural. El caso de la contaminación muestra la complejidad e integralidad del sistema urbano como organismo vivo. La mala calidad del aire en Medellín aparte de apoyarse en unas condiciones físicas complicadas es consecuencia de decisiones que van desde los instrumentos planificación hasta los de gestión y que pueden ser modificadas.



## 7.4.2 La velocidad

El efecto directo de la velocidad de circulación de los vehículos se puede medir en la cantidad de muertes en incidentes viales que se presenta cada año. Aunque la región venía mostrando una reducción importante hasta el 2004, desde entonces la reducción en la tasa de mortalidad ha sido baja y el número de muertes se ha mantenido en valores inaceptables. Desde hace veinte años en Colombia mueren alrededor de 6100 personas en las vías cada año (en el 2016, se alcanzó la cifra más alta reportada para el país con más de 7200 vidas perdidas (Portafolio, 2018)). Y dentro de esas 6100 en promedio, el valle de Aburrá, con más de 500 muertes anuales, ha representado el 11,5 por ciento de la mortalidad vial nacional en ese mismo período (Forensis, 1999-2018).

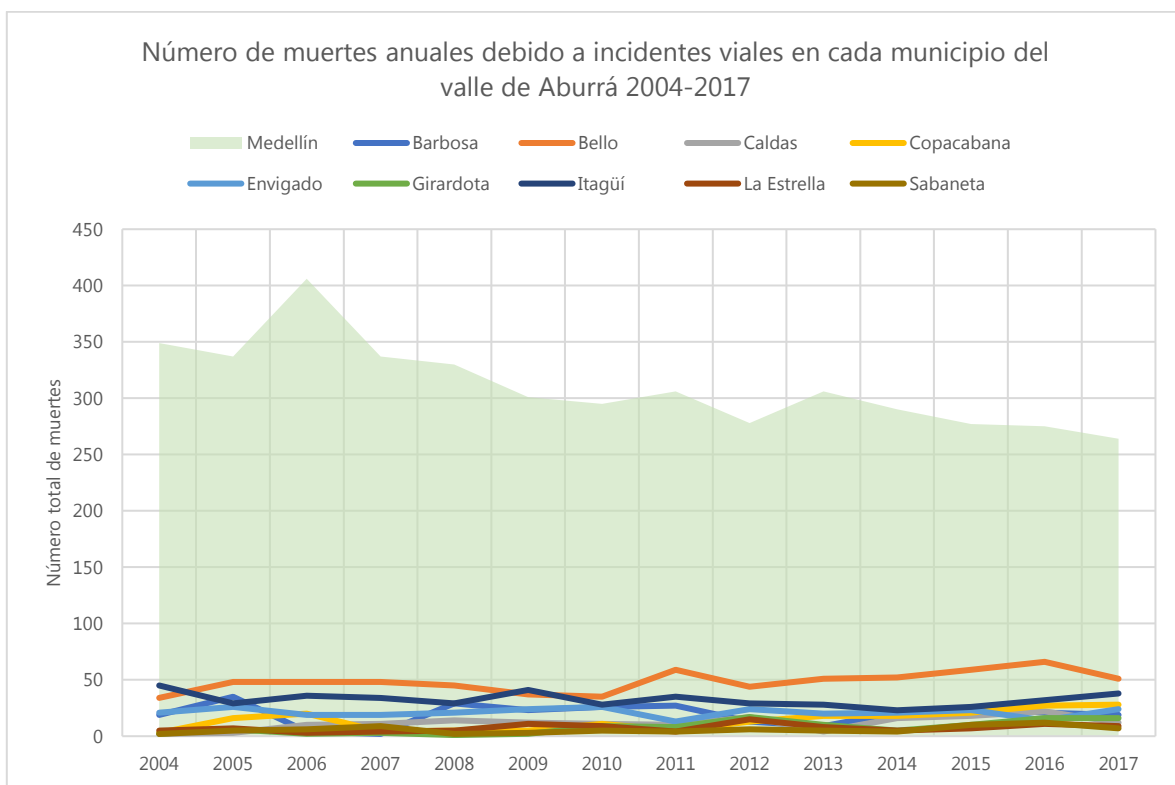


Figura 45. Número de muertes anuales debido a incidentes viales en cada municipio del valle de Aburrá 2004-2017. Fuente: Elaboración propia con base en (Forensis, 1999-2018).

Como se puede ver en la figura 45, la predominancia en la mortalidad de Medellín es casi exactamente la de su incidencia en la población, por lo tanto, no hay ningún caso aislado en todo el valle, pues la tasa de todos los municipios similar.

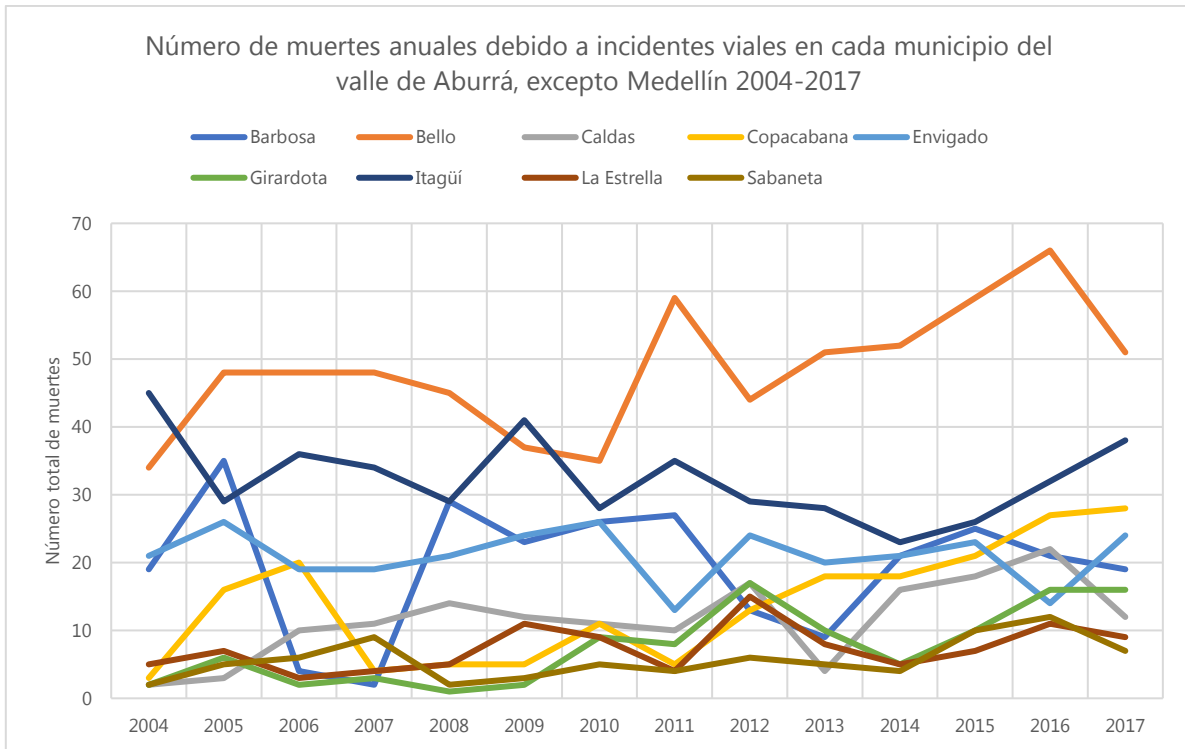


Figura 46. Número de muertes anuales debido a incidentes viales en cada municipio del valle de Aburrá, excepto Medellín 2004-2017. Fuente: Elaboración propia con base en (Forensis, 1999-2018).

Al excluir a Medellín se puede ver la variabilidad de los datos en cada municipio, y por esta situación se puede percibir la falta de un plan local o regional para la reducción consistente de las muertes, pues parece un fenómeno aleatorio.

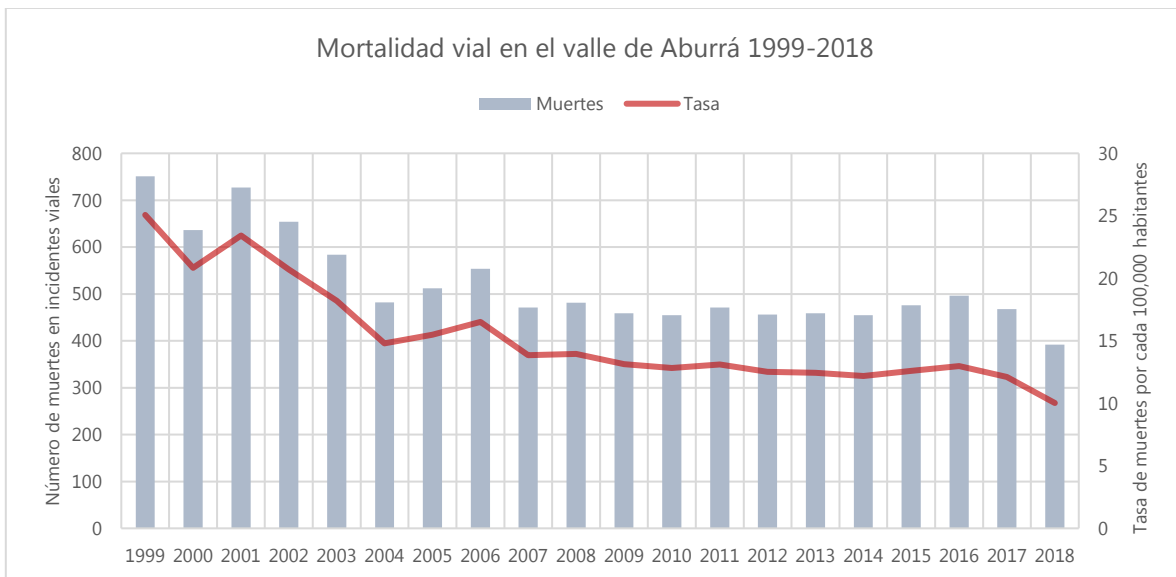


Figura 47. Número de muertes por incidentes viales y tasa de mortalidad en el valle de Aburrá 1999-2018. Fuente: Elaboración propia con base en (Forensis, 1999-2018).

Sin embargo, con la disminución de las muertes en Medellín, la tasa metropolitana también ha descendido (ver figura 47). Además, los incidentes viales han pasado de ser la quinta causa de muerte en 1998 a la undécima en 2017. La evolución se puede ver en la siguiente figura.



Figura 48. Variación en la incidencia de las muertes por incidentes viales. Fuente: Elaboración propia con base en (DANE, 1998-2017).

Debido a la falta de programas que enfrenten directamente esta problemática, tanto a nivel municipal como a nivel metropolitano, la reducción de las muertes puede tener una explicación en la autorregulación del sistema, como se ha planteado por diferentes académicos al respecto de la seguridad vial en Medellín, la congestión y la reducción de las velocidades en algunas vías, puede generar una consecuencia positiva al reducir el número de incidentes fatales (Cabrera, 2018).

Diferentes avenidas fueron evaluadas por tramos para sistematizar las velocidades promedio y luego hacer un contraste con la cantidad de muertes ocurridas en esos mismos tramos. En las siguientes figuras, entre mapas, gráficas y fotografías, se muestra el ejemplo de tres zonas representativas que alertan sobre la importancia de las calles diseñadas para velocidades acordes al entorno urbano; como ejemplo se ven las carreras 65 y 64c al norte de la ciudad y la calle 4 sur con las avenidas Guayabal, Las Vegas y El Poblado al sur de la ciudad.

La revisión y estimación de las velocidades en cada tramo seleccionado, de cada corredor vial identificado, se hizo con datos libres de *Google Maps* y su herramienta de *crowdsourcing*, *Google Traffic* para tramos de aproximadamente cuatro kilómetros de longitud en cada caso. Como ejemplo, la figura 49, muestra una captura de pantalla de la velocidad "típica" en Medellín para un miércoles en la tarde.

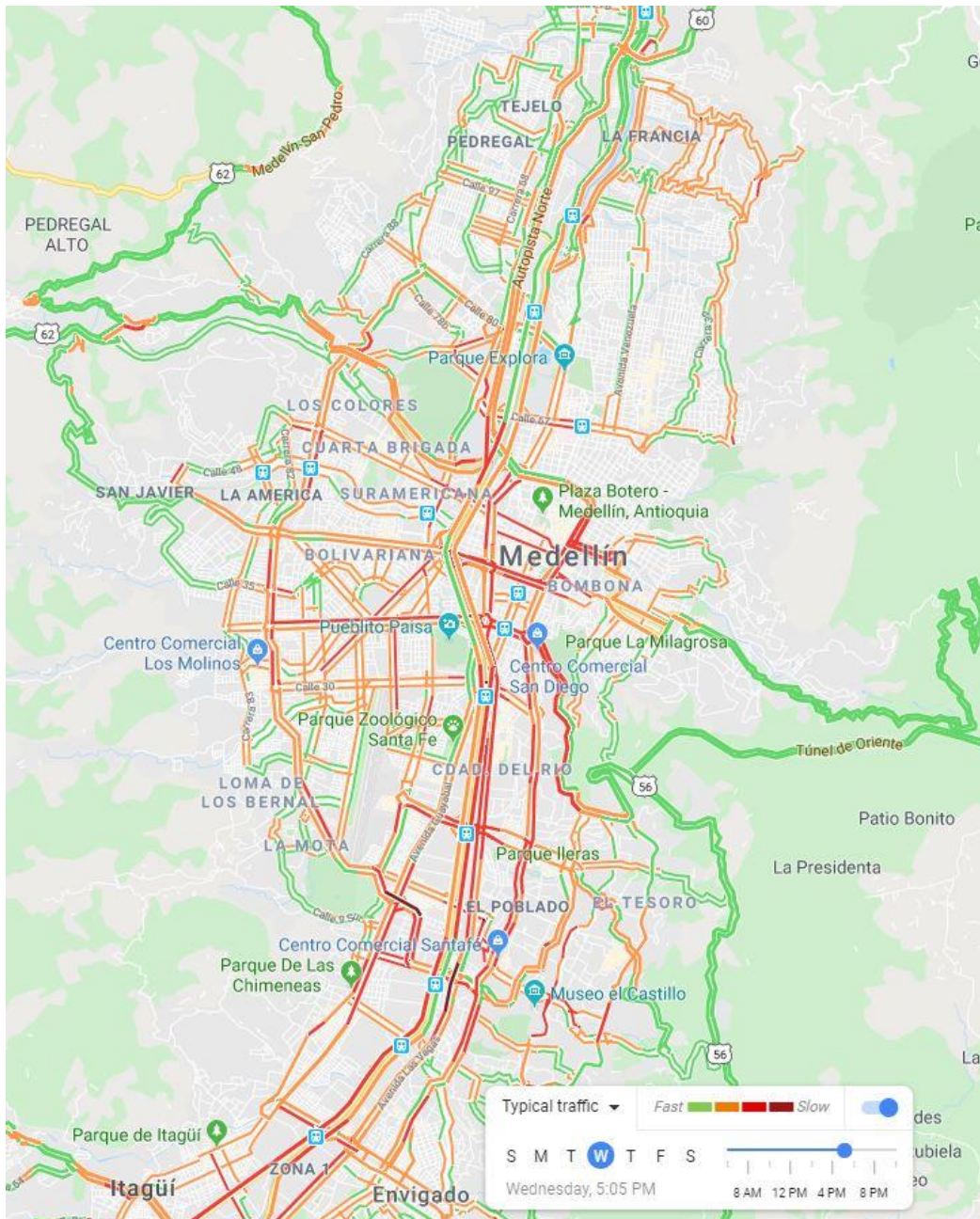


Figura 49. Captura de pantalla de la herramienta *Google Traffic*. Fuente: *Google Maps*, 2019.

El mapa de la figura 49, muestra la plataforma de *Google Maps* y la herramienta de *Google Traffic* que aparece en la parte inferior derecha y permite cambiar entre el reporte de velocidades "en vivo" y velocidades "típicas promedio". Utilizando esta herramienta, el proceso consistió en evaluar los rangos de velocidades asociados a los cuatro colores que van desde verde: "rápido", hasta rojo oscuro: "lento" como se ve en la barra superior del recuadro mencionado.

La búsqueda de valores de referencia no fue exitosa, ya que, hasta el mejor entendimiento del autor, no hay un estándar con el que *Google* defina el valor en kilómetros por hora de dichos colores. Con el objetivo de avanzar con el ejercicio y obtener resultados comparables, se definió un rango de valores de velocidad con base en pruebas de campo y observaciones realizadas por el autor y se realizó un detallado análisis para tramos cortos de cada avenida, anotando la velocidad de cada día, cada media hora, entre las seis de la mañana y las diez de la noche. La compilación y procesamiento de los datos de esta lectura que luego se tradujo en las gráficas que aparecen en los resultados para cada vía, es como muestra la figura 50. Por su parte, los mapas de los mismos corredores con el número de incidentes fatales se muestran para cada caso como aparecen a partir de la siguiente página en la figura 51.

=SI(F19="l";\$B\$5;SI(F19="f";\$B\$7;SI(F19="t";\$B\$9;SI(F19="p";\$B\$11;SI(F19="c";\$B\$13;\$B\$15))))

	B	C	D	E	F	G	H	K	L	M	N	O	S
La 65	6:00	t	t	t	t	t	t	40	40	40	40	40	40
Libre	6:30	t	t	t	t	t	t	40	40	40	40	40	40
80	7:00	t	t	t	t	t	t	40	40	40	40	40	40
Fluido	7:30	f	f	f	f	f	f	60	60	60	60	60	60
60	8:00	l	f	f	f	l	l	80	60	60	80	80	72
Tránsito	8:30	l	f	f	f	l	l	80	60	60	80	80	72
40	9:00	f	f	f	f	f	f	60	60	60	60	60	60
Promedio	9:30	f	t	t	t	t	t	60	40	40	40	40	44
25	10:00	t	t	t	t	t	t	40	40	40	40	40	40
Congestión	10:30	t	t	t	t	t	t	40	40	40	40	40	40
10	11:00	f	f	f	t	t	t	60	60	60	40	40	52
Detenido	11:30	f	f	f	f	f	f	60	60	60	60	60	60
5	12:00	f	f	f	f	f	f	60	60	60	60	60	60
	12:30	f	f	t	t	t	t	60	60	40	40	40	48
	13:00	f	t	f	f	f	f	60	40	60	60	60	56
	13:30	f	t	t	t	t	t	60	40	40	40	40	44
	14:00	f	t	t	t	t	t	60	40	40	40	40	44
	14:30	f	t	t	t	t	t	60	40	40	40	40	44
	15:00	f	t	t	t	t	t	60	40	40	40	40	44
	15:30	t	t	t	t	t	t	40	40	40	40	40	40
	16:00	t	t	t	t	t	t	40	40	40	40	40	40
	16:30	t	t	t	t	t	t	40	40	40	40	40	40
	17:00	t	t	t	t	t	t	40	40	40	40	40	40
	17:30	t	p	p	t	t	t	40	25	25	40	40	34
	18:00	t	p	p	t	p	p	40	25	25	40	25	31
	18:30	p	p	p	p	p	p	25	25	25	25	25	25
	19:00	t	p	t	t	t	t	40	25	40	40	40	37
	19:30	p	p	p	t	p	p	25	25	25	40	25	28
	20:00	t	p	t	t	p	p	40	25	40	40	25	34
	20:30	t	p	t	t	t	t	40	25	40	40	40	37
	21:00	f	t	t	t	t	t	60	40	40	40	40	44
	21:30	f	f	f	f	f	f	60	60	60	60	60	60
	22:00	f	f	f	f	f	f	60	60	60	60	60	60

Figura 50. Captura de pantalla del cálculo para el ejercicio de velocidad. Fuente: Elaboración propia.

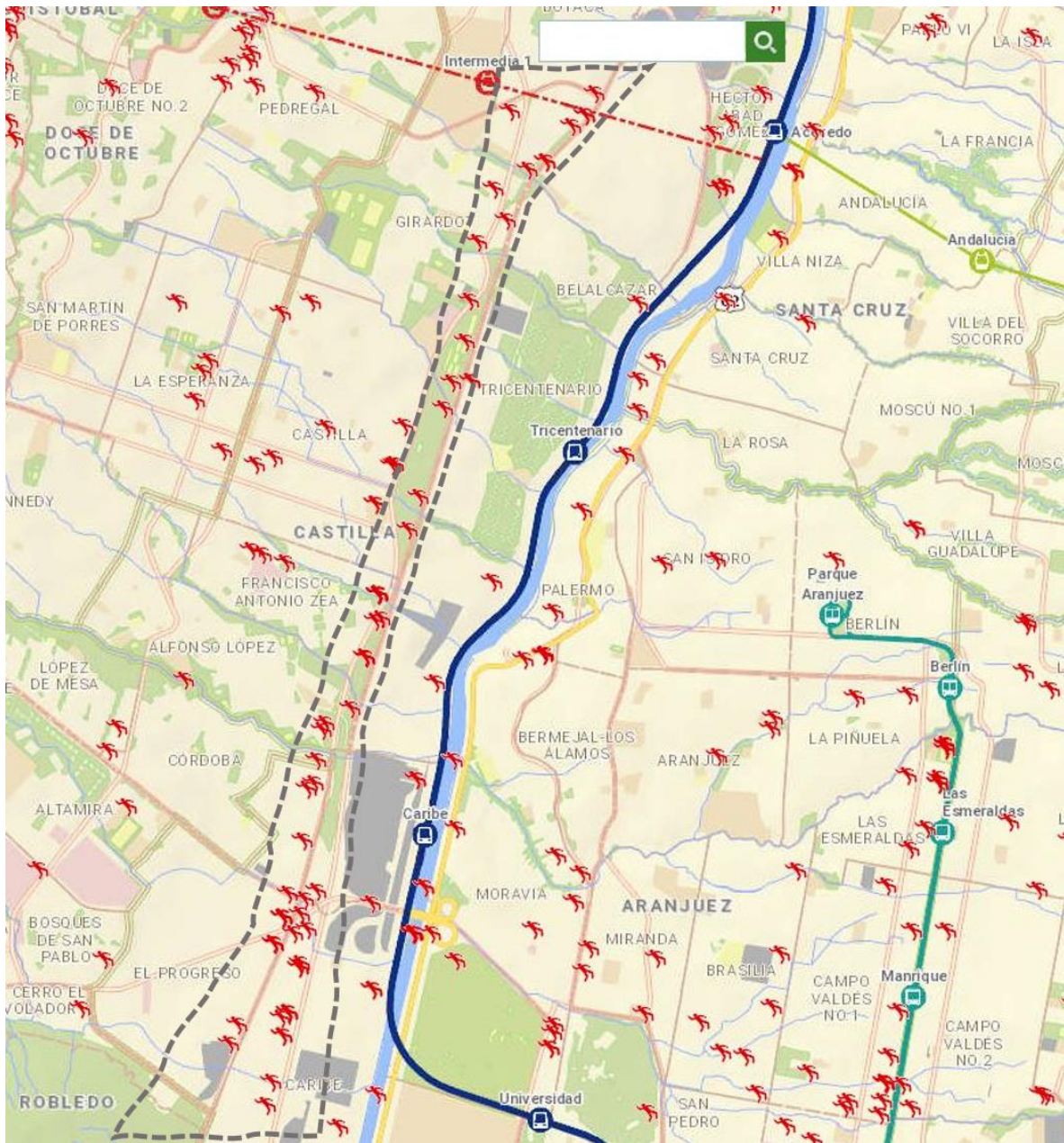


Figura 51. Incidentes viales fatales. Carreras 65 y 64c. Fuente: (GEO Medellín, 2019).

Las carreras 65 y 64c (Autopista Norte), que aparecen dentro de la línea punteada gris, son avenidas principales para el flujo vehicular en el norte de la ciudad y recientemente han sido ampliadas para aumentar la capacidad y la velocidad de los desplazamientos. El análisis en este caso se hizo para el tramo que va desde la calle 71, justo al norte del Parque Natural Cerro El Volador, hasta la calle 104, en el sector de la Plaza de Ferias. Se analizaron las muertes georreferenciadas por la Secretaría de Movilidad de Medellín entre 2015 y 2019 y el resultado fue de veintidós para la carrera 65 y de treinta y cinco para la Autopista Norte.

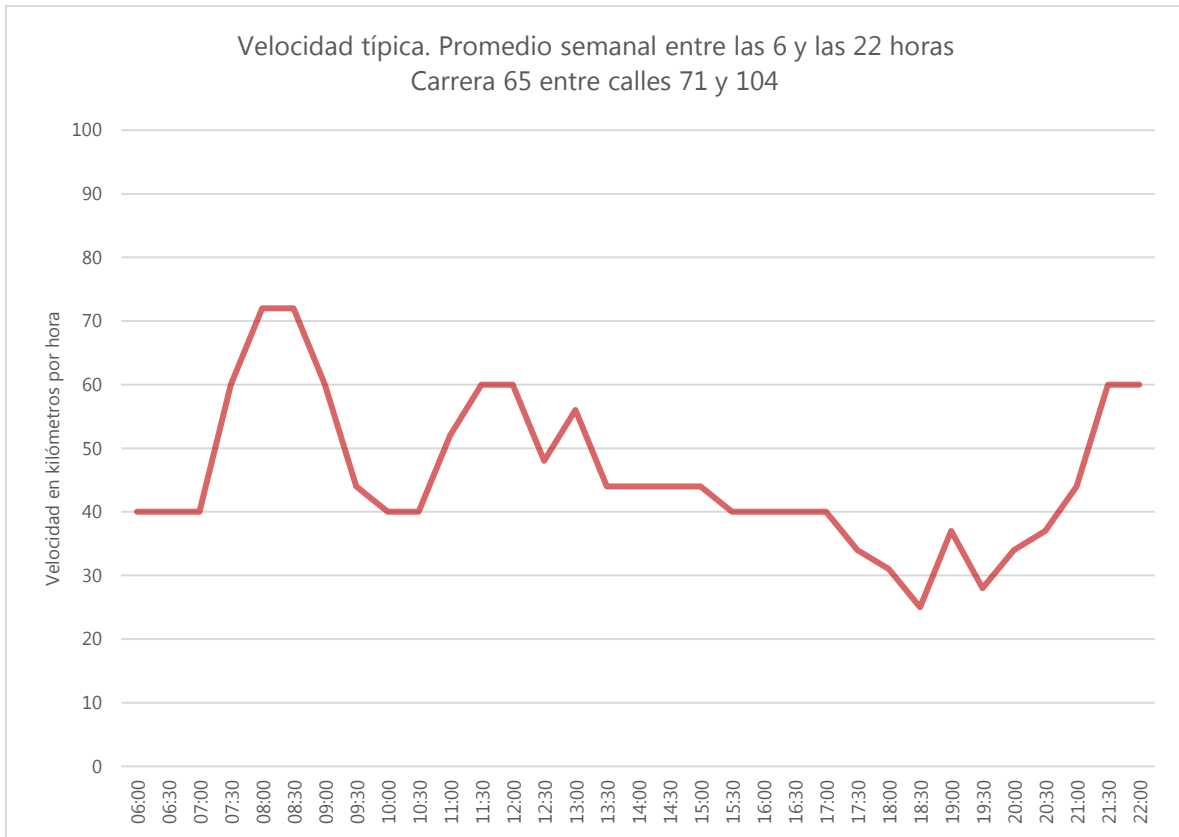


Figura 52. Perfil de velocidades de la carrera 65. Fuente: Elaboración propia con base en *Google Traffic*.

En este caso, el noventa por ciento de las mediciones está por encima de los treinta kilómetros por hora, el 73 por ciento por encima de los cuarenta y el 39 por ciento por encima de los cincuenta. El promedio de velocidad en este tramo es de 46 kilómetros por hora. El número de muertes 2015-2019, veintidós.



Figura53. Configuración de la carrera 65. Fuente: *Google Street View*.

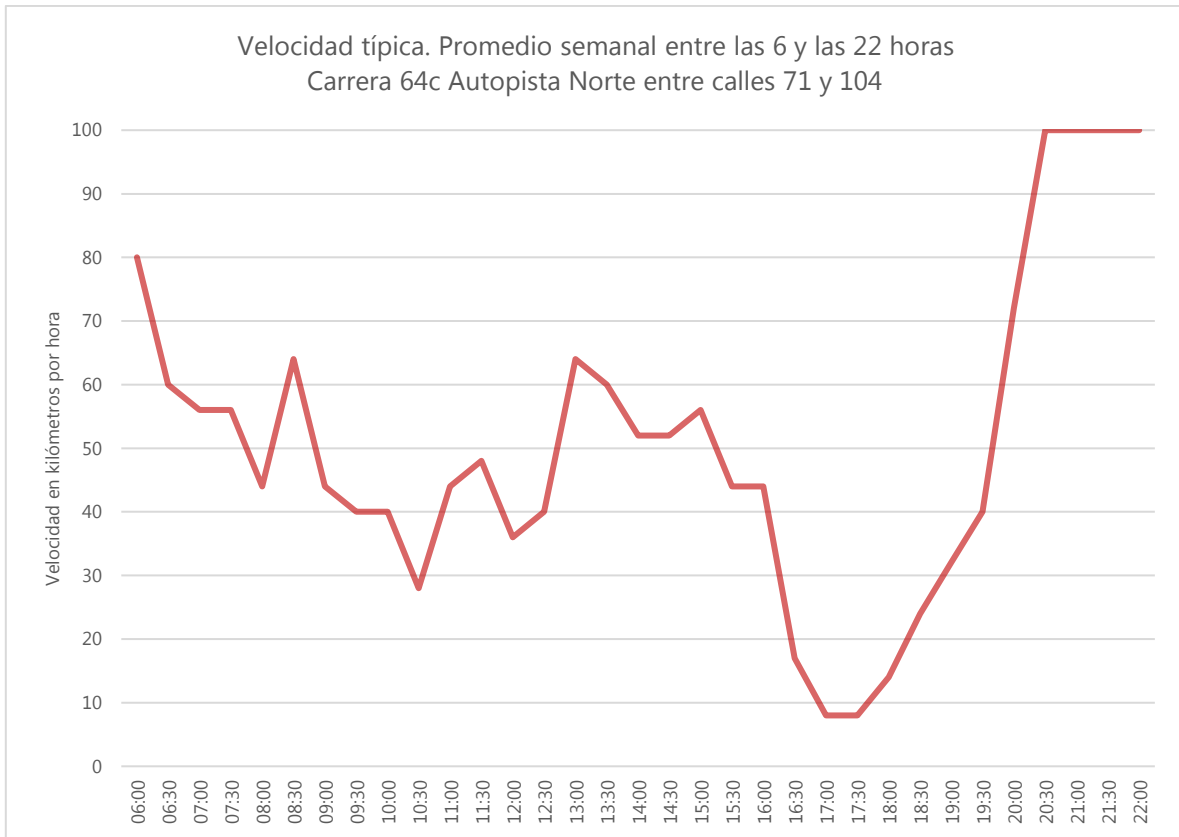


Figura 54. Perfil de velocidades de la carrera 64c. Fuente: Elaboración propia con base en *Google Traffic*.

Para la Autopista Norte se presenta el 79 por ciento de las mediciones por encima de los treinta kilómetros por hora, el 58 por ciento por encima de cuarenta y el 52 por ciento por encima de los cincuenta. El promedio de velocidad en este tramo es de cincuenta kilómetros por hora. El número de muertes 2015-2019, treinta y cinco.



Figura 55. Configuración de la carrera 64c. Fuente: *Google Street View*.



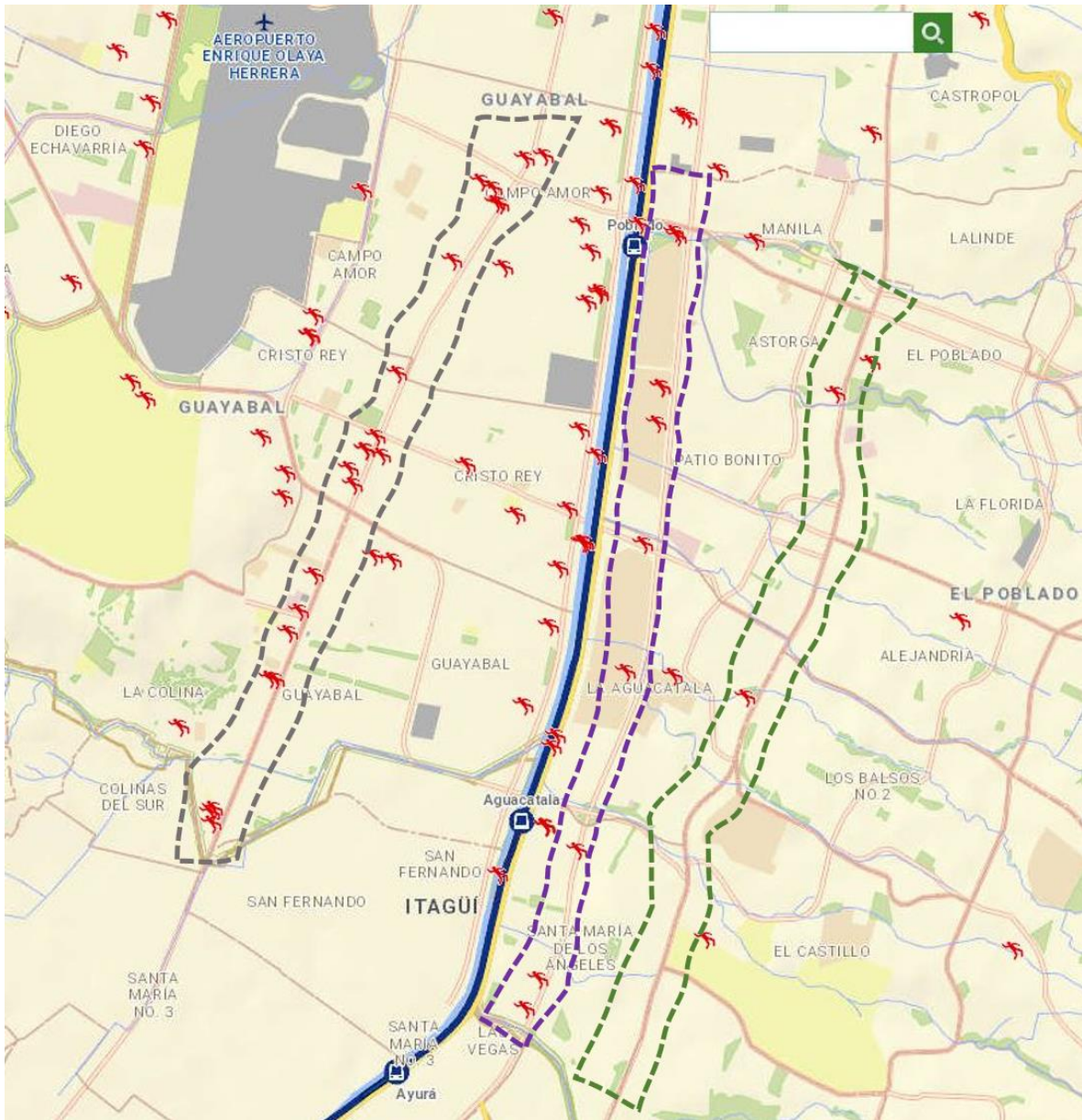


Figura 56. Incidentes viales fatales. Guayabal, Las Vegas y El Poblado. Fuente: (GEO Medellín, 2019).

Las Avenidas Guayabal, en gris, Las Vegas, en morado, y El Poblado, en verde, son las tres avenidas paralelas a la regional que mayores flujos manejan para las conexiones a todos los servicios industriales, académicos y comerciales del sector. El análisis en este caso se hizo para el tramo que va desde la calle 25 sur, en la frontera con Envigado, hasta la calle 10, que pasa por el Parque de El Poblado. Se analizaron las muertes georreferenciadas por la Secretaría de Movilidad de Medellín entre 2015 y 2019 y el resultado fue de dieciocho para la Avenida Guayabal, nueve para Las Vegas y dos para la Avenida El Poblado. En ese mismo tramo se registraron veinte muertes sobre la Avenida Regional.

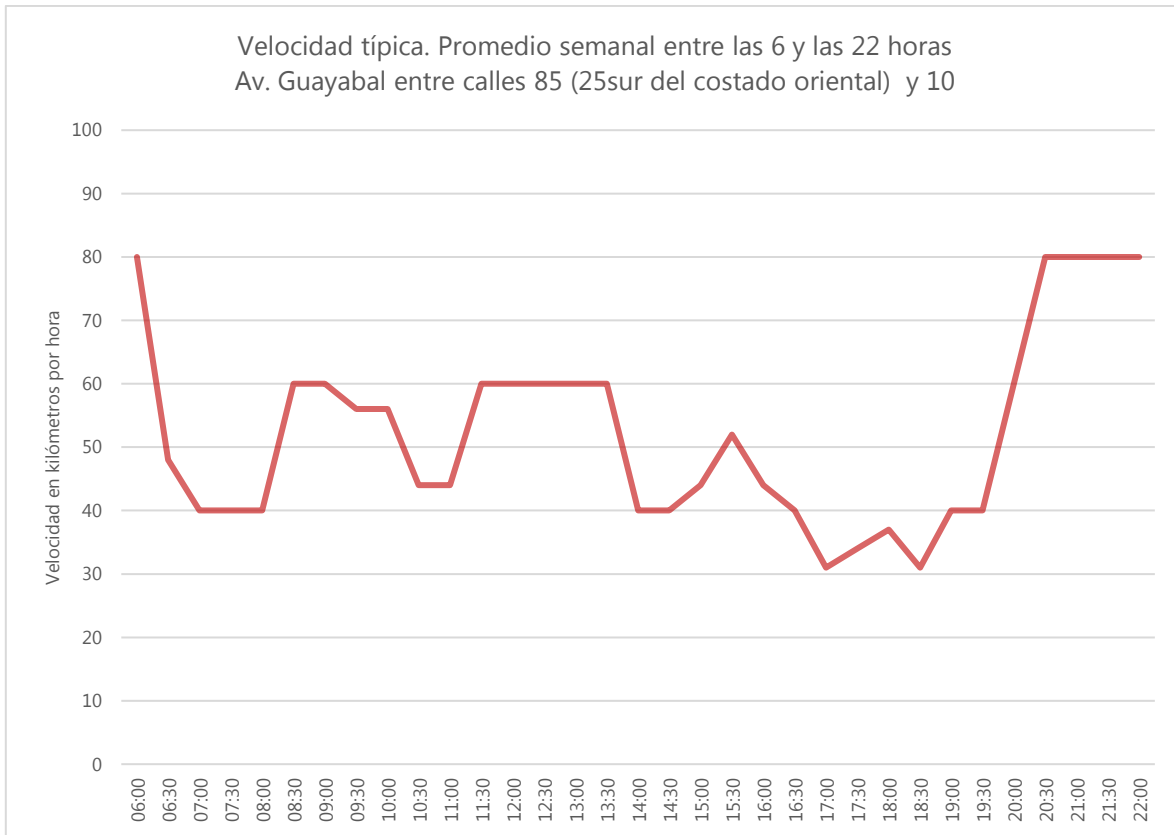


Figura 57. Perfil de velocidades de la Av. Guayabal. Fuente: Elaboración propia con base en *Google Traffic*.

En la Avenida Guayabal, el 94 por ciento de las mediciones está por encima de los treinta kilómetros por hora, el 64 por ciento por encima de cuarenta y el 58 por ciento por encima de los cincuenta. El promedio de velocidad en este tramo es de 53 kilómetros por hora. El número de muertes 2015-2019, dieciocho.



Figura 58. Configuración de la Avenida Guayabal. Fuente: *Google Street View*.

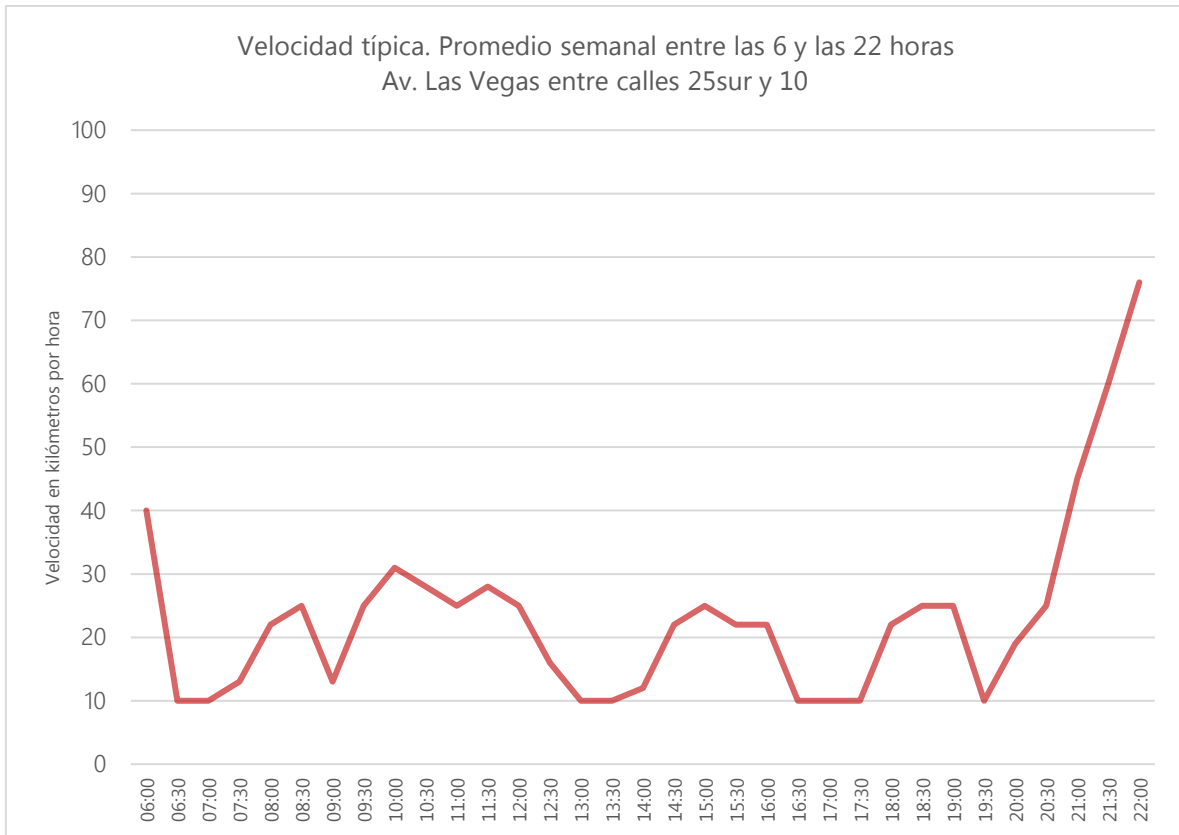


Figura 59. Perfil de velocidades de la Av. Las Vegas. Fuente: Elaboración propia con base en *Google Traffic*.

En la Avenida Las Vegas, se presenta el veinte por ciento de las mediciones por encima de los treinta kilómetros por hora, el doce por ciento por encima de cuarenta y tan solo el nueve por ciento por encima de los cincuenta. Las muertes 2015-2019, nueve, con una velocidad promedio de veinticuatro kilómetros por hora.



Figura 60. Configuración de la Avenida Las Vegas. Fuente: *Google Street View*.

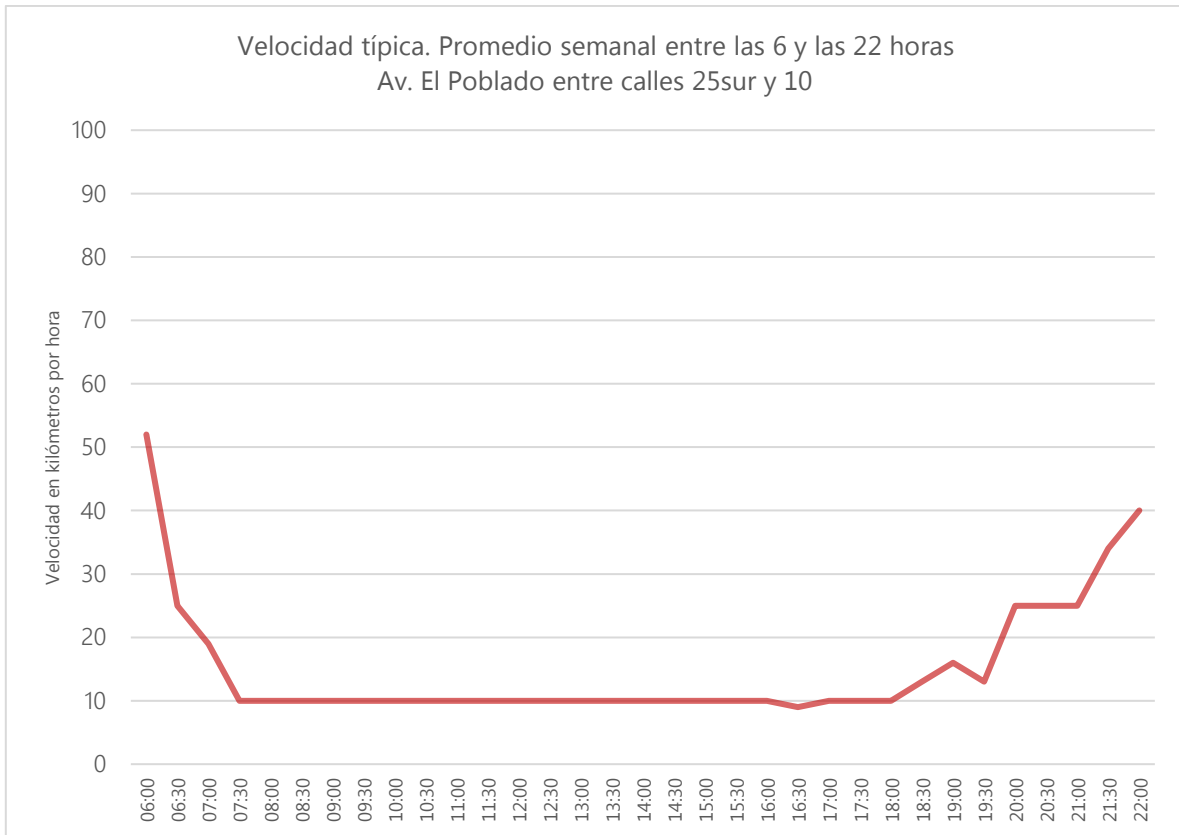


Figura 61. Perfil de velocidades de la Av. El Poblado. Fuente: Elaboración propia con base en *Google Traffic*.

En la Avenida El Poblado, el quince por ciento de las mediciones está por encima de los treinta kilómetros por hora, el seis por ciento por encima de cuarenta y el tres por ciento por encima de los cincuenta. El promedio de velocidad en este tramo es de dieciséis kilómetros por hora y el número de muertes 2015-2019, dos.



Figura 62. Configuración de la Avenida El Poblado. Fuente: *Google Street View*.

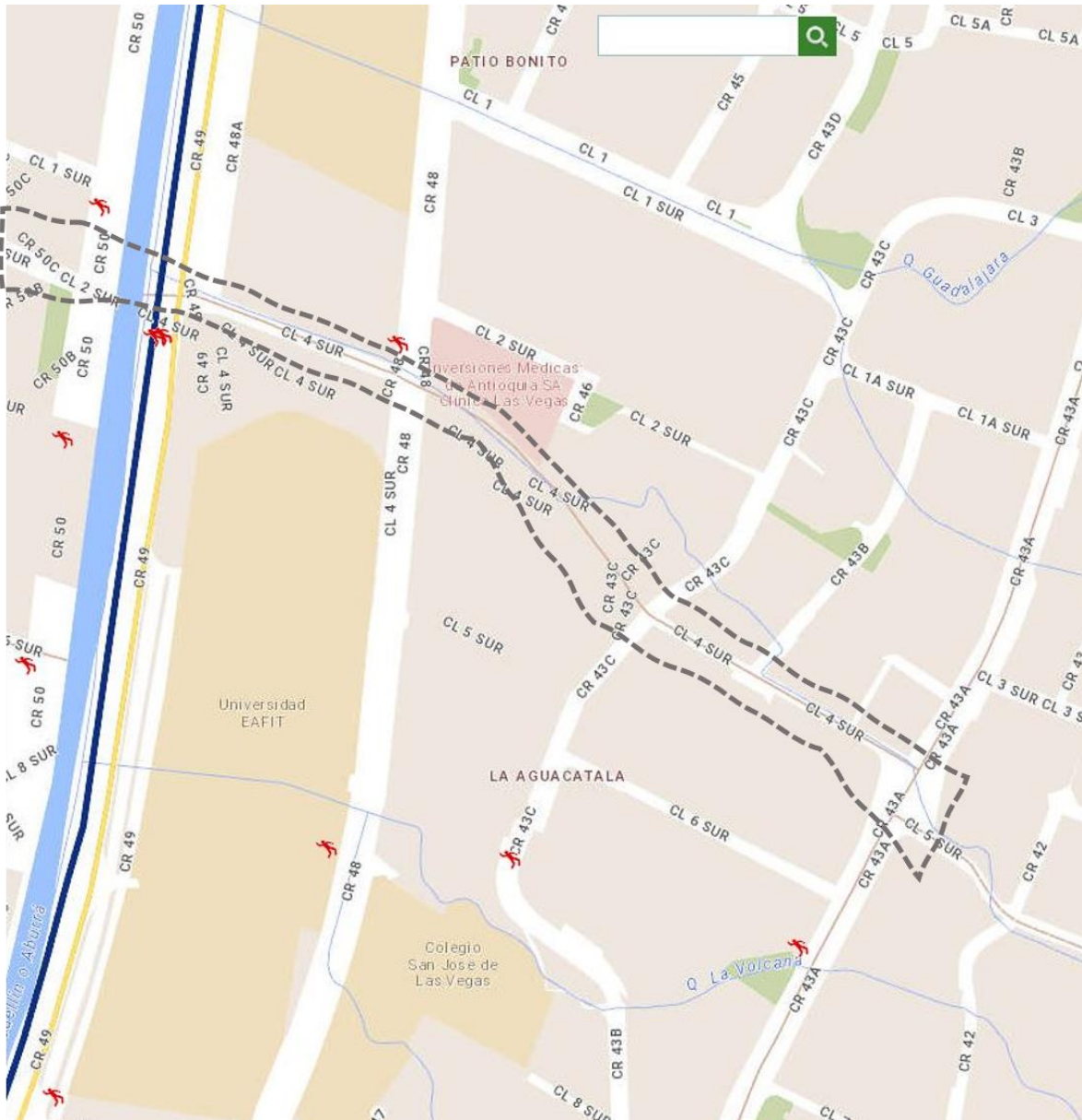


Figura 63. Incidentes viales fatales. Calle 4 sur. Fuente: (GEO Medellín, 2019).

La calle 4 sur, que se divide en dos secciones principales, es una vía transversal a las tres anteriores y de hecho las conecta de occidente a oriente, trayendo flujos principalmente de la Avenida Guayabal hacia la Avenida El Poblado. Este es un punto particular en la ciudad, puesto que ofrece la oportunidad de ver el efecto de mezclar infraestructuras de gran escala vehicular como La Avenida Guayabal, de seis carriles, y el puente Gilberto Echeverri, de ocho carriles, con la Avenida el Poblado de cuatro o la Loma de Los González de dos. La congestión es un factor común en esta zona y particularmente sobre el puente y la calle 4 sur. El número de muertos en este trayecto entre el 2015 y el 2019 es cero.



Figura 64. Configuración del puente Gilberto Echeverri (calle 4 sur), 2017. Foto: Gustavo Alonso Cabrera.



Figura 65. Configuración de la calle 4 sur. Fuente: Google Street View.

El corredor vial de la calle 4 sur, así como la Avenida El Poblado presentan niveles de congestión que aportan a la disminución de la velocidad, y en esa medida al menor número de incidentes y muertes asociadas al transporte. A excepción del puente Gilberto Echeverri (4 sur), en estos dos corredores hay una configuración urbana más adecuada para la seguridad vial, con pasos peatonales, servicios y comercios.

La relación que hay entre la inseguridad vial, la congestión y la contaminación es casi evidente, ya que, en principio, los carros y las motos son los modos menos eficientes en función del espacio requerido y además son los más contaminantes en función de pasajeros transportados, pero donde mayor es su efecto para evitar un cambio notable respecto al reparto modal es en el riesgo vial de los actores más vulnerables; peatones y ciclistas. Una evaluación de las muertes viales en Medellín que fueron discriminadas por modo y compartidos por la Fundación Más Urbano con datos de los años 2011 a 2015, permitieron estimar la vulnerabilidad como se muestra en las siguientes tablas.

Tabla 11. Cálculo de la vulnerabilidad vial en Medellín

Año	Casos	Caminata	Bicicleta	Tranvía	Metro	BRT	Bus	Carro*	Moto
2011	249	108	7	0	0	0	8	12	114
%	100%	43%	3%	0%	0%	0%	3%	5%	46%
2012	259	114	11	0	0	0	5	5	124
%	100%	44%	4%	0%	0%	0%	2%	2%	48%
2013	282	128	13	0	0	0	8	11	122
%	100%	45%	5%	0%	0%	0%	3%	4%	43%
2014	275	137	13	0	0	0	7	12	106
%	100%	50%	5%	0%	0%	0%	3%	4%	39%
2015	277	157	9	0	0	0	7	4	100
%	100%	57%	3%	0%	0%	0%	3%	1%	36%
Promedio		129	11	0	0	0	7	9	113
%		48%	4%	0%	0%	0%	3%	3%	42%
Reparto		26,1%	0,5%	0,0%	8,2%	0,6%	28,5%	22,1%	12,0%
Indicador		1,83	7,86	0,00	0,00	0,00	0,09	0,15	3,53

Fuente: Elaboración propia. \*Carro incluye Taxi y Otros.

Durante los cinco años analizados, el 95 por ciento de las muertes corresponde a peatones, ciclistas y motociclistas. Siendo casi la mitad de todas las muertes representadas por peatones los cuales, a su vez, en la mitad de los casos, han sido atropellados por motociclistas. Aunque los números absolutos de los ciclistas parecen bajos (considerando que una sola muerte es inaceptable), un análisis adicional en términos relativos prueba lo contrario.

El ciclismo resulta ser el modo más peligroso para sus usuarios y por esta razón sigue siendo poco utilizado según explican diferentes encuestas de percepción, como la realizada por Medellín Cómo Vamos en 2016, en la que, al preguntar sobre la inseguridad percibida en diferentes modos, la bicicleta recibió un sesenta por ciento de calificación de inseguridad (Medellín Cómo Vamos, 2016).

Tabla 12. Análisis de la vulnerabilidad vial en Medellín

	Caminata	Bicicleta	Bus	Carro	Moto
	1,83	7,86	0,09	0,15	3,53
Caminata			20	12	
Bicicleta	4		86	53	2
Bus					
Carro			2		
Moto	2		38	24	

Caminata	1 064 174	129	8249	12	5
Bicicleta	20 386	11	1853	54	0
Bus	1 162 029	7	166 004	1	0
Carro	901 082	9	100 120	1	0
Moto	489 276	113	4330	23	4
	4 077 296	269	15 157	7	10
	Viajes	Muertes	1M cada xV	1/100 000veh	1/100 000hab

Fuente: Elaboración propia.

Al hacer las operaciones para estimar la vulnerabilidad relativa al número de usuarios de cada modo, se puede concluir que de acuerdo con los datos disponibles y en relación con el reparto modal para los años de análisis, el riesgo de ir en bicicleta es cuatro veces mayor al de ir caminando, 86 veces mayor al de ir en bus, doce veces mayor al de ir en carro y dos veces mayor al de ir en moto. Mientras ha muerto un peatón por cada 8249 personas que caminan y un motociclista por cada 4330 viajes en moto, ha muerto un ciclista por cada 1853 viajes en bicicleta, lo que representa una tasa de 54 muertes cada 100 000 ciclistas.



Desafortunadamente, para Medellín no existen los estudios de causalidad que aporten a la comprensión de las amplias ventajas del ciclismo urbano para justificar las inversiones en reducir el riesgo de usar la bici. En el Reino Unido, por ejemplo, se estima que mueren unos cien ciclistas al año por lo que se considera peligrosa a la bicicleta, pero nuevos estudios revelaron que, 85 000 muertes prematuras a nivel nacional estaban asociadas a enfermedades prevenibles con veinte a treinta minutos de ciclismo urbano cada día (Rutter, Aldred, Walker, Boardman, & Walker, 2018). La siguiente figura no solo es parte de la motivación de esta investigación, sino que aporta información clave para enfrentar una crisis de salud pública generalizada y relacionada con el transporte urbano.

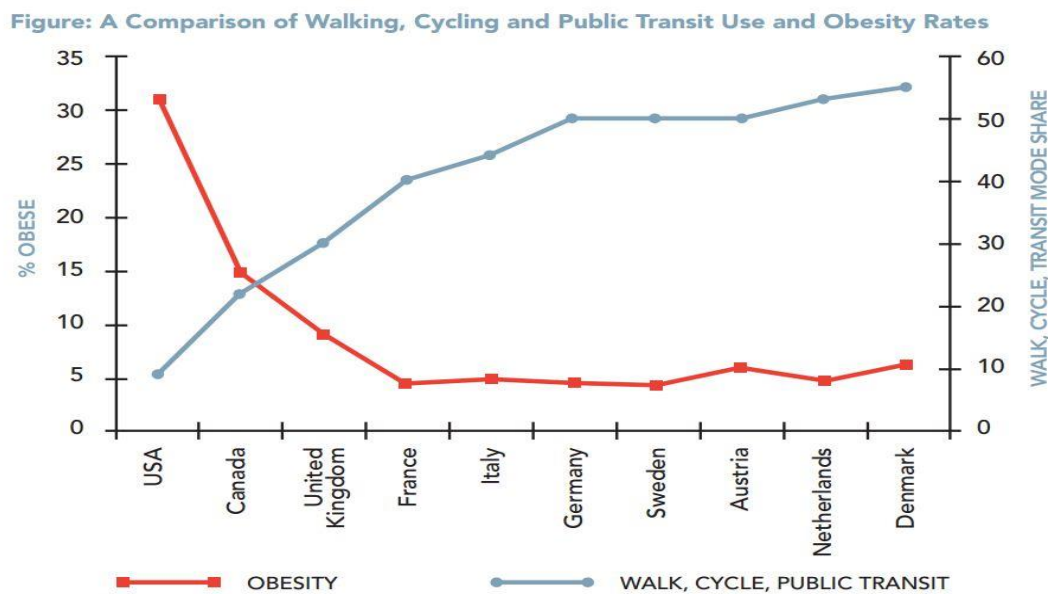


Figura 66. Relación entre la movilidad activa y la obesidad. Fuente: (National Academy Sciences, 2010).

En la figura 66, se expone, para diez países, la relación encontrada de la caminata, el uso de la bicicleta y del transporte público con la obesidad, la correlación es asombrosa y debido a este tipo de reportes, recientemente, se discute si, los ministerios de salud, por ejemplo, deberían dedicar su presupuesto a la construcción de infraestructuras de transporte más limpio, eficiente y saludable, pues como exponen aquellos que promueven la idea, sería mucho mejor invertir en la prevención de las enfermedades que atender las consecuencias de un sistema de movilidad ineficiente e insostenible.

## 7.5 La motorización y la congestión en el valle de Aburrá

Diferentes estudios y variadas opiniones coinciden en señalar a la motorización y la congestión posterior, como la base de muchas consecuencias negativas que se han descrito a lo largo de este documento. Aunque sea cierto que a partir de la congestión se gestan grandes desafíos para las ciudades, en realidad, se puede ir más atrás y encontrar que la motorización y la congestión son el producto de una mala gestión territorial que no ha sabido integrar los procesos urbanos siendo cada parte esencial en la construcción del conjunto.

Uno de los principales factores que produce crisis de movilidad como las que se presentan en el valle de Aburrá, es la urbanización periférica, en ladera, inaccesible o fuera del alcance (por las distancias) para la movilidad a escala humana y sin cobertura de transporte público, pero ese tema no hace parte del desarrollo de esta investigación. Lo que se presenta a continuación, es el análisis de la información recopilada sobre la motorización y la congestión como un hecho que incide de manera directa sobre los temas que ya han sido abordados.

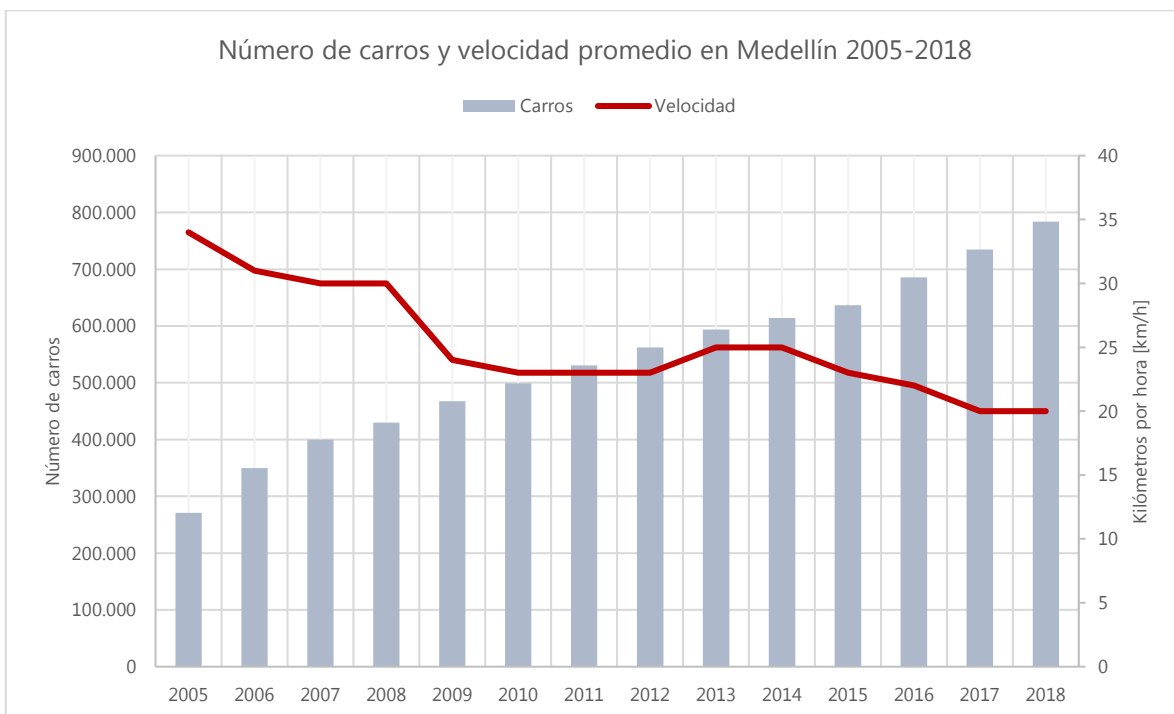


Figura 67. Relación entre el número de carros y la velocidad promedio en Medellín 2005-2018. Fuente: Elaboración propia con base en (RUNT, 2017) (ANDI & Fenalco, 2016) (Mintransporte, 2015) (STTM, 2011).

Para empezar, en la figura 67, se muestra precisamente, la relación que hay entre la cantidad de carros y la congestión en términos de la velocidad promedio que se ha reportado durante los últimos quince años. Mientras la cantidad de carros casi se triplica, la velocidad bajó de 34 a 20 kilómetros por hora.

El crecimiento del parque automotor, por su parte no ha obedecido al crecimiento poblacional, que, aunque tenido una tasa elevada, no se compara con el ritmo de crecimiento de vehículos. Una revisión histórica de la motorización (número de carros por cada 1000 habitantes) muestra cómo en el valle de Aburrá, se presentaron diferentes ritmos de motorización asociados a factores externos como la construcción de vías, el crecimiento económico o el pico y placa. En la gráfica de la figura 68 se incluyen las motos como parte de la motorización que para el caso de Medellín y su área metropolitana no se expresa en número de carros, sino en número de vehículos.

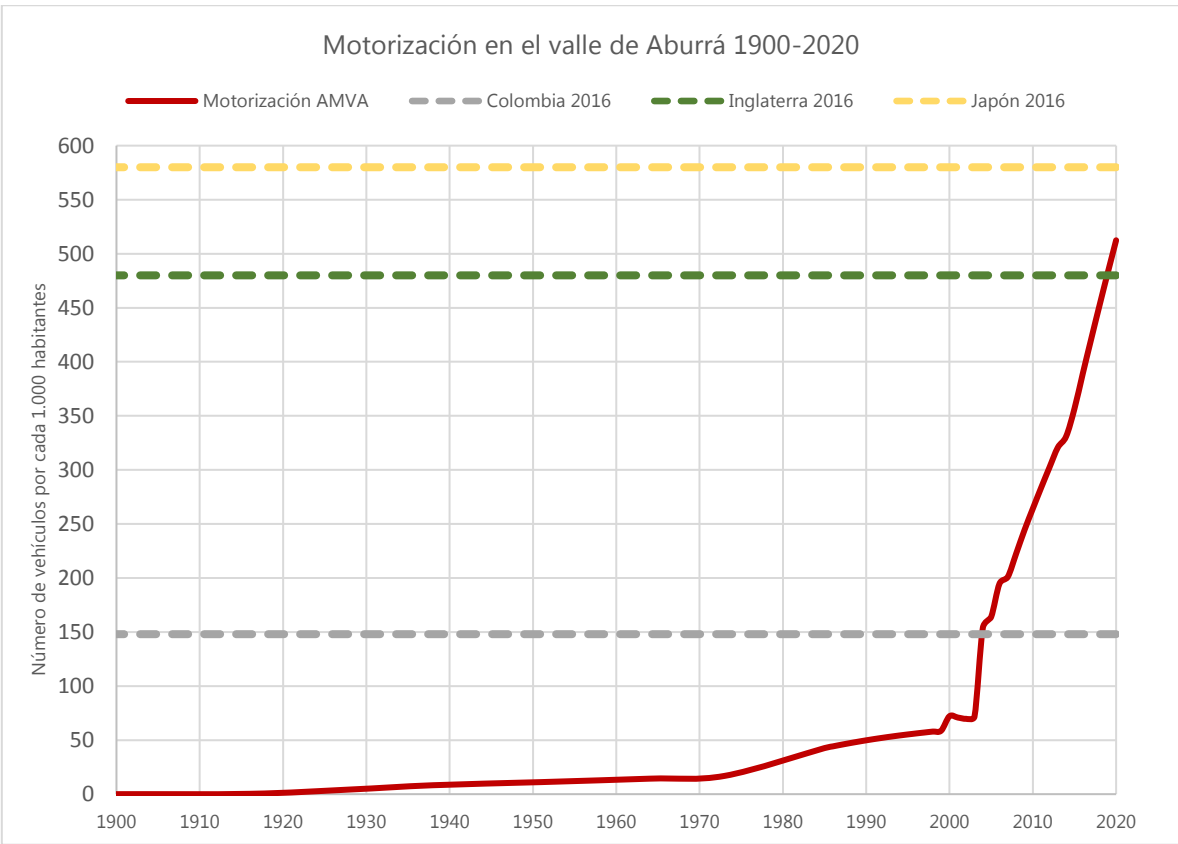


Figura 68. Motorización en el valle de Aburrá 1900-2020. Fuente: Elaboración propia con base en (RUNT, 2017) (ANDI & Fenalco, 2016) (Mintransporte, 2015) (OICA, 2016) (STTM, 2011).

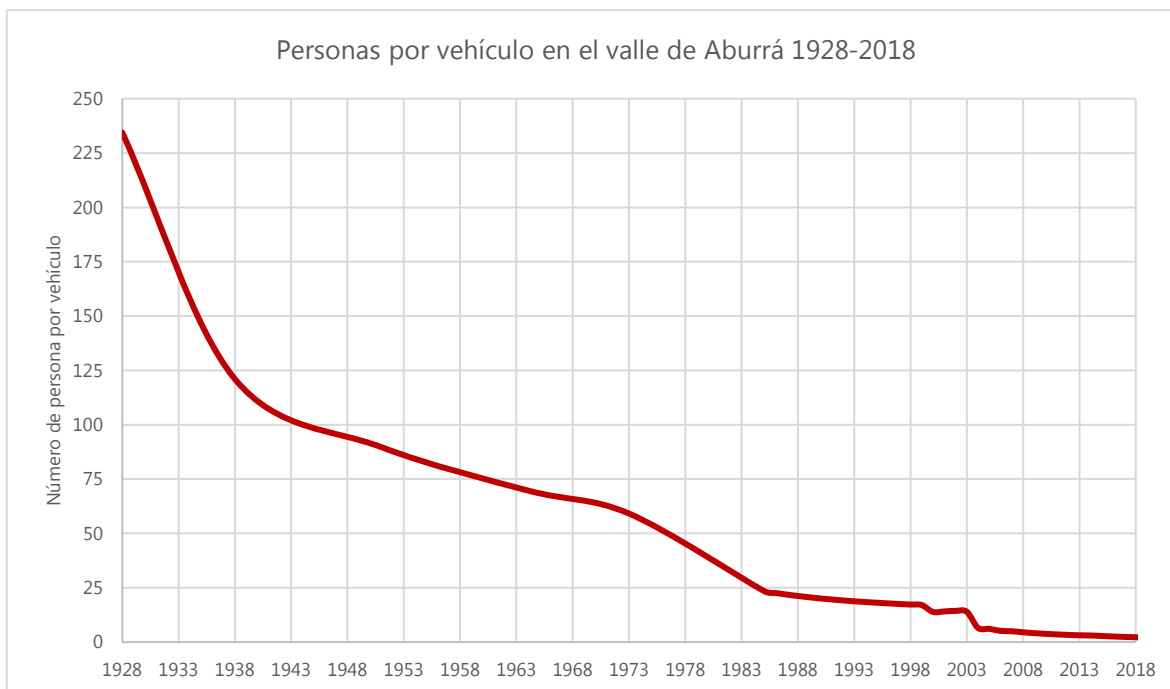


Figura 69. Número de habitantes por vehículo en el valle de Aburrá. Fuente: Elaboración propia con base en (RUNT, 2017) (ANDI & Fenalco, 2016) (Mintransporte, 2015) (DANE, 2005) (Botero, 1996) (DANE, 1976).

Como se puede ver la figura 69. la primera etapa de la motorización, desde la llegada del primer carro en 1899 hasta 1970, fue bastante lenta, en 1970 y el 2000, con una ciudad que ya estaba bien cubierta de amplias avenidas, la motorización se aceleró y se empezó a convertir en un problema visual e incómodo debido a esas primeras experiencias de congestión, pero a partir de 2003-2004, con la puesta en marcha del pico y placa, que originalmente restringía la circulación del veinte por ciento de los carros por cuatro horas cada día, la motorización se salió de control. Actualmente, con una cifra que supera los 450 vehículos por cada 1000 habitantes, el valle de Aburrá se acerca a condiciones de motorización como las de Inglaterra con 480 o Japón con 580 medidos en 2016.

En 1928 con contaban 234 personas por vehículo, para 1985 ya eran 23 y en el 2015 se reportaron tres personas por vehículo. Pocas ciudades y algunos microestados como San Marino y Mónaco han pasado la barrera de motorización de tener más vehículos que habitantes, como en El Poblado, en Medellín. Esto plantea otros retos en términos del espacio dedicado al estacionamiento. Para explorar los graves impactos del estacionamiento sobre las ciudades, se recomienda revisar la valiosa producción de Donald Shoup, mínimo en: (Shoup, 2005) y (Shoup, 2018).

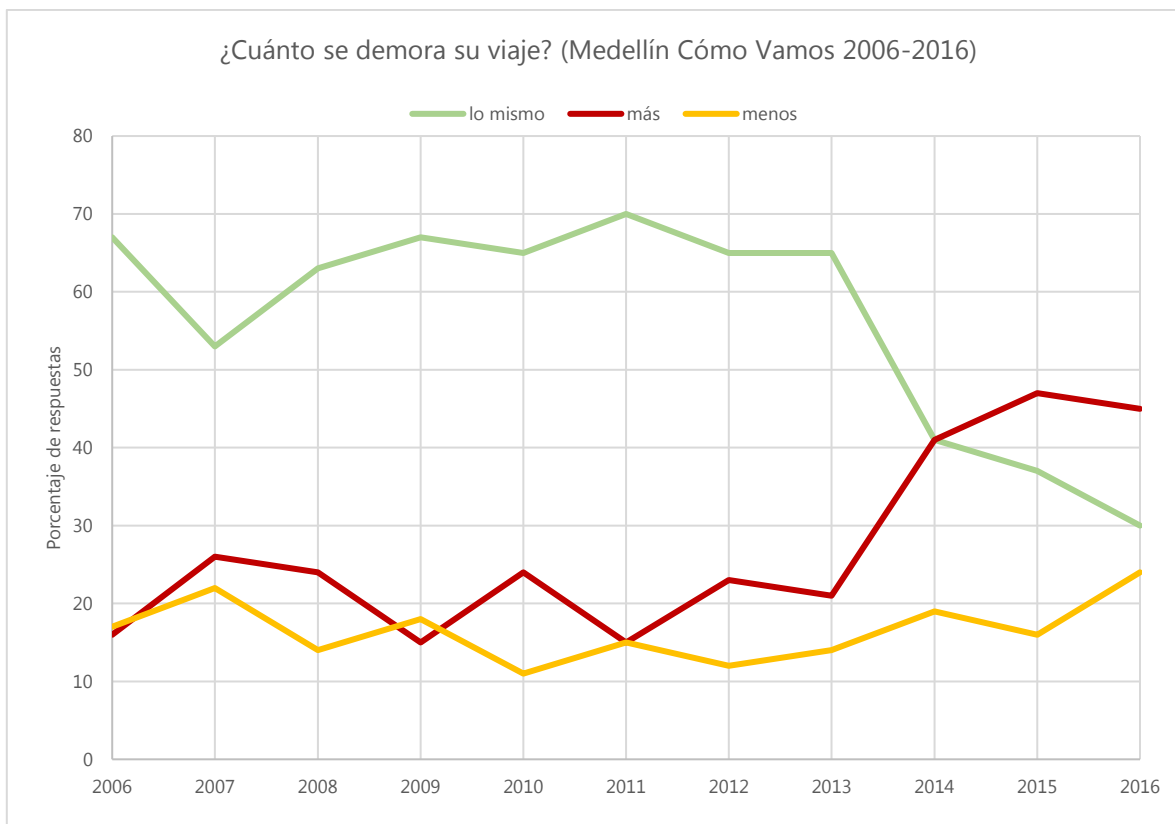


Figura 70. Aumento en los tiempos de viaje según encuestas de percepción. Fuente: Elaboración propia con base en (Medellín Cómo Vamos, 2016).

El hecho de que haya cada vez más personas con problemas para llegar a sus destinos a tiempo, como lo muestra la figura 70, con encuestas de percepción durante diez años, da cuenta de lo importante que es mantener un balance entre la eficiencia y la capacidad de los sistemas de transporte en la ciudad. Mientras el porcentaje de personas que reportaron aumento en sus tiempos de viaje pasó del 17 al 45, quienes dijeron haber tardado lo mismo bajaron del 67 al 30 por ciento, ambas cifras muy significativas.

Las figuras 71 y 72 muestran la relación entre el cambio en el tipo de modos de transporte y el cambio en los tiempos de viaje con base en las encuestas de origen y destino entre el 2000 y el 2017. Se puede identificar que, con una disminución del transporte público y la caminata en diez por ciento, mientras que los vehículos particulares aumentaron en ese mismo porcentaje, se aumentó el tiempo de viaje en diez minutos.

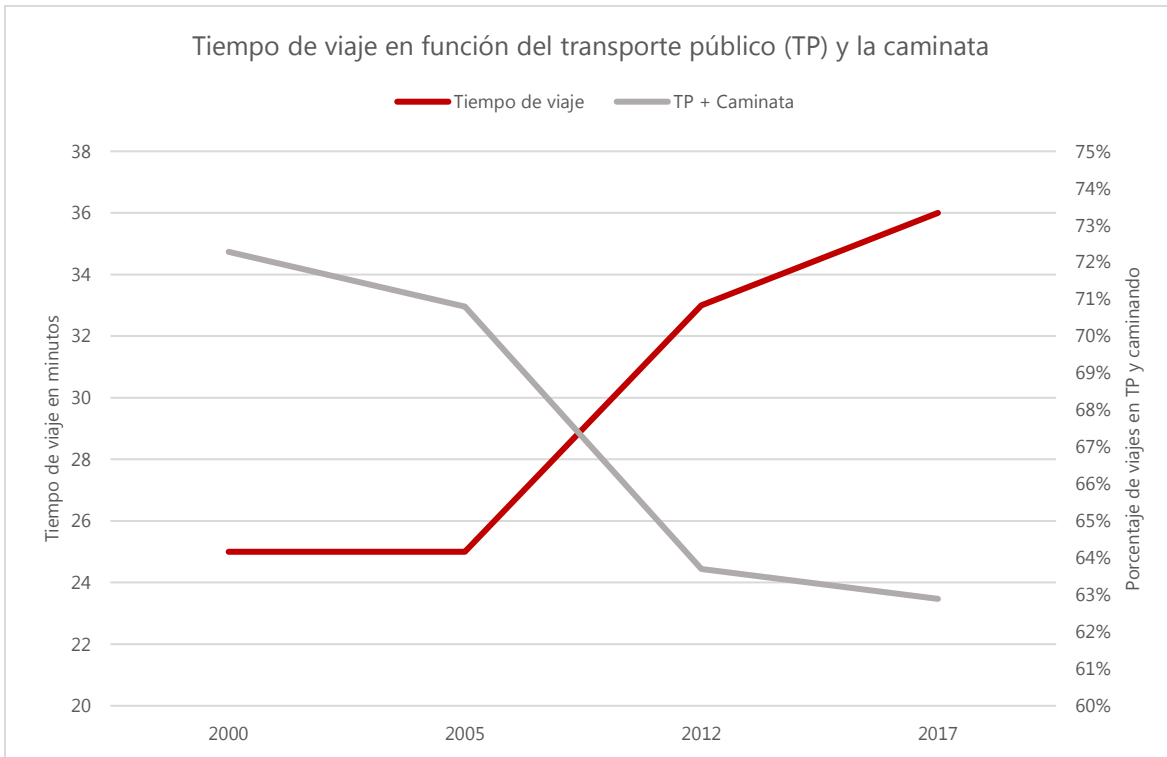


Figura 71. Tiempo de viaje en función del transporte colectivo y la caminata. Fuente: Elaboración propia con base en (AMVA, 2017) (STTM, 2011).

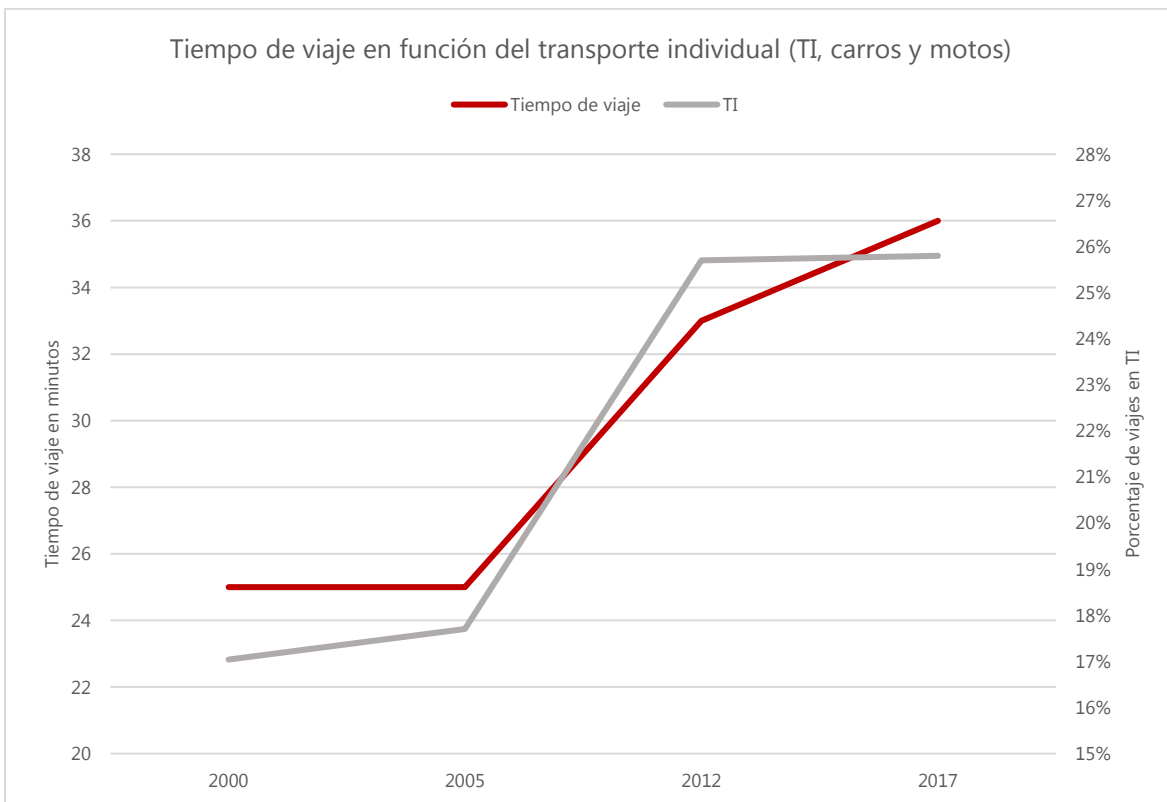


Figura 72. Tiempo de viaje en función del transporte individual. Fuente: Elaboración propia con base en (AMVA, 2017) (STTM, 2011).

Las figuras 73 y 74, muestran la diferencia entre viajes y vehículos que se presenta toman los carros, las motos y los buses. Es claro que una de las mejores alternativas para reducir la congestión y mejorar los tiempos de viaje, es multiplicar la inversión en el transporte público y establecer mecanismos que promuevan la migración de viajes desde el transporte individual hacia el colectivo.

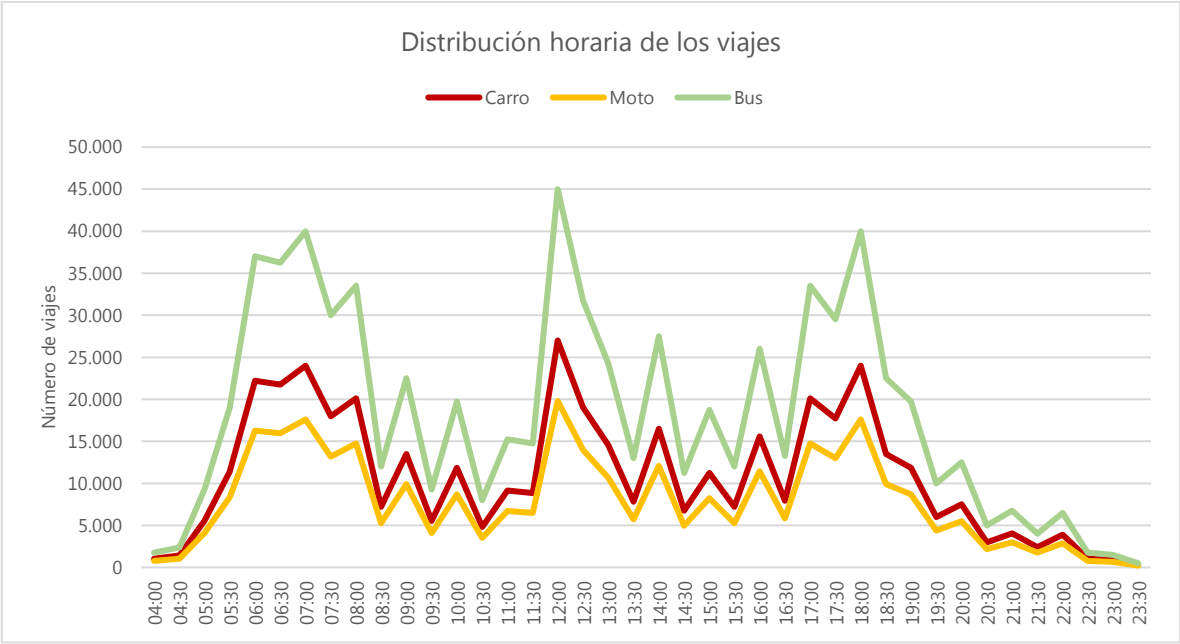


Figura 73. Distribución horaria de viajes por modo. Fuente: Elaboración propia con base en (AMVA, 2012).

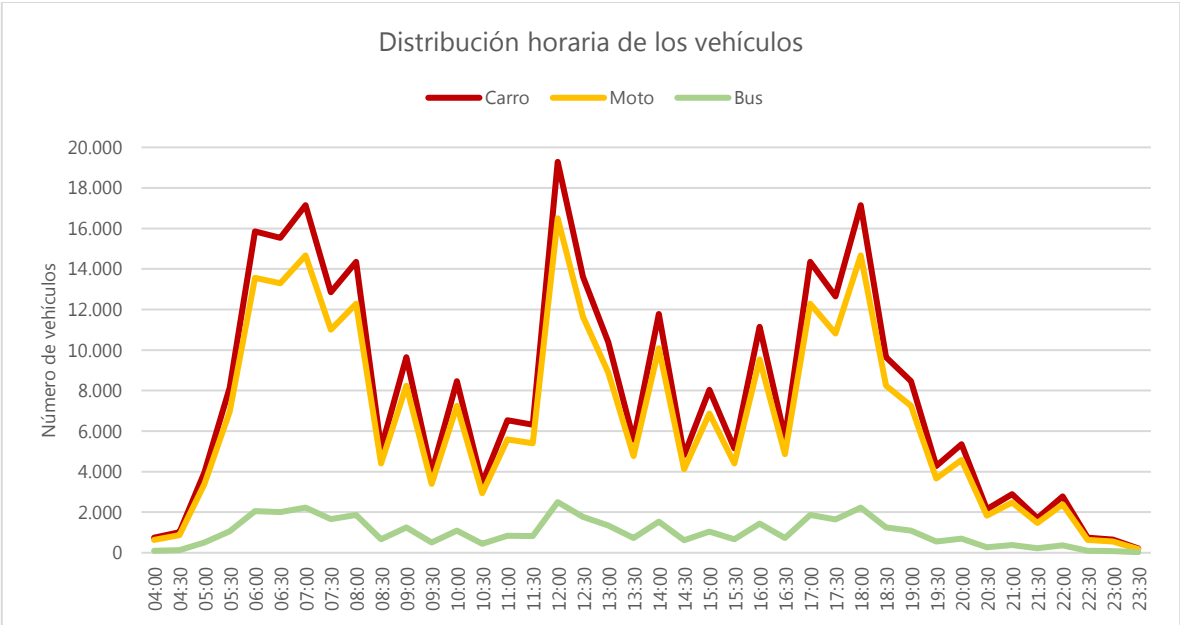
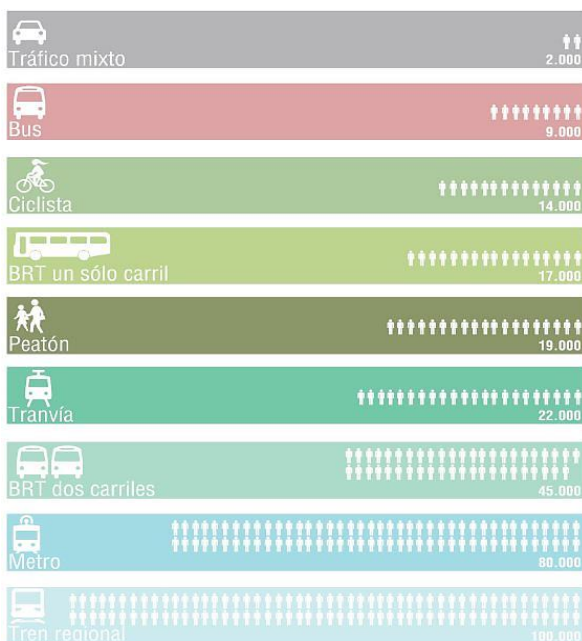


Figura 74. Distribución horaria de vehículos por modo. Fuente: Elaboración propia con base en (AMVA, 2012).

Pero la recuperación de usuarios del transporte público no solo no es un asunto sencillo, sino que depende de múltiples estrategias que deben combinarse para un resultado exitoso. Una de las razones por que las que muchos pasajeros de buses, terminan utilizando la moto, es que, como se había explicado en el contexto, los viajes principales norte-sur y sur-norte se hacen por contados corredores viales longitudinales a los que probablemente les haga falta un poco de espacio, pero no es el bajo número de carriles lo que genera el problema, sino la falta de sistemas de transporte público de alta capacidad, o incluso la ineficiencia con la que siguen operando los sistemas de mediana capacidad en cada uno de ellos.

La única línea de metro longitudinal que tiene el valle de Aburrá corre junto a la Avenida Regional en todo su trayecto, excepto por cuatro estaciones que pasan por el centro de Medellín. Entre las otras avenidas como La 34, La 43a (El Poblado, La Oriental), Las Vegas (Industriales, Ferrocarril), La Guayabal, La 65 y La 80 solo se cuenta con un sistema de BRT con seis estaciones, y buses convencionales que deben luchar por el espacio durante todo el recorrido. En la figura 75 se ven las diferentes capacidades que tienen los diferentes modos de transporte para movilizar personas por hora por sentido en una franja dedicada o carril de 3,5 metros de ancho.



La capacidad de los mismos modos para el valle de Aburrá varía en el carro, que alcanza unos 1700 por hora en la Avenida Regional, el tranvía que menor por tener una sola línea en la que hay apenas 12 coches y el metro que ha llegado a superar los 40 000, pero no alcanza la capacidad de los metros de referencia como el Hong Kong. Los metrocables, tienen una capacidad de 2500 pasajeros hora y las motos de 3000 a 3500. Si bien la capacidad peatonal y ciclista depende de la infraestructura, las capacidades teóricas, se mantienen en la ciudad como posibles de alcanzar (Botma & Papendrecht, 1991).

Figura 75. Capacidad de los modos de transporte. Elaboración: Juliana Gómez con base en (UITP, 2016).



El reto para Medellín es especialmente difícil, no por condiciones técnicas, sino también por asuntos y presiones del mercado. Una encuesta de cultura ciudadana liderada por Corpovisionarios en el 2013, expuso la particularidad de Medellín con respecto al uso de las motos, pues la ciudad se encuentra muy por encima de todas las grandes capitales de la región más cerca de ciudades intermedias que han sido históricamente “dependientes” de las motocicletas como Valledupar o Sincelejo en el norte de Colombia. La figura 76, muestra los resultados para el 2013. Cabe anotar que actualmente la participación de motocicletas en el valle de Aburrá sigue creciendo y está por encima del doce por ciento (AMVA, 2017).

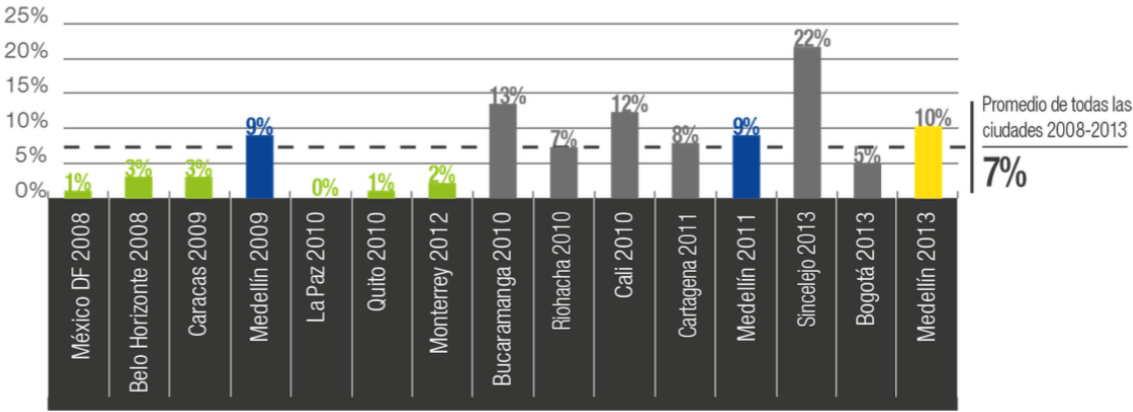


Figura 76. Uso de la motocicleta como modo principal de viaje. Fuente: (Corpovisionarios, 2013).

Es interesante el contraste de esta cifra cuando se trata del uso del carro como modo de viaje principal, en ese aspecto, Medellín ocupa una posición baja frente a otras ciudades de la región. Los datos locales reportan entre un trece y un catorce por ciento el uso del carro para los mismos años (AMVA, 2017).

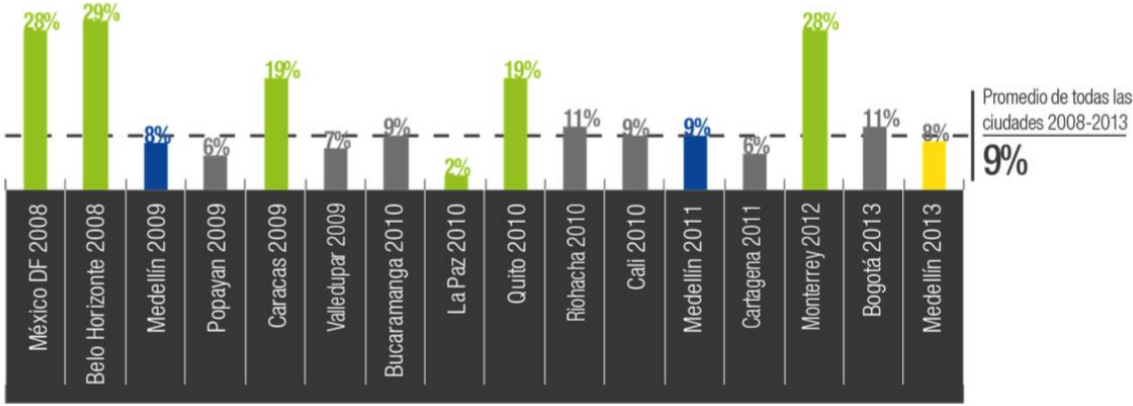


Figura 77. Uso del carro como modo principal de viaje. Fuente: (Corpovisionarios, 2013).

El valle de Aburrá es la sede de tres importantes ensambladoras y comercializadoras de repuestos de motos, no solo para el mercado nacional, sino latinoamericano. En parte por eso los incentivos para el uso de la motocicleta se han multiplicado en los últimos años, y romper ese ciclo resulta cada vez más difícil. Este caso sirve para hacer otro llamado de atención sobre la importancia de construir soluciones sistémicas que tengan como objetivo una mejora general, o un beneficio común y no particular. Desde los subsidios de transporte, pasando por la inexistente regulación al estacionamiento de motos, hasta la innovación de la economía local, hay pistas para enfrentar esta problemática.

Shenzhen, considerada la “*Silicon Valley*” China, es una ciudad de más de 12 millones de habitantes y casi 2000 kilómetros cuadrados de extensión (más de diez veces la extensión urbana del valle de Aburrá) que sorprendió al mundo entero en 2018 al convertirse en la primera megaciudad<sup>12</sup> con una flota de buses completamente eléctricos. Los 16 000 buses cien por ciento eléctricos, no solo llegaron para aportar a la reducción de emisiones tóxicas, sino que han llamado la atención por ser casi completamente silenciosos, algo que percibe y agradece la mayor parte de la ciudadanía (Keegan, 2018). La compañía de buses de Shenzhen ha estimado que, con el cambio de tecnología, se han dejado de quemar unas 160 000 toneladas de carbón al año, reduciendo las emisiones de CO<sub>2</sub> en 440 000 toneladas. Los gastos en combustible para la compañía, se ha reducido a la mitad.

Todo esto ha sido posible gracias a que Shenzhen es la sede de la empresa de vehículos eléctricos *Build Your Dreams* (BYD) y que, en conjunto con el gobierno chino, emprendieron un ambicioso plan para reducir los impactos ambientales del país. Esto implicó una serie de incentivos e inversiones en nuevas infraestructuras que han hecho posible dar este importante paso (ITDP, 2018). Si en el valle de Aburrá se celebra la innovación y habla de ser la capital latinoamericana del transporte eléctrico, pretendiendo además convertirse en un referente regional de la cuarta revolución industrial, se requiere un cambio estructural en el modelo económico para evitar que algunos sectores sigan bloqueando avances tan necesarios como urgentes para el bienestar colectivo.

---

<sup>12</sup> Se clasifican por la ONU como megaciudades todas aquellas que tienen más de 10 millones de habitantes. Para 2016, se clasificaron 31 megaciudades y diez próximas a entrar en la lista a nivel mundial.

## 8. Resultados y análisis

En Colombia mueren anualmente unas 200 000 personas. Con la alta esperanza de vida a la que ha llegado el país (alcanzando los 77 años en 2017 según el Banco Mundial), el porcentaje de muertes prematuras sigue creciendo y se acerca al sesenta por ciento. Medellín, con una tasa de mortalidad un poco por encima de la nacional, reporta unas 12 500 muertes anuales; el setenta por ciento de las muertes del valle de Aburrá, el 42 por ciento de las del departamento de Antioquia y el seis por ciento de las del país. Durante los últimos veinte años, por lo menos cinco de las diez primeras causas de muerte en Medellín, han estado relacionadas con efectos del transporte; allí se encuentran principalmente la contaminación del aire y la inseguridad vial. Se estima que por lo menos la mitad de las muertes prematuras en Medellín y su área metropolitana, tienen su origen directamente en el sistema de movilidad.

Por su parte, otras condiciones que han demostrado tener relación con el transporte para diferentes casos de estudio, son las enfermedades hipertensivas, los trastornos mentales y los suicidios, todas ellas en aumento y llegando a máximos históricos en la región metropolitana del valle de Aburrá. Tanto la congestión como el ruido, que se destacan a nivel nacional e internacional para Medellín, pueden estar incidiendo en estas causas y también afectar los altos niveles de violencia. Se requieren estudios específicos para profundizar, por ejemplo, en los efectos del ruido, más allá de los reportes de su medición.

Las tasas de mortalidad tanto en Colombia (4,5) como en Medellín (5,5) son bajas en comparación con países o ciudades de economías desarrolladas, sin embargo, hay una diferencia importante en la incidencia de las muertes ocurridas, primero por el envejecimiento de muchas poblaciones en Europa y Asia y segundo por el alto porcentaje de muertes prematuras en Colombia. Los años perdidos de edad productiva son mucho mayores en el segundo caso y eso puede tener efectos económicos importantes en el largo plazo, de ahí la importancia de apostar por mejores estrategias para entender y corregir factores especialmente asociados a las muertes prematuras.

Es tan notable el aumento de los factores externos en la mortalidad del valle de Aburrá, que aun con un descenso de hasta seis veces en el número de homicidios durante los últimos veinte años analizados (de más de 3000 a menos de 500) o más de diez veces desde los casi 7000 homicidios de 1991, la cantidad de fallecimientos ha seguido en aumento y la tasa de mortalidad apenas ha bajado un par de décimas.

Los dos factores más representativos para Medellín y su área metropolitana, que tienen una relación directa con el transporte, son la contaminación ambiental y la seguridad vial. Con los datos analizados se puede decir que, de manera directa, por estos dos motivos, el transporte estaría siendo responsable de unas 2000 muertes en Medellín y cerca de 5000 en todo el valle de Aburrá cada año.

En términos de la calidad del aire, la evidencia parece ser más contundente en cuanto a no tener más alternativas que reducir las emisiones. Pero dicha disminución no solo pasa por una actualización tecnológica, múltiples estrategias de reconfiguración urbana, especialmente en relación con la necesidad y distancia de los viajes, tienen que ser implementadas.

Específicamente para el material particulado, un veinticinco por ciento de las emisiones proviene del transporte individual que representa, incluyendo taxis y otros, un 36 por ciento de los viajes diarios. El transporte colectivo, con cerca del veinte por ciento de los viajes, aporta un diez por ciento de las emisiones, mientras más de cuarenta por ciento de los viajes en el valle, son cero emisiones. 65 por ciento de las emisiones provienen del transporte de carga.

La seguridad vial tiene una relación directa con la velocidad. En este caso, diferentes avenidas fueron evaluadas mostrando que la cantidad de muertes se duplica, como mínimo, cuando más de la mitad del tramo tiene velocidades por encima de los cuarenta kilómetros por hora. En las avenidas más rápidas, se presentaron entre cinco y diez muertes por kilómetro lineal entre 2015 y 2019. Entre tanto las avenidas cuya velocidad promedio está un ochenta por ciento o más, por debajo de los treinta kilómetros por hora, reportaron entre cero y dos muertes en el mismo período.

Pero la velocidad no explica todo el fenómeno de la mortalidad vial asociada. En el caso de las avenidas Las Vegas (nueve casos) y El Poblado (dos casos), con perfiles de velocidad similares, aunque menor en la segunda, es probable que sea la configuración de la vía uno de los factores que más haya incidido en la diferencia de las cifras. La paradoja es que el diseño de las vías y su entorno es la base del control a la velocidad, que, a su vez, es la base de la disminución de las muertes.

Aunque para el período de análisis de las velocidades no hay información para la caracterización del modo de transporte, un ejercicio anterior, con datos del 2011 al 2015 ha permitido calcular el riesgo vial asociado a cada modo, que, según las entidades oficiales, no ha variado en los últimos años. En términos relativos al número de viajes, el riesgo de viajar en bicicleta es cuatro veces mayor al de ir caminando, 86 veces mayor al de ir en bus, doce veces mayor al de ir en carro y dos veces mayor al de ir en moto. En ese período se presentó la muerte de un ciclista por cada 1853 viajes en bicicleta.

En términos de los tiempos de viaje, dos relaciones fueron evaluadas: la primera, es cómo con el aumento en el número de carros, ha disminuido la velocidad promedio, bajando catorce kilómetros por hora en los últimos doce años a una tasa de un kilómetro por cada 25 000 carros adicionales. La segunda es cómo en relación con el reparto modal, ha ido aumentando el tiempo de viaje, ya sea con la disminución de transporte colectivo o el aumento del transporte individual (ya que son las dos caras de la misma moneda), un diez por ciento de cambio, reportó un aumento en diez minutos del tiempo de viaje, una relación que podría traducirse en que por cada uno por ciento de aumento en el uso de carros y motos, también se aumenta en uno, el número de minutos de viaje.

Finalmente, y en estrecha relación con el resultado anterior, está la ocupación del espacio al comparar buses, carros y motos. Los buses hacen entre 40 y 45 mil viajes en las horas punta con menos de 2500 vehículos, por su parte, los 27 000 viajes en carro al medio día, requieren unos 20 000 vehículos y los casi 20 000 viajes en moto unas 15 000 motocicletas. Los buses hacen 1,6 veces los viajes en carro utilizando ocho veces menos vehículos, así que sus viajes son por lo menos doce veces más eficientes en términos de espacio aún con la tasa de ocupación a media capacidad.

## 9. Planteamientos adicionales

### 9.1 Una posible salida a la espiral el auto

Un manifiesto de la nueva movilidad para el valle de Aburrá empieza por entender que la demanda inducida también funciona para caminar, para las bicicletas y para el transporte público en general. En la medida en que se ajusten las condiciones de mayor relevancia como la seguridad, la comodidad, la conveniencia, los tiempos de viaje y los costos, empezará a crecer el número de caminantes, ciclistas y usuarios de los diferentes sistemas de transporte público, que evidentemente migran desde los carros y las motos que habrán dejado de tener tantos privilegios.

La razón por la que las medidas orientadas a los sistemas activos y públicos y las orientadas a los automóviles individuales, son excluyentes, es por un simple balance de masas; si solo hay un cien por ciento de viajeros para movilizar, no es posible aumentar la demanda de un modo sin reducirla en otro. Por eso cuando se hacen los esfuerzos indicados para mejorar las condiciones de la movilidad a escala humana, la espiral del auto empieza a girar en sentido contrario, como dice Fred Kent, fundador de *Project for Public Spaces*; "Si planificas ciudades para los carros y la congestión, obtienes más carros y mayor congestión. Si planificas para las personas y los lugares, obtienes más personas y mejores lugares" (Kent, 2016).

Esto que parece tan obvio tiene suficientes complicaciones que pueden explicar por qué, aunque muchos discursos repitan las mismas ideas de la movilidad masiva y sostenible, pocas ciudades logran avanzar hacia su materialización. Al respecto Cadena-Gaitán y Ospina-Sierra (2019) decían que el futuro de las ciudades, más que un escenario lleno de soluciones será el resultado de todas las decisiones y construcciones actuales, aclarando que no habrá apariciones ni descubrimientos científicos que conviertan el caos actual en una situación soñada. Así mismo, los autores se arriesgaron a sugerir una serie de ideas que serán retomadas y puestas en contexto en esta investigación para dar pistas de cómo dejar de alimentar la espiral de la dependencia de vehículos particulares en el valle de Aburrá.

Aunque la espiral en sí misma no tiene un inicio formal, la aparición de un número considerable de vehículos y los primeros síntomas de la congestión que se presentan cuando tanto la motorización como los kilómetros recorridos en autos, empiezan a aumentar, son un llamado de atención. El siguiente paso que lógicamente se ha dado, es responder a esa tasa de crecimiento, y mediante políticas orientadas al uso del automóvil, que empieza a ser predominante, ampliar la capacidad vial para que más automóviles puedan circular y estacionarse por la ciudad.

Desde esa primera alerta, la pregunta debe cambiar completamente. Con la cantidad de buenas y malas experiencias que se tienen en cientos de ciudades y que pueden ser consultadas tan fácilmente, se debe orientar la medida, cualquiera que sea, a gestionar el número de viajes y no de carros, para poder entender el problema y no la consecuencia de este. Si lo que en definitiva se tiene es una cantidad de personas que demuestran la necesidad de conectar ciertos puntos de la ciudad, lo más importante es entender cuál es la forma más eficiente de conectarlos, en términos energéticos, espaciales, económicos y ambientales.

Por ejemplo, uno de los elementos clave para esto es el reparto modal, pero no como un indicador que se mide cada cinco o siete años, sino como un objetivo trazado y diseñado; es decir, más que estimar el número de viajes que se hacen en cada modo de transporte, se pueden parametrizar las alternativas de viaje y diseñar los escenarios para inducir los repartos modales más eficientes. La segunda parte del diseño de estos escenarios ideales hace una conexión obligatoria con la gestión territorial y los planes de ordenamiento, explicando por qué, cuando se habla de una buena gestión de la movilidad, se insiste tanto en una planificación integrada.

Para explicar esta parte con otro ejemplo local, se puede pensar en diferentes sectores del valle de Aburrá como la Loma de Las Brujas en Envigado, la Loma de Los Bernal o San Lucas en Medellín y cualquier otro desarrollo periférico en Bello, Sabaneta o La Estrella. La definición de las altas densidades se da en función del aprovisionamiento de servicios públicos, desconociendo nuevamente el servicio del transporte y definiendo, sin considerar alternativas, la obligatoria construcción de parqueaderos y ampliaciones viales para todos los vehículos particulares que se calcula que pueden llegar.

Es decir que, de entrada, solo por el debido cumplimiento de las normas vigentes, el modo predominante de viaje ya fue inducido y esa decisión será respaldada por la efectiva llegada de grandes cantidades de carros y motos al sector, que más que una decisión individual de los nuevos habitantes es una respuesta sistemática al entorno construido. Es común que, a los pocos años, y a pesar de las ampliaciones, no se pueda evitar la congestión y aparezca una de esas obviedades que se escuchan como soluciones al problema: es importante que se utilicen medios “alternativos” como el transporte público y la bicicleta para evitar la congestión que estamos experimentando en tal sector.

Pero esas invitaciones ya no tienen sentido. Las pendientes en las que se ubican estos nuevos desarrollos hacen muy difícil que haya sistemas de transporte de media o alta capacidad y las pocas rutas de buses que pasan por allí, son completamente insuficientes para atender la demanda; en la Loma de Las Brujas, por ejemplo, un bus para diecinueve pasajeros pasa cada quince o veinte minutos y han llegado a la zona más de 25 000 nuevos habitantes. Por otro lado, las distancias (y de nuevo las pendientes) hacen poco probable la decisión de usar la bicicleta o de caminar. Ese problema de movilidad, en realidad fue un problema de planificación y de gestión territorial.

La mala práctica de asumir el uso de vehículos particulares como condicionante de los desarrollos urbanos y aspectos como el de las Vías Obligadas, son factores tan arraigados que, en La Aguacatala, un barrio al sur de Medellín y con una estación de metro que espera tener transferencia a la Línea 3 de buses, al tranvía de La 80 y al ferrocarril regional y está servido por dos avenidas con una de las mayores ofertas de rutas de buses y a un kilómetro de ciclorrutas que llegan al centro de la ciudad, los planes parciales están diseñados para atender “la demanda vehicular proyectada” y no para resolver los viajes en el entorno cercano y conectados a la amplia oferta pública que habrá en el sector.

Una alternativa probada de muchas formas es la de anticiparse a estas consecuencias y ver el problema al revés. En vez de definir las densidades primero y después tratar de resolver la movilización de los nuevos habitantes, se definen primero las alternativas de transporte y, basados en esos repartos modales más eficientes, se



definen las densidades posibles para cumplir con las metas establecidas por el plan de movilidad. Si se ha definido en dicho plan que mínimo el sesenta por ciento de los viajes deben hacerse en transporte público, colectivo o masivo, la densidad de habitación permitida estará condicionada por la capacidad que tiene el sistema de transporte para atender esos viajes y las condiciones para favorecer los viajes individuales no tendrán cabida.

Lo más difícil de emprender un gran proceso, siempre será la forma en que debe abordarse y por dónde empezar, pero una buena parte de la salida de esta espiral ya ha sido construida, por lo menos en papel, para el valle de Aburrá. Empezar con la aplicación de planes que ya existen y pueden actualizarse y complementarse para incluir nuevos marcos conceptuales y proyectos específicos correspondientes, es un buen punto de partida.

*“El mayor reto de la movilidad, es cómo cambiar el comportamiento”*

*Célia Blauel. Alcadesa delegada para el ambiente. París, Francia.*

## 9.2 Planes que valen cada peso invertido y más

Tres planes esenciales se han desarrollado y publicado en los últimos cinco años en el valle de Aburrá. Cada uno con respuestas contundentes o intenciones que empujan en la dirección correcta para contrarrestar los efectos negativos del sistema de movilidad actual y avanzar en la construcción de un territorio más saludable y sostenible. Dos de ellos han estado guardados desde su presentación pública y el tercero se ha demorado mucho en ser comunicado y no se ha considerado como el plan estratégico de ciudad que realmente es.

### 1. Plan de Movilidad Segura de Medellín 2014-2020, (2014)

Más que el plan definitivo para enfrentar el problema de seguridad vial en la ciudad, este plan es un primer paso para establecer la importancia del tema, lo que lo convierte en un buen insumo para resumirse en forma de política pública, que hasta ahora no se ha construido, y a partir de allí, renovar conceptualmente el contenido e incluir metas proyectos específicos que busquen alcanzar las metas planteadas.

Uno de los asuntos centrales que han quedado por fuera de este plan, es el tipo de estrategia y la ambición con la que se pretende resolver la problemática, cuando se plantea la reducción de muertes en las vías, no se puede desconocer, por ejemplo, la eficacia que mostrado una política de visión cero bien aplicada. Un plan de seguridad vial, que pretenda mantener el privilegio de vehículos motorizado y no pueda intervenir físicamente las calles, no logrará sus objetivos.

Este plan debe permitir a la secretaría de movilidad definir los diseños específicos de las secciones viales, desde los anchos de carriles y los radios de curvatura, hasta las distancias entre semáforos y otros pasos a nivel. Con ejemplos como el de Nueva York, que decidió dejar a un lado los modelos de tránsito para orientarse por las necesidades de los peatones y los ciclistas, se podría llegar rápidamente a una tasa de tres muertes por 100 000 habitantes, hasta cuatro veces menor a los doce que ha promediado Medellín en los últimos años.

Con una política de visión cero, que implique y permita cambios estructurales en la gestión del espacio público, Medellín podría pasar de más de trescientas muertes a menos de cien en pocos años (incluso en un período de gobierno) y en ese punto revisar de nuevo las estrategias para enfocarse en las causas persistentes. Estas son metas que cualquier funcionario quisiera alcanzar, y son posibles aplicando los mecanismos adecuados.

En una charla ofrecida por un ex secretario de movilidad de la ciudad, se conoció que, en algunos ejercicios de la secretaría para estimar los costos de los incidentes viales, la cifra pasaba de un billón de pesos al año. En estos ejercicios, se valoran desde los años productivos perdidos, pasando por los costos del sistema de salud, hasta las demoras ocasionadas por una colisión. Como los factores son tan diversos, las cifras varían en función de la metodología aplicada, asuntos como la definición y homologación de estas mediciones deben ser parte de un nuevo plan de seguridad vial para la ciudad y para el área metropolitana.

## 2. Plan Maestro Metropolitano de la Bicicleta del Valle de Aburrá 2030, (2015)

La bicicleta se ha hecho más popular en las campañas y planes de gobierno que en las calles debido a que las buenas intenciones no se han reunido con las buenas prácticas. En cuestión de ciclismo urbano es mucho lo que se puede hacer sin mencionar siquiera la palabra bicicleta, pues deben ser las calles de la ciudad y no las pautas radiales, las que inviten a cada persona a pedalear de manera cotidiana.

El PMB 2030, es un instrumento realmente valioso que ha sido “bloqueado” por el modelo de desarrollo implícito de la ciudad debido a normas, generales y específicas, de la gestión territorial. Para poder avanzar con las propuestas del plan, es necesario evaluar dichas normas y elevarlo a los planes de ordenamiento territorial para que sea vinculante. En este plan se explican dos aspectos centrales de la inclusión de ciclismo urbano como parte central de la movilidad y no como una movilidad “alternativa”: la primera es que plantean escenarios en los que, para el año 2030, se alcance un diez por ciento de los viajes en bicicleta y la segunda es que se propone la infraestructura para que ese número de viajes sea posible.

En el primer planteamiento que ofrece escenarios de corto (2020), mediano (2025) y largo plazo (2030), se establece una proporción de viajes que aumenta del 0,7 (2015) al cinco, al ocho y finalmente al diez por ciento. La primera meta (del cinco por ciento) ya se incumplió y seguramente se debe a que el segundo planteamiento, el de la infraestructura, no ha tenido avances.

Una mejora que puede presentarse para este plan es la forma en que espera redistribuir los viajes, pues en su momento pretendía captar más viajes del sistema metro que del carro o la moto por separado, estimando, en general, una migración del 4,5 por ciento de los viajes de transporte público y un 5,1 por ciento de los viajes de transporte particular hacia la bicicleta. Pero los viajes del transporte público no deben trasladarse sino integrarse con la bicicleta y allí es que se hace más relevante el segundo planteamiento del PMB 2030.

Con respecto a la infraestructura necesaria para alcanzar y acomodar un diez por ciento de los viajes en bicicleta, solo hacen falta detalles de diseño y especificaciones técnicas principalmente en la tipología de carriles y en solución de las intersecciones, pues la red de 230 kilómetros para Medellín y 440 en total para el área metropolitana, tiene una excelente cobertura como lo muestra la siguiente figura.

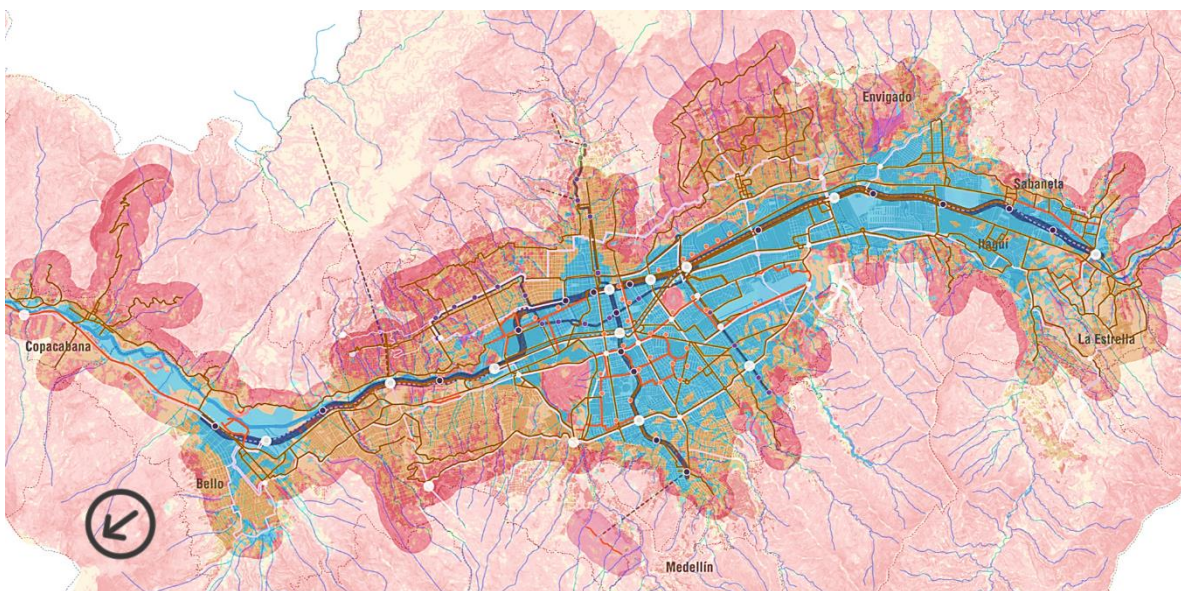


Figura 78. Cobertura potencial de la red del PMB2030. Fuente: (urbam EAFIT & Metro de Medellín, 2016).

### 3. Plan Rector de Expansión del Metro de Medellín 2035, (2015-2019)

Con un trabajo que empezó en 2015 para evaluar la factibilidad y pertinencia de diferentes corredores de transporte público masivo y se complementó en 2017 con ejercicios rigurosos sobre las externalidades asociadas a la falta de dichos corredores, el Plan Rector de Expansión del Metro de Medellín, representa no solo el plan de la empresa de transporte, sino uno de los planes estratégicos metropolitanos más relevantes de en la actualidad. La siguiente figura muestra la distribución de los dieciséis corredores, siendo la continuidad longitudinal y los viajes de media ladera los que mayor importancia demuestran.

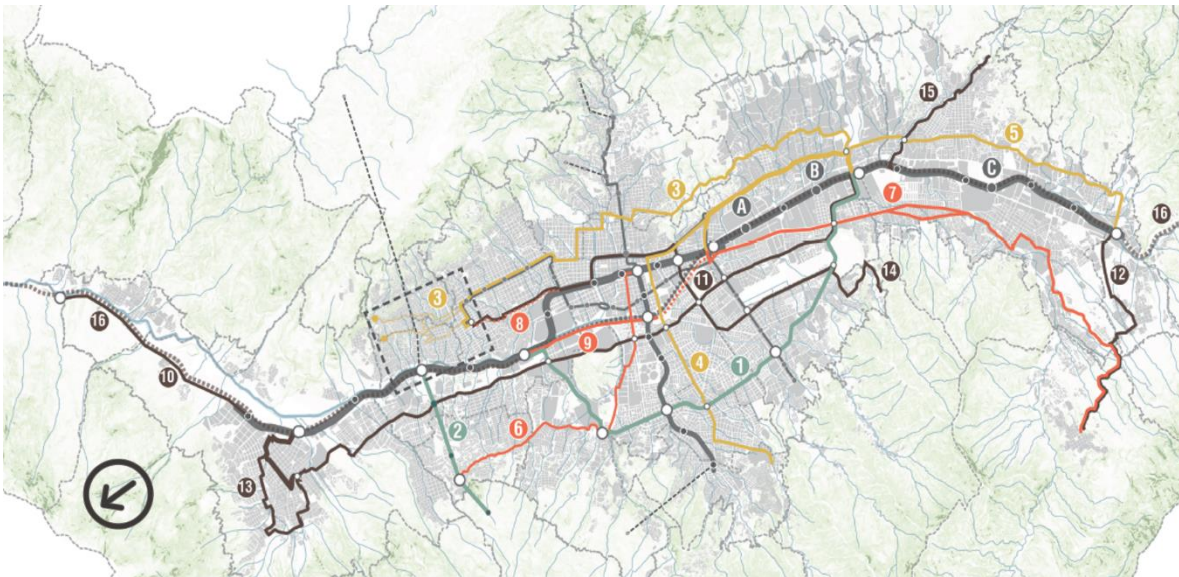


Figura 79. Los corredores metro propuestos. Fuente: (urbam EAFIT & Metro de Medellín, 2016).

El plan se fija cuatro plazos para la implementación de los corredores propuestos como se describe a continuación siguiendo este patrón: año; nombre o descripción de los corredores, viajes diarios potenciales. 2019; la 80, 120 000 viajes potenciales y Cable Picacho, 40 000. 2023; la 34 y conexión nororiental, 210 000, San Juan, 120 000 y Avenida El Poblado 65 000. 2027; San Germán, 90 000, Guayabal, 120 000, Cierre Línea 1 de buses – Parque Aranjuez, 130 000 y Línea F de Metro, 120 000. 2035; Extensión Bello – Copacabana, 45 000, La 65, 140 000, San Antonio de Prado – La Estrella, 40 000, Quebrada La García 55 000, Loma Los Bernal – Aranjuez, 80 000 y La Ayurá, 20 000. El último corredor (el número dieciséis), corresponde al sistema férreo multipropósito.

Las cifras iniciales que tendrían que ser respaldadas por estudios a los que el autor no ha tenido acceso, pero han sido presentadas en público, hablan de un costo total de quince billones de pesos para los corredores planteados. Así mismo, los costos sociales y ambientales por la falta de estos corredores se estiman en dos billones de pesos al año. Solo por conceptos de calidad urbana y salud pública, se podría recuperar la inversión en unos ocho o diez años y eso plantea una gran oportunidad para que la región priorice la materialización de este plan.

La razón por la que, en ciudades como Portland, Boston, Seúl, o Río de Janeiro se han derribado gigantescas autopistas en las últimas décadas, no es porque se vean más lindos los parques que las reemplazan, sino por los sobrecostos que plantea para una ciudad mantener un alto nivel de viajes motorizados debido a la congestión, la contaminación y la falta de espacios públicos de calidad para el esparcimiento. Ese razonamiento que ha hecho posible grandes cambios en diferentes países es relevante en el contexto actual del valle de Aburrá, donde se cobran altas cuotas de impuestos (valorización) para seguir construyendo autopistas no han logrado avances en términos de congestión.

Los tres planes mencionados resumen e integran varios de los puntos que han sido abordados en esta investigación, pero lo que resulta más relevante es el carácter complementario que tienen entre sí. De manera integrada pueden funcionar mejor que cada uno por separado, de hecho, los avances que se presenten en alguno de ellos van a tener efectos sobre los otros dos. Por ejemplo, al mejorar la seguridad vial de forma integral se puede aumentar el número de ciclistas, al aumentar el número de ciclistas puede reducirse la congestión de algunas avenidas y será más fácil restringir la circulación vehicular para mejorar las condiciones del transporte colectivo, que al ser más eficiente tendrá mayor demanda y seguirá reduciendo la congestión y la contaminación haciendo que las calles sean espacios más agradables y seguros para transitar caminando o en bicicleta que al integrarse mejor a los nuevos corredores del sistema metro justificarán las ampliaciones necesarias.

### 9.3 Calculadora de eficiencia multicriterio

Estos planes han sido evaluados con una calculadora de eficiencia diseñada por el autor para ver posibles efectos de diferentes escenarios en la configuración del transporte del valle de Aburrá. Esa herramienta corresponde a otro ejercicio que no se explica en esta investigación, pero algunos resultados que son valiosos para la discusión de esta sección y tienen que ver con la ocupación del espacio y las emisiones se presentan a continuación.

Lo primero que se hizo para evaluar el posible impacto de los planes, fue proyectar, en función de la población y con la base de las cuatro encuestas origen destino anteriores, la cantidad de viajes que posiblemente se presenten en el valle de Aburrá para los años en los que se han planteado los hitos de ambos planes. Esta etapa de proyección se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 13. Proyección de la migración de viajes al sistema metro y la bicicleta

Año	Población proyectada	Viajes proyectados	Viajes por habitante	Viajes potenciales	Modos disponibles	Captación de viajes
2000	2 862 466	3 841 950	1,34			
2005	3 125 842	4 875 000	1,56			
2012	3 459 595	5 614 292	1,62			
2017	3 893 694	6 131 727	1,57			
2019	4 016 045	6 649 162	1,66	160 000	Metro, Tranvía	2%
2020	4 064 369	6 907 880	1,70	345 394	Bicicleta	5%
2023	4 199 114	7 166 597	1,71	330 000	Metro, BRT	5%
2025	4 287 616	7 425 315	1,73	594 025	Bicicleta	8%
2027	4 372 607	7 684 032	1,76	525 000	Metro, Tranvía, BRT	7%
2030	4 492 418	8 201 467	1,83	820 147	Bicicleta	10%
2035	4 667 007	8 718 902	1,87	380 000	Metro, Tranvía, BRT	4%

Fuente: Elaboración propia con base en (urbam EAFIT & Metro de Medellín, 2016) (AMVA, 2015)

Los viajes potenciales fueron evaluados por urbam EAFIT y Metro de Medellín (2016) en función del reparto modal del 2012-2015 considerando una zona de influencia de cuatrocientos metros para cada corredor propuesto.

La situación ideal, en la que se implementa cada plan en los tiempos estimados, muestra una capacidad de captación del veintiocho por ciento de viajes sobre el porcentaje que ya contaban los cuatro modos descritos. Los viajes captados por la bicicleta (que se muestran en gris en la tabla 13) son progresivos, por lo que el total no es la suma, sino el último valor, los del metro, por su parte, sí se acumulan porque corresponden a líneas nuevas.

Un panorama de implementación total de estos dos planes representa reducciones considerables en la demanda del espacio vial, el consumo energético y las emisiones asociadas. La figura 80 muestra una posible redistribución de los modos a 2035.

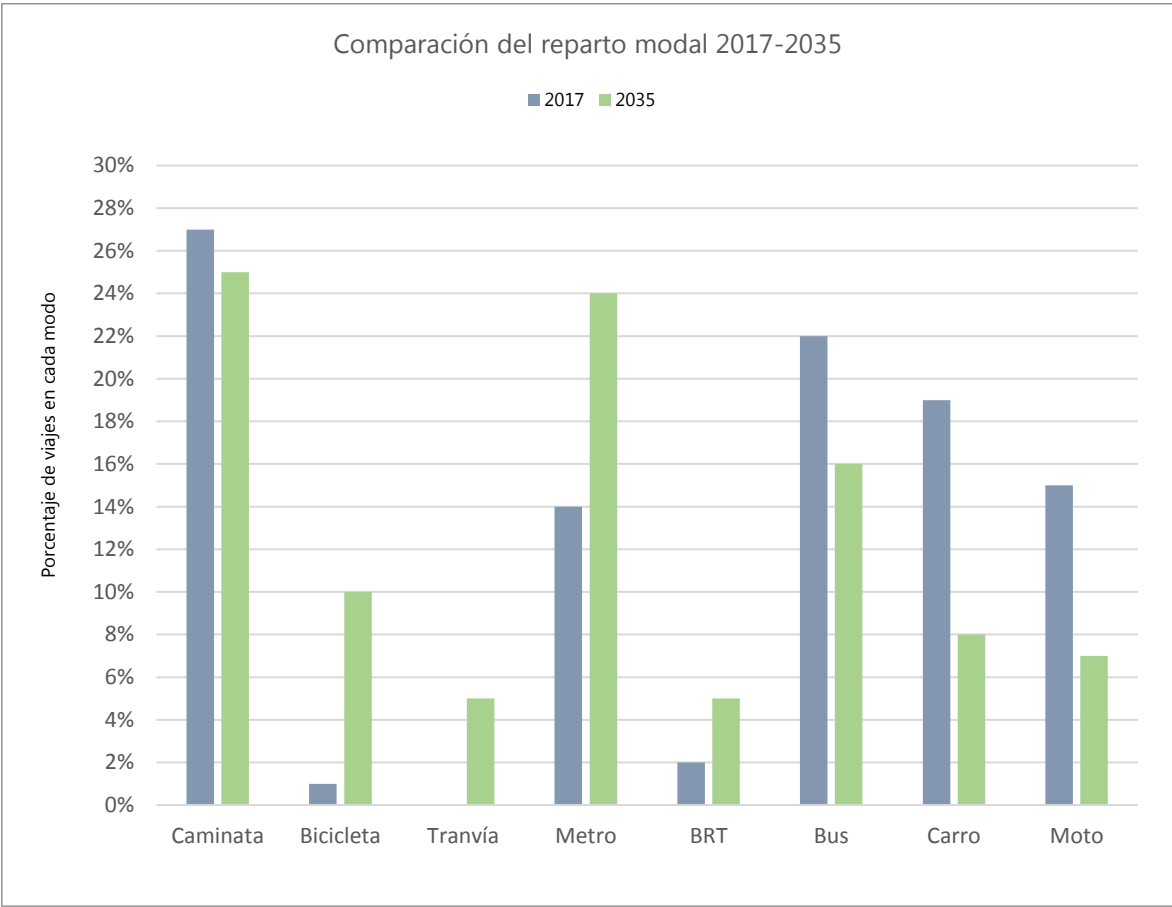


Figura 80. Reparto modal potencial con implementación de planes. Fuente: Elaboración propia.

Los repartos modales para 2035 han sido calculados con una redistribución automática de la forma más eficiente que ha encontrado la operación combinada mediante la calculadora de eficiencia ya mencionada que se muestra en la siguiente sección.



En las tablas 14 y 15 se pueden ver las diferencias que produce ese cambio de repartos modales.

Tabla 14. Calculadora de eficiencia multicriterio en el escenario 2017

Modo	Caminata	Bicicleta	Tranvía	Metro	BRT	Bus	Carro	Moto	Movilidad	Unidades
<b>AMVA Actual</b>	27%	1%	0%	14%	2%	22%	19%	15%	100%	
<b>Demanda espacial</b>	1	5	3	1	5	10	60	20	<b>17,2</b>	m <sup>2</sup> /hab
<b>Consumo energético</b>	0,16	0,06	0,25	0,35	0,58	0,58	3,00	1,00	<b>0,95</b>	MJ/km-hab
<b>Emisión GEI</b>	0,00000	0,00000	0,00010	0,00010	0,00061	0,00133	0,00995	0,00185	<b>2,49</b>	gr. CO <sub>2</sub> /km-hab
<b>Emisión MP</b>	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00455	0,01074	0,00409	<b>3,66</b>	gr. MP/km-hab

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15. Calculadora de eficiencia multicriterio en el escenario 2035

Modo	Caminata	Bicicleta	Tranvía	Metro	BRT	Bus	Carro	Moto	Movilidad	Unidades
<b>Metro 2035</b>	25%	10%	5%	24%	5%	16%	8%	7%	100%	
<b>Demanda espacial</b>	1	5	3	1	5	10	60	20	<b>9,2</b>	m <sup>2</sup> /hab
<b>Consumo energético</b>	0,16	0,06	0,25	0,35	0,58	0,58	3,00	1,00	<b>0,57</b>	MJ/km-hab
<b>Emisión GEI</b>	0,00000	0,00000	0,00010	0,00010	0,00061	0,00133	0,00995	0,00185	<b>1,20</b>	gr. CO <sub>2</sub> /km-hab
<b>Emisión MP</b>	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00455	0,01074	0,00409	<b>1,87</b>	gr. MP/km-hab

Fuente: Elaboración propia.

Las cifras son alentadoras al demostrar que un verdadero cambio sí es posible y empieza por redestinar el presupuesto del transporte para hacer realidad los planes de mayor relevancia. El resultado se podría estimar en la reducción de un 47 por ciento del espacio requerido por persona actualmente para los desplazamientos cotidianos y una reducción de las emisiones de material particulado en la misma proporción.

## 9.4 El espacio vial, un límite casi agotado

Aunque no sean herramientas homologadas ni modelos de gran alcance, estos ejercicios con operaciones sencillas en hojas de cálculo que se programan para definir automáticamente la repartición modal más eficiente posible en cada cambio, permiten ver de forma aproximada los diferentes escenarios con la información disponible. En los resultados, se pueden ver dos cosas.

Primero la diferencia entre invertir para aumentar los viajes entre la bicicleta y el sistema metro, que reporta una mejora del veinte por ciento, pasando de 17,2 metros cuadrados por habitante a 13,8, mientras aumentar esa misma proporción para los carros, reporta una desmejora del sesenta por ciento, es decir, un ochenta por ciento de diferencia entre ambos enfoques. Y segundo, el poco aporte en términos de la reducción del espacio requerido que ofrecen las motocicletas, pues incluso al aumentar su participación en un treinta por ciento, la eficiencia espacial solo disminuye y el efecto de tener más motos en la calle, contrario a lo que se puede suponer no es considerable en términos de espacio.

Tabla 16. Calculadora de eficiencia espacial en el escenario 2017

Módulo modificado	Módulo inicial	Reparto modificado	Reparto inicial	Incremento en el modo	Modo	Unidad módulo
1	1	0,27	0,27		Caminata	m <sup>2</sup> /hab
5	5	0,01	0,01		Bicicleta	m <sup>2</sup> /hab
3	3	0,00	0,00		Tranvía	m <sup>2</sup> /hab
1	1	0,14	0,14		Metro	m <sup>2</sup> /hab
5	5	0,02	0,02		BRT	m <sup>2</sup> /hab
10	10	0,22	0,22		Bus	m <sup>2</sup> /hab
60	60	0,19	0,19		Carro	m <sup>2</sup> /hab
20	20	0,15	0,15		Moto	m <sup>2</sup> /hab
<b>17,2</b>	<b>17,2</b>	1,00	1,00	0,00	Movilidad General	m <sup>2</sup> /hab
0,0%	Mejora					

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17. Calculadora de eficiencia espacial en el escenario PMB2030

Módulo modificado	Módulo inicial	Reparto modificado	Reparto inicial	Incremento en el modo	Modo	Unidad módulo
1	1	0,24	0,27		Caminata	m <sup>2</sup> /hab
5	5	0,11	0,01	0,10	Bicicleta	m <sup>2</sup> /hab
3	3	0,00	0,00		Tranvía	m <sup>2</sup> /hab
1	1	0,13	0,14		Metro	m <sup>2</sup> /hab
5	5	0,02	0,02		BRT	m <sup>2</sup> /hab
10	10	0,20	0,22		Bus	m <sup>2</sup> /hab
60	60	0,17	0,19		Carro	m <sup>2</sup> /hab
20	20	0,13	0,15		Moto	m <sup>2</sup> /hab
<b>15,9</b>	<b>17,2</b>	1,00	1,00	0,10	Movilidad General	m <sup>2</sup> /hab
<b>7,2%</b>	<b>Mejora</b>					

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18. Calculadora de eficiencia espacial con un veinte por ciento de aumento entre el sistema metro y la bicicleta

Módulo modificado	Módulo inicial	Reparto modificado	Reparto inicial	Incremento en el modo	Modo	Unidad módulo
1	1	0,20	0,27		Caminata	m <sup>2</sup> /hab
5	5	0,11	0,01	0,10	Bicicleta	m <sup>2</sup> /hab
3	3	0,03	0,00	0,03	Tranvía	m <sup>2</sup> /hab
1	1	0,19	0,14	0,05	Metro	m <sup>2</sup> /hab
5	5	0,04	0,02	0,02	BRT	m <sup>2</sup> /hab
10	10	0,17	0,22		Bus	m <sup>2</sup> /hab
60	60	0,14	0,19		Carro	m <sup>2</sup> /hab
20	20	0,11	0,15		Moto	m <sup>2</sup> /hab
<b>13,8</b>	<b>17,2</b>	1,00	1,00	0,20	Movilidad General	m <sup>2</sup> /hab
<b>19,4%</b>	<b>Mejora</b>					

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19. Calculadora de eficiencia espacial con un veinte por ciento de aumento en el uso del carro

Módulo modificado	Módulo inicial	Reparto modificado	Reparto inicial	Incremento en el modo	Modo	Unidad módulo
1	1	0,20	0,27		Caminata	m <sup>2</sup> /hab
5	5	0,01	0,01		Bicicleta	m <sup>2</sup> /hab
3	3	0,00	0,00		Tranvía	m <sup>2</sup> /hab
1	1	0,11	0,14		Metro	m <sup>2</sup> /hab
5	5	0,02	0,02		BRT	m <sup>2</sup> /hab
10	10	0,17	0,22		Bus	m <sup>2</sup> /hab
60	60	0,39	0,19	0,20	Carro	m <sup>2</sup> /hab
20	20	0,11	0,15		Moto	m <sup>2</sup> /hab
<b>27,7</b>	<b>17,2</b>	1,00	1,00	0,20	Movilidad General	m <sup>2</sup> /hab
<b>-61,6%</b>	<b>Mejora</b>					

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20. Calculadora de eficiencia espacial con un treinta por ciento de aumento en el uso de la moto

Módulo modificado	Módulo inicial	Reparto modificado	Reparto inicial	Incremento en el modo	Modo	Unidad módulo
1	1	0,17	0,27		Caminata	m <sup>2</sup> /hab
5	5	0,01	0,01		Bicicleta	m <sup>2</sup> /hab
3	3	0,00	0,00		Tranvía	m <sup>2</sup> /hab
1	1	0,09	0,14		Metro	m <sup>2</sup> /hab
5	5	0,01	0,02		BRT	m <sup>2</sup> /hab
10	10	0,14	0,22		Bus	m <sup>2</sup> /hab
60	60	0,12	0,19		Carro	m <sup>2</sup> /hab
20	20	0,45	0,15	0,30	Moto	m <sup>2</sup> /hab
<b>18,2</b>	<b>17,2</b>	1,00	1,00	0,30	Movilidad General	m <sup>2</sup> /hab
<b>-5,8%</b>	<b>Mejora</b>					

Fuente: Elaboración propia.

## 10. Discusión final

De acuerdo con la revisión que fue posible en función de la información disponible libremente, se puede decir que el primer obstáculo para un amplio manejo de los temas más relevantes en cuanto a movilidad, calidad de vida y salud pública se refiere, es la falta de datos y de estándares para mantener indicadores de mediano y largo plazo, no solo en asuntos correspondientes al transporte sino en todos los objetos de administración pública en la ciudad. Medellín cuenta con pocos observatorios para pocos temas, y algunos de ellos, como el de la secretaría de movilidad, son tan recientes que todavía no permiten hacer análisis evolutivos ni medir avances.

La consolidación de observatorios robustos, que no dependan de los períodos de gobierno y tengan continuidad no solo en la serie de datos recopilados, sino en la formación y estudio de los temas que tratan es uno de los pilares de la gestión territorial y en Medellín, más que tecnología informática para recoger y modelar los datos, se necesita cambiar el enfoque y la técnica con la que se procesan. Son los fundamentos de la congestión y de la seguridad vial de los funcionarios y asesores los que han estado fallando y no los modelos computarizados que piden más carriles y menos espacio dedicado a peatones y ciclistas. Los modelos solo producen números que son buenos o malos según los parámetros que los humanos les indiquen.

Se pretende, con el contenido de esta investigación, haber dado cumplimiento a los objetivos centrales, que pretendían; primero hacer una revisión del contexto local en cuanto a la movilidad y la salud, segundo aportar a la construcción permanente del conocimiento sobre la estrecha relación de estos dos temas y tercero identificar algunas de las relaciones más importantes o de mayores consecuencias en la zona de estudio.

Si se quiere consolidar un sistema de movilidad que sea sostenible, hace falta trabajar en dos bases muy importantes como son la recolección y publicación de datos confiables y permanentes y la construcción de nuevos indicadores que muestren de

manera permanente los efectos de las condiciones del transporte sobre la calidad de vida y la salud pública, pues la sostenibilidad, más que un conjunto de innovaciones se trata de la supervivencia. Por eso es por lo que, en un sistema de movilidad sostenible, cuando se analiza un corredor vial, la prioridad es garantizar la vida y no facilitar el flujo vehicular, la mayoría de las veces, estas opciones son excluyentes.

Cuando se hayan establecido con claridad los costos reales que tiene la configuración de la movilidad urbana sobre la ciudad, y se entiendan las relaciones y causalidades, será posible introducir modelos confiables de cobros por congestión, o contaminación y otros tipos de impuestos *pigouvianos*<sup>13</sup> que acerquen cada vez más al territorio a conceptos como el de *Mobility as a Service (MaaS)* para poder gestionar el grado de libertad de una persona al elegir un modo de transporte. De las medidas que se tomen en los próximos cinco años, dependerá el panorama de la ciudad en los próximos veinte o treinta y los cambios extremos, son posibles, para bien o para mal.

Aunque su posición como causa de muertes directas haya estado en descenso, la mala configuración de las calles urbanas, el diseño inadecuado de los diferentes tipos de espacio público para la circulación y la falta de accesibilidad, no pueden entenderse como responsables solo de las lesiones, discapacidades y muertes relacionadas con las colisiones, las caídas y los atropellamientos que ocurren cada día. Es demostrable, desde diferentes técnicas de análisis, como se insinuó en varios fragmentos de esta investigación, que los efectos indirectos de la inseguridad vial y el riesgo asociado a transitar por la ciudad son mucho mayores que los efectos directos, pues al no garantizar un entorno seguro, digno y conveniente, se normaliza el uso de vehículos particulares y empieza el ciclo de insostenibilidad asociado al transporte que ya se ha explicado.

---

<sup>13</sup> Impuesto que corrige las externalidades negativas que no han sido incluidas en el costo real de un producto disponible en el mercado (Mayeres & Proost, 1996). En el caso de la movilidad, el producto se puede entender como la cantidad de desplazamiento realizado y variables como la forma de efectuar ese desplazamiento, el motivo para realizarlo, la hora, o el tipo de origen y destino que ha implicado dicho desplazamiento. Cada combinación representa un costo diferente para el sistema urbano y en esa medida debe ser asumido por el usuario.

Así que, se puede explicar que las muertes por cáncer de pulmón, que se deben a la contaminación del aire, que se contamina por el transporte, se hayan originado en la ausencia de la infraestructura adecuada para que, en primer lugar, se pudieran evitar esos viajes motorizados contaminantes. En ese sentido es la falta de andenes y ciclorrutas generosas y no el estrechamiento de los carriles vehiculares para acomodarlas, lo que puede matar a alguien de un infarto.

Con respecto a la contaminación atmosférica que ha sido tan mediática en los últimos cuatro años, es preocupante que, en vez de utilizar el principio de precaución, los esfuerzos se hayan dedicado a mantener una imagen favorable. Esto más que una crítica a la administración saliente es un llamado a la responsabilidad de quienes asumen el mando, pues ante grandes crisis solo se puede actuar en consecuencia. En este aspecto es problemática la consolidación de las cifras, pues éstas terminan de reportarse algunos años después de los períodos de las administraciones locales. Actualmente, por ejemplo, los datos más recientes corresponden al 2015.

Finalmente por obvias que parezcan las salidas a los problemas actuales que enfrenta la movilidad metropolitana, es bueno plantear algunas ideas al respecto: primero, hay que aclarar bien cuáles son los problemas que se quieren resolver y cuál es la escala en la que se están presentando, segundo, identificar las posibles soluciones solo es una de las partes, pues es común escuchar discursos sobre priorizar el transporte público, construir una ciudad compacta o favorecer los viajes en bicicleta, pero es poco común que se explique claramente cómo se pretende y bajo qué parámetros se va a medir ese avance (para eso sirven ejercicios como el presentado en esta investigación) y tercero una dinámica que hay que romper y por la que muchas de las buenas intenciones en movilidad fracasan, es la normativa urbanística obsoleta y el control mayoritario que ostentan las secretarías de planeación, en Medellín y en los demás municipios.

Si los funcionarios que tienen buenas ideas encuentran que las normas establecidas no permiten la implementación de nuevos procesos, deben enfocarse en entender los mecanismos para discutir y debatir esas normas, pues para empezar, han sido las reglas de operación que han dejado a la ciudad en la situación actual, así que

intentarlo diferente no va a ser tan grave como seguir haciendo lo mismo, y además si se ha establecido que el “juego” cambió y que Medellín y el valle de Aburrá se la juegan por la biodiversidad y por la recuperación de los espacios públicos de calidad, las reglas del juego también deben cambiar.

La actualización y aplicación del plan de movilidad segura para Medellín y el área metropolitana basado en principios de la visión cero y adaptado al contexto actual que implica un enfoque especial en la motocicleta, podría reportar una reducción excepcional en el número de muertes en los incidentes viales. alcanzar los niveles de ciudades que ya operan bajo estas políticas es posible y bajar de las cien muertes en incidentes viales en la ciudad, es una meta realista para los próximos cinco años.

Por su parte la implementación de los planes de la bicicleta y del metro, podría reducir a la mitad tanto la demanda del espacio dedicado a la movilidad como las emisiones, y se esperaría que, en esa medida, las muertes asociadas a la mala calidad del aire también se reduzcan. Utilizar nuevas herramientas, así como nuevos métodos de análisis para enfrentar el problema de la movilidad urbana en el valle de Aburrá, puede ser útil para dejar de repetir los mismos errores y obtener los mismos resultados que se han normalizado por más de una década en la región.



## Referencias

- Alcaldía de Medellín & Unidad municipal de atención y reparación a víctimas. (2014). *Desplazamiento Forzado y Desplazamiento Forzado Intraurbano: Contexto y dinámica en Medellín durante el 2014*. Secretaría de gobierno y derechos humanos, Unidad municipal de atención y reparación a víctimas. Medellín: Alcaldía de Medellín.
- Alcaldía de Medellín. (2010). *Medellín en cifras número 1*. Alcaldía de Medellín, Departamento administrativo de planeación, Medellín.
- Alcaldía de Medellín. (2017). *Cifras para Vos*. Departamento Administrativo de Planeación, Medellín.
- Alcaldía de Medellín. (2017). *Medellín en 100*. Medellín, Colombia.
- Alcaldía de Medellín. (2019). *Indicadores de calidad de vida*. Recuperado el 11 de 2019, de Alcaldía de Medellín:  
<https://www.medellin.gov.co/irj/portal/medellin?NavigationTarget=navurl://b229a4464c054b527d4810857f0cf716>
- AMVA & Consorcio de Movilidad Regional. (2009). *Plan Maestro de Movilidad*. Medellín: Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA).
- AMVA. (2000). *Encuesta Origen Destino*. Medellín: Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA).
- AMVA. (2005). *Encuesta Origen Destino*. Medellín: Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA).
- AMVA. (2012). *Encuesta Origen Destino*. Medellín: Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA).
- AMVA. (2015). *Plan Maestro Metropolitano de la Bicicleta del Valle de Aburrá (PMB2030)*. Medellín: Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA).
- AMVA. (2017). *Encuesta Origen Destino*. Medellín: Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA).
- AMVA. (2017). *GDB PEMOT*. Medellín: Área Metropolitana del Valle de Aburrá.
- ANDI & Fenalco. (2016). *Informe del sector automotor a diciembre 2016*. Medellín: Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI), Federación Nacional de Comerciantes (Fenalco).
- Ángel, J. (29 de Agosto de 2019). Taller de construcción colectiva del Plan Maestro de Movilidad de la región metropolitana del valle de Aburrá. (E. Ospina-Sierra, Entrevistador)
- Appleyard, D. (1981). *Livable Streets*. Berkeley, Los Ángeles, Londres: University of California Press.
- Arbeláez, M. P., & Olaya, Á. (s.f.). Para mejorar las condiciones de salud: El quehacer la comunidad científica de la Facultad Nacional de Salud Pública “Héctor Abad Gómez”. *Facultad Nacional de Salud Pública*. Medellín.
- Arcadis. (2017). *Mobility as a Service: Navigating the challenges of a MaaS data sharing future*. Amsterdam: ARCADIS.
- Atlas of Urban Expansion. (25 de Junio de 2014). *The city as a unit of analysis and the universe of cities*. Recuperado el 10 de 2019, de Atlas of Urban Expansion: <http://www.atlasofurbanexpansion.org/>

- Babisch, W. (2005). Noise and Health. *Environmental Health Perspectives*, 113(1), 14-15.
- Banco Mundial. (2018). *Subamos el estándar para ciudades productivas en América Latina y El Caribe*. Washington: Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento, Banco Mundial.
- Banco Mundial. (20 de Julio de 2019). *World Bank Data. Death rate, crude (per 1,000 people)*. Obtenido de Banco Mundial: <https://data.worldbank.org/indicador/sp.dyn.cdrt.in>
- BID. (2016). *Estudios de casos internacionales de ciudades inteligentes: Medellín, Colombia*. Banco Interamericano de Desarrollo, Sector de instituciones para desarrollo. Medellín: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Botero, F. (1996). *Historia del transporte público de Medellín 1890-1990*. Medellín: Secretaría de Educación y Cultura de Medellín.
- Botma, H., & Papendrecht, H. (1991). Traffic Operation of Bicycle Traffic. *Transportation Research Record*, 1320(1), 65-72.
- Braubach, M., Egorov, A., Pierpaolo, M., Tanja, W., Ward Thompson, C., & Martuzzi, M. (2017). Effects of Urban Green Space on Environmental Health, Equity and Resilience. *Nature-Based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas. Theory and Practice of Urban Sustainability Transitions*, 187-205.
- Breathe Life. (05 de Marzo de 2019). *Climate & Clean Air Coalition*. Obtenido de Close to half of all deaths by transport air pollution caused by diesel on-road vehicles, says new study: <https://www.ccacoalition.org/en/news/close-half-all-deaths-transport-air-pollution-caused-diesel-road-vehicles-says-new-study>
- Brooks, D. (2012). *The Social Animal. A Story of How Succes Happens*. Barcelona: Ediciones B.
- C40 Cities. (17 de Marzo de 2019). *How to make public transport an attractive option in your city*. Obtenido de C40 Cities: [https://www.c40knowledgehub.org/s/article/How-to-make-public-transport-an-attractive-option-in-your-city?language=en\\_US](https://www.c40knowledgehub.org/s/article/How-to-make-public-transport-an-attractive-option-in-your-city?language=en_US)
- Cabrera, G. (02 de Noviembre de 2018). *¿Por qué bajaron los accidentes si hay más carros y motos en Medellín?* Obtenido de El Colombiano: <https://www.elcolombiano.com/antioquia/muertes-por-accidentes-de-transito-en-medellin-bajaron-FI9596557>
- Cabrera, G., Velásquez, N., & Espinosa, A. (2017). Epidemiología de incidentes viales en Medellín Colombia 2010-2015. *Facultad Nacional de Salud Pública*, 35(1), 7-15.
- Cadena-Gaitán, C. (2014). *Green politics in Latin American cities: sustainable transport agendas (Doctoral dissertation)*. Maastricht: Maastricht University.
- Cadena-Gaitán, C., & Ospina-Sierra, E. (2019). *Perspectivas de la movilidad urbana en Colombia, 2018-2050. En: Gehring & Pérez (Eds.) Colombia en su ruta, recorriendo el camino hacia 2050, Konrad Adenauer Stiftung. pp. 181-202*. Bogotá: Konrad Adenauer Stiftung (KAS).
- CAF. (2010). *Observatorio de Movilidad Urbana para América Latina*. Caracas: Corporación Andina de Fomento (CAF).
- CAF. (2016). *Observatorio de Movilidad Urbana para América Latina*. Caracas: Corporación Andina de Fomento (CAF).
- Carmelo, C., & Restrepo, L. (2015). *Desarrollo urbano de Medellín alrededor del sistema de transporte masivo METRO*. Trabajo de grado, Escuela de Ingeniería de Antioquia, Medellín.

- Castaño, E. (2010). Evolución de las condiciones de vida en la ciudad de Medellín basados en la encuesta de calidad de vida 2009. *Sociología en sus escenarios*, 21.
- Cervero, R., Murphy, S., Ferrell, C., Goguts, N., Tsai, Y.-H., & Golem, R. (2004). *Transit-oriented development in the United States: Experiences, Challenges, and Prospects*. Washington: Transportation Research Board.
- Chepesiuk, R. (2005). Decibel Hell: The Effects of Living in a Noisy World. *Environ Health Perspectives*, 34-41.
- City of Toronto. (2017). *TORONTO COMPLETE STREETS GUIDELINES. MAKING STREETS FOR PEOPLE, PLACEMAKING AND PROSPERITY*. Toronto: City of Toronto.
- CNST. (2004). *Reducción o aumento del porcentaje de los accidentes mortales ocurridos en Suecia, Suiza y Estados Unidos, debido a los cambios en los límites de velocidad*. Santiago: Comisión Nacional de Seguridad de Tráfico de Chile (CNST).
- CNU Nextgen. (13 de Febrero de 2017). *Residential traffic calming is easy. Let's build more of this #CNU25*. Obtenido de @cnunextgen (CNU NextGen): <https://twitter.com/cnunextgen/media?lang=en>
- Cohen, D. (2015). *Population Trends in Incorporated Places: 2000 to 2013*. U.S. Department of Commerce, U.S. Census Bureau.
- Contraloría General de Medellín. (2013). *Indicadores ambientales Medellín 2013*. Contraloría General de medellín, Medellín.
- Contraloría General de Medellín, UNAL. (2018). *Cuantificación física y económica del impacto de la contaminación atmosférica en salud de la población de la ciudad de Medellín*. Medellín: Contraloría General de Medellín, Universidad Nacional de Colombia (UNAL).
- Corpovisionarios. (2013). *Primer Informe Decenal de Cultura Ciudadana 2003-2013*. Bogotá: Corpovisionarios.
- CTS-Embarq. (2012). *Guía DOTS para comunidades urbanas*. Ciudad de México: CTS México.
- CUP. (2013). *Cable Car Confidential. The Essential guide to cable cars, urban gondolas & cable propelled transit*. Creative Urban Projects (CUP).
- Daily Mail UK. (5 de Septiembre de 2016). *That's one way to stop traffic! Road safety campaign sees topless women carrying speed limit signs at accident hotspots in Russia*. Obtenido de Daily Mail UK: <https://www.dailymail.co.uk/news/article-3774892/That-s-one-way-stop-traffic-Road-safety-campaign-sees-topless-women-carrying-speed-limit-signs-accident-hotspots-Russia.html>
- DANE. (1976). *Medellín en cifras. Ciudad tricentenaria 1675-1975*. Bogotá: Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE).
- DANE. (1998-2017). *Bases de datos de Nacimientos y Defunciones / Defunciones No Fetales*. Bogotá: Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).
- DANE. (2005). *Censo General 2005*. Bogotá: Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).
- DANE. (2017). *Valor agregado por municipio - base 2015*. Bogotá: Departamento administrativo nacional de estadística (DANE).
- DANE. (2018). *Cuentas nacionales departamentales*. Bogotá: Departamento administrativo nacional de estadística (DANE).

- DAP Medellín. (2010). *Indicador cuantitativo de espacio público efectivo*. Departamento administrativo de planeación, Subdirección de planeación territorial. Medellín: Departamento administrativo de planeación (DAP).
- DNP. (2018). *Valoración económica de la degradación ambiental en Colombia. Valoración económica de la contaminación del aire urbano, la contaminación del aire interior y la deficiencia en la cobertura de acueducto y el alcantarillado*. Bogotá: Departamento Nacional de Planeación (DNP).
- Duranton, G., & Turner, M. (06 de Octubre de 2011). The Fundamental Law of Road Congestion: Evidence from US Cities. *AMERICAN ECONOMIC REVIEW*, 2616-2652. Obtenido de <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/aer.101.6.2616>
- Educated Driver. (03 de Diciembre de 2018). *Here's how much you'll spend and how many miles you'll drive commuting in your lifetime (by city)*. Obtenido de Educated Driver: <https://educateddriver.org/cost-of-commuting/>
- El Tiempo. (20 de Agosto de 2006). *¿De quién es la culpa de la sobreoferta de buses? Hay que buscar río arriba, en las normas nacionales que regulan el transporte, las causas de la sobreoferta de buses en Bogotá*. Obtenido de El Tiempo: <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-2144140>
- EPA. (1981). *Noise Effects Handbook*. Washington: Environmental Protection Agency (EPA).
- Eslava, A. (2010). La idea de la justicia al servicio del desarrollo en Amartya Sen. *Coherencia*, 7(13), 245-260.
- FHWA. (24 de Noviembre de 2014). *US DOT, Federal Highway Administration (FHWA)*. Obtenido de Road Diet Informational Guide: [https://safety.fhwa.dot.gov/road\\_diets/guidance/info\\_guide/ch1.cfm](https://safety.fhwa.dot.gov/road_diets/guidance/info_guide/ch1.cfm)
- Fitzpatrick, K., Carlson, P., Brewer, M., & Wooldridge, M. (2000). Design Factors That Affect Drivers Speeds. *Transportations Research Record*, 18-25.
- Forensis. (1999-2018). *Datos para la vida. Herramienta para la interpretación, intervención y prevención de lesiones de causa externa en Colombia*. Bogotá: Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses (Forensis).
- Foro Económico Mundial. (22 de Mayo de 2017). *These are the world's most crowded cities*. Recuperado el 11 de 2019, de Worl Economic Forum: <https://www.weforum.org/agenda/2017/05/these-are-the-world-s-most-crowded-cities/>
- García, F., & Marín, A. (02 de Febrero de 2019). *LA CANTIDAD DE MOTOS SE HA TRIPLICADO. Ir en TM o en moto: ¿qué es más barato?* Obtenido de El Espectador: <https://www.elespectador.com/noticias/bogota/ir-en-tm-o-en-moto-que-es-mas-barato-articulo-837531>
- García, J. C. (25 de Septiembre de 2019). Aplicación de instrumentos de planificación y gestión para el desarrollo territorial. (E. Ospina-Sierra, Entrevistador)
- Gattis, J., & Dumbaugh, E. (2007). Safe Streets, Livable Streets. *Journal of the American Planning Association*, 283-300.
- GEO Medellín. (19 de Octubre de 2019). *Indicadores. Accidentalidad*. Obtenido de GEO Medellín. Portal Geográfico del Municipio de Medellín: <https://www.medellin.gov.co/geomedellin/servicios.hyg?idAgrupacion=5#openModal>
- Gil Blas, J. (2013). *Por la salud del pueblo: Apuntes a una historia de contexto de la Facultad Nacional de Salud Pública "Héctor Abad Gómez". Patrimonio de la*

- comunidad 1963 - 2013*. Medellín, Colombia: Facultad Nacional de Salud Pública, Universidad de Antioquia.
- GIZ. (2009). *Transportation Demand Management*. Eschborn: The Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH.
- GIZ. (2011). *Urban transportation and Health*. Bonn: The Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH.
- Gobernación de Antioquia. (2017). *Departamento administrativo de planeación gobernación de Antioquia*. Recuperado el 10 de 2019, de Producto Interno Bruto - PIB- en miles de millones de pesos por Subregiones de Antioquia a precios corrientes , años 2013-2017: <http://www.antioquiadatos.gov.co/index.php/10-6-producto-interno-bruto-pib-en-miles-de-millones-de-pesos-por-subregiones-de-antioquia-a-precios-corrientes-anos-2013-2017>
- González, A. (21 de Junio de 2010). Mesa de trabajo sobre medio ambiente en Medellín. (Medellín Cómo Vamos, Entrevistador)
- Griffin, R. M. (04 de Abril de 2019). *10 Health Problems Related to Stress That You Can Fix*. Obtenido de WebMD: <https://www.webmd.com/balance/stress-management/features/10-fixable-stress-related-health-problems#1>
- Harvard School of Public Health. (03 de Julio de 2017). *New Harvard Study: There is No "Safe Level" of Exposure to Smog or Particulate Matter*. Obtenido de Downwinders: <https://www.downwindersatrisk.org/2017/07/new-harvard-study-there-is-no-safe-level-of-exposure-to-smog-or-particulate-matter/>
- Herce Vallejo, M., & Magrinya, F. (2013). *El espacio de la movilidad urbana*. Buenos Aires: Café de las ciudades.
- Hermelin, M. (2007). VALLE DE ABURRÁ: ¿QUO VADIS? *Gestión y Ambiente*, 10(2), 7-16.
- HNTB Companies. (31 de Octubre de 2016). *Benefits of transit oriented development*. Obtenido de TOD.org: <http://www.tod.org/>
- IBGE. (2017). *Síntese de Indicadores Sociais. Tabela 1.4 - Taxa de fecundidade total, taxa bruta de natalidade, taxa bruta de mortalidade, taxa de mortalidade infantil e esperança de vida ao nascer, por sexo, segundo as Grandes Regiões e Unidades da Federação*. Brasilia: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).
- INRIX. (2018). *Global Traffic Scorecard*. Kirkland: INRIX.
- ITDP & UC Davis. (2015). *A Global High Shift Cycling Scenario: The Potential for Dramatically Increasing Bicycle and E-bike Use in Cities Around the World, with Estimated Energy, CO2, and Cost Impacts*. Sacramento: Institute for Transportation & Development Policy, University California, Davis.
- ITDP. (11 de Septiembre de 2018). *China Tackles Climate Change with Electric Buses*. Obtenido de Intitute for Transportation & Policy Development (ITDP): <https://www.itdp.org/2018/09/11/electric-buses-china/>
- Jacobs, J. (1961). *The Death and Life of Great American Cities*. Nueva York: Random House.
- Keegan, M. (12 de Diciembre de 2018). *Shenzhen's silent revolution: world's first fully electric bus fleet quietens Chinese megacity*. Obtenido de The Guardian: <https://www.theguardian.com/cities/2018/dec/12/silence-shenzhen-world-first-electric-bus-fleet>
- Kent, F. (17 de Marzo de 2016). *Proyect fof Public Spaces*. Obtenido de A new guide to balancing mobility and humanity on main street: <https://www.pps.org/>

- Kenyon, S., Lyons, G., & Rafferty, J. (2002). Transport and social exclusion: Investigating the possibility of pro-moting inclusion through virtual mobility. *Journal of Transport Geography*, 10(3), 207-219.
- kfzteile24. (03 de Junio de 2017). *Best and Worst Cities to Drive 2017*. Obtenido de kfzteile24 WIR SIND AUTO: <https://www.kfzteile24.de/best-and-worst-cities-to-drive-usd>
- Kim, J.-P., & Guldmann, J.-M. (2014). Land Use Planning and the Urban Heat Island. *Environment and Planning B Planning and Design*.
- Knoema. (20 de Julio de 2019). *Atlas Mundial de Datos*. Obtenido de Knoema: <https://knoema.es/atlas/Alemania/Berlin/Crude-death-rate>
- La FM. (22 de Octubre de 2018). *Ordenan retirar separadores "solo bus" en Medellín*. Recuperado el 11 de 2019, de La FM: <https://www.lafm.com.co/colombia/juez-de-medellin-ordeno-retirar-separadores-solo-bus-por-alta-accidentalidad>
- Leber, J. (18 de Marzo de 2015). *Why Cities Around The World Are Suddenly Ditching Traffic Lights*. Obtenido de Fast Company: <https://www.fastcompany.com/3042421/street-smarts-2>
- Li, S., Guo, Y., & Williams, G. (2016). Acute Impact of Hourly Ambient Air Pollution on Preterm Birth. *Environmental Health Perspectives*, 124(10), 1623–1629.
- Litman, T. (2010). *Sustainability and Livability: Summary of Definitions, Goals, Objectives and Performance Indicators*. Victoria: Victoria Transport Policy Institute.
- López, F., Nieto, D., & Arias, C. (7 de 2010). Relaciones entre el concepto de movilidad y la ocupación territorial de Medellín. *Revista EIA*(13), 23-37.
- Martinez, E., & Bedoya, J. (2008). Calidad del aire en el valle de Aburrá, Antioquia-Colombia. *Dyna*, 7-15.
- Mayeres, I., & Proost, S. (1996). Congested Roads and General Equilibrium Pigouvian Tax Solutions. *Recent Advances in Spatial Equilibrium Modelling*, 221-242.
- Medellín Cómo Vamos. (2012). *Análisis de la evolución de la calidad Encuesta de Percepción de vida en Medellín, 2008-2011*. Medellín.
- Medellín Cómo Vamos. (2013). *Informe de percepción ciudadana - Movilidad y espacio público*. Medellín: Medellín Cómo Vamos.
- Medellín Cómo Vamos. (2016). *Informe de calidad de vida de Medellín 2012-2015*. Informe, Medellín Cómo Vamos, Medellín.
- Medellín Cómo Vamos. (10 de Abril de 2018). *¿Cómo vamos en servicios públicos en Medellín?* Recuperado el 10 de 2019, de Medellín Cómo Vamos: <https://www.medellincomovamos.org/servicios-publicos-en-medellin/>
- Melosi, M. (14 de Julio de 2010). *The Automobile Shapes The City*. Obtenido de Automobile in American Life and Society: [http://www.autolife.umd.umich.edu/Environment/E\\_Casestudy/E\\_casestudy1.htm](http://www.autolife.umd.umich.edu/Environment/E_Casestudy/E_casestudy1.htm)
- Mercado, A., & Vogt, V. (27 de Abril de 2018). *¿Qué tanto cambió la movilidad en Medellín en 5 años?* Recuperado el 11 de 2019, de El Tiempo: <https://www.eltiempo.com/colombia/medellin/que-tanto-cambio-la-movilidad-en-medellin-en-5-anos-210742>
- Mesa, N., Londoño, D., Insuasty, A., Sánchez, D., Borja, E., Valencia, J. F., . . . Pino, Y. A. (2018). *Víctimas del desarrollo en Medellín : progreso y moradores en disputa*. Medellín: Editorial Kavilando.

- Metro de Medellín. (15 de Septiembre de 2019). *Información general del sistema metro*. Obtenido de Metro de Medellín: <https://www.metrodemedellin.gov.co/viajeconnosotros/mapas>
- Metropolitan Transportation Authority. (2018). *Introduction to Subway Ridership*. Recuperado el 11 de 2019, de Metropolitan Transportation Authority: <http://web.mta.info/nyct/facts/ridership/>
- Min, J., & Min, K. (2018). Night noise exposure and risk of death by suicide in adults living in metropolitan areas. *Depress Anxiety*, 35(9), 876-883.
- Mintransporte. (2015). *Transporte en cifras estadísticas 2015*. Bogotá: Mintransporte.
- MIT & CRA. (2001). *Mobility 2001. World mobility at the end of the twetieth century and its sustainability*. Boston: World Bussiness Council for Sustainable Development.
- Moore, J., & Rincón, D. (2017). Exploring lifestyle, consumption and the ecological footprint of Medellín. *International Life Cycle Conference in Latin America (CILCA)*. Medellín.
- NHTSA. (2019). *2018 Fatal Motor Vehicle Crashes: Overview*. Washington: US DOT, National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA).
- Nieto, J. (15 de Julio de 2019). ¿Por qué en Medellín se depende tanto del vehículo particular? *El Tiempo*.
- Novo Nordisk. (01 de Mayo de 2019). *Cutting obesity would slash number of early deaths*. Obtenido de The Guardian: <https://www.theguardian.com/society/2019/may/01/cutting-obesity-would-slash-number-of-early-deaths-research-finds>
- NYC DOT. (2018). *New York City Mobility Report*. Department of Transportation. Nueva York: New York City Department of Transportation (NYC DOT).
- ODOT. (04 de Febrero de 2007). *Oregon Department of Transportation (ODOT)*. Obtenido de "Bike Bill and Use of Highway Funds": [https://en.wikipedia.org/wiki/Complete\\_streets#cite\\_note-3](https://en.wikipedia.org/wiki/Complete_streets#cite_note-3)
- OICA. (30 de Enero de 2016). *MOTORIZATION RATE 2015 – WORLDWIDE*. Obtenido de International Organization of Motor Vehicle Manufacturers. OICA is the voice speaking on automotive issues in world forums: <http://www.oica.net/world-vehicles-in-use-all-vehicles-2/>
- OMS. (1999). *Guidelines for Community Noise*. Washington: Organización Mundial de la Salud (OMS).
- OMS. (2004). *World report on road traffic injury prevention. Road safety facts: Speed*. Organización Mundial de la Salud (OMS).
- OMS. (03 de Enero de 2006). *Guidelines for Community Noise. Conclusions And Recommendations*. Obtenido de Organización Mundial de la Salud (OMS): <https://www.who.int/docstore/peh/noise/Comnoise6.htm>
- OMS. (12 de Noviembre de 2016). *Ambient air pollution: Health impacts*. Obtenido de Organización Mundial de la Salud (OMS): <https://www.who.int/airpollution/ambient/health-impacts/en/>
- OMS. (2016). *Global Health Observatory (GHO) Data*. Organización Mundial de la Salud (OMS).
- OMS. (2016). *Urban green spaces and health. A review of evidence*. Copenague: Organización Mundial de la Salud (OMS).
- OMS. (07 de Diciembre de 2018). *Road accidents biggest killer of young people - WHO*. Obtenido de BBC News: <https://www.bbc.com/news/world-africa-46486231>

- OMS. (14 de Septiembre de 2019). *Global ambient air pollution. WHO Guideline values (annual mean) PM2.5: 10 µg/m<sup>3</sup>, PM10: 20 µg/m<sup>3</sup>*. Obtenido de Organización Mundial de la Salud (OMS): <http://maps.who.int/airpollution/>
- ONS. (2014). *Commuting and Personal Well-being*. Londres: Office for National Statistics (ONS).
- ONU. (2011). *Global Plan for the Decade of Action on Road Safety 2011-2020*. Organización de la Naciones Unidas (ONU).
- ONU-Hábitat. (2016). *Nueva Agenda Urbana*. Organización de las Naciones Unidas (ONU).
- OPS. (2012). *Health determinants and inequalities*. Organización Panamericana de la Salud (OPS).
- OPS. (14 de Septiembre de 2015). *Road Safety*. Obtenido de Organización panamericana de la Salud (OPS): [https://www.paho.org/hq/index.php?option=com\\_content&view=article&id=12980:road-safety&Itemid=820&lang=es](https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=12980:road-safety&Itemid=820&lang=es)
- Ortiz, J. D. (12 de Abril de 2019). *298 millones de usuarios tuvo el metro en 2018, ¿cuál es su límite?* Obtenido de EL Colombiano: <https://www.elcolombiano.com/antioquia/pasajeros-movilizados-por-el-metro-de-medellin-en-2018-y-congestion-del-sistema-OH10533683>
- Ortiz, J. D. (23 de Abril de 2019). *El Metro se estrena en el negocio inmobiliario: ¿qué pretende?* Obtenido de El Colombiano: <https://www.elcolombiano.com/antioquia/metro-sera-operador-urbano-e-inmobiliario-con-estaciones-del-sistema-MD10576947>
- PNUD. (2016). *Human Development Report 2016: Human development for everyone*. United Nations Development Programme. Nueva York: Organización de las Naciones Unidas (ONU).
- PNUMA. (2011). *Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication - A Synthesis for Policy Makers*. Obtenido de Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA): [www.unep.org/greeneconomy](http://www.unep.org/greeneconomy)
- Portafolio. (20 de Noviembre de 2018). *Muertes por siniestros viales siguen en aumento en el país. Según un informe hecho por la Irtad para la ANSV, Colombia sigue aumentando la tasa de mortalidad, mientras otros países muestran reducciones*. Obtenido de Portafolio: <https://www.portafolio.co/economia/muertes-por-siniestros-viales-siguen-en-aumento-en-el-pais-523586>
- Posada, J., Farbiarz, V., & González, C. (2011). Análisis del “pico y placa” como restricción a la circulación vehicular en Medellín basado en volúmenes vehiculares. *Dyna*, 165(1), 112-121.
- Ranjan, S., & Welle, B. (07 de Diciembre de 2016). *Bigger Isn't Always Better: Narrow Traffic Lanes Make Cities Safer*. Obtenido de World Resources Institute (WRI): <https://www.wri.org/blog/2016/12/bigger-isnt-always-better-narrow-traffic-lanes-make-cities-safer>
- Rivera, M., Blanco, A., Soulier, M., & Hiramatsu, A. (07 de Marzo de 2014). *Ciudades Sostenibles*. Obtenido de Visión Cero: Diseñando calles más seguras en Nueva York: <https://blogs.iadb.org/ciudadessostenibles/2014/03/07/vision-zero-disenando-calles-mas-seguras-en-nueva-york/>
- Rodrigue, J.-P. (2017). *The Geography of Transport Systems*. Nueva York: Routledge.



- RUNT. (2017). *Boletín de prensa 001 de 2017*. Bogotá: Registro Único Nacional de Tránsito (RUNT). Mintransporte.
- Rutter, H., Aldred, R., Walker, I., Boardman, C., & Walker, P. (31 de Mayo de 2018). *Should cyclists be forced to wear helmets?* Obtenido de Youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=RWhMEkMtLy0>
- SA Tomorrow. (03 de Mayo de 2016). *Multimodal, Mixed-Use, High-Capacity Transit Corridor*. Obtenido de City of San Antonio Department of Planning: <https://sacompplan.com/place-types/high-capacity-transit-corridor/>
- Sadik-Khan, J. (2016). *Street Fight. Handbook for an Urban Revolution*. Nueva York: Penguin Random House LLC.
- Salas, C., & Garzón, M. (2013). La noción de calidad de vida y su medición. *CES Salud Pública*, 4(1), 36-46.
- Schipper, L. (1996). *Sustainable Transport: What It is and Wheter It is, abstract od adress of the OECD International Conference, Towards Sustainable Transportation*. Vancouver: OECD.
- Schweikert, A., Chinowsky, P., Espinet, X., & Michael, T. (2014). Climate Change and Infrastructure Impacts: Comparing the Impact on Roads in ten Countries through 2100. *Procedia Engineering*, 78(1), 306-316.
- Secretaría de Gobierno. (10 de Junio de 2017). *Medellín, la más ruidosa del país*. Obtenido de El Colombiano: <http://www.elcolombiano.com/antioquia/medellin-la-ciudad-mas-ruidosa-del-pais-BE6699636>
- Secretaría de Medio Ambiente. (2019). *Urbanismo Ambiental y Calidad del Aire*. Medellín: Alcaldía de Medellín.
- Shoup, D. (2005). *The High Cost of Free Parking*. Nueva York: American Planning Association, Routledge.
- Shoup, D. (2018). *Parking and the City*. Nueva York: Routledge.
- Speck, J. (2012). *Walkable City: how downtown can save America, one step at a time*. New York: North Point Press.
- Speck, J. (2018). *Walkable City Rules: 101 Steps to Making Better Places*. Washington: Island Press.
- Sprawl Report. (13 de Diciembre de 2001). *Public Transit vs. Highways: What Cities are Spending to Improve Our Health*. Obtenido de Sierra Club: <https://vault.sierraclub.org/sprawl/report01/transitvshighways.asp>
- Stevens, S., & Warshofsky, S. (1975). *Sound and Hearing*. Nueva York: Time-Life Books.
- STTM. (2011). *Medellín, la ciudad de la movilidad inteligente. Balance de gestión 2008-2011*. Medellín: Secretaría de Transportes y Tránsito de Medellín (STTM).
- Sunday, C. (12 de Julio de 2017). *Nature's Path*. Obtenido de Woonerf: The Dutch Solution to City Planning: <https://www.naturespath.com/en-us/blog/woonerf-the-dutch-solution-to-city-planning/>
- Supertransporte. (28 de Abril de 2017). *Revisión a los vehículos: 80% incumple gases. Supertransporte reveló panorama preocupante en el valle de Aburrá*. . Obtenido de El Tiempo: <https://www.eltiempo.com/colombia/medellin/revison-a-los-vehiculos-80-incumple-gases-82600>
- TED. (14 de Septiembre de 2013). *Jeff Speck, The Walkable City. TEDCity2.0*. Obtenido de TED Ideas Worth Spreading: [https://www.ted.com/talks/jeff\\_speck\\_the\\_walkable\\_city?language=en](https://www.ted.com/talks/jeff_speck_the_walkable_city?language=en)

- Tellez, J. (06 de Diciembre de 2012). *Ecopetrol entrega diesel con menos azufre para todo el país. Nuevo hito en el mejoramiento de la calidad del aire en el país*. Obtenido de Ecopetrol:  
[https://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/es/!ut/p/z0/04\\_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfIjypNzrfIzU6ySLEzTEhNNUnUNzFMNdU0sLM10E03TjHVTU80szcws09KSLI30C7IdFQEFTKZI/](https://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/es/!ut/p/z0/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfIjypNzrfIzU6ySLEzTEhNNUnUNzFMNdU0sLM10E03TjHVTU80szcws09KSLI30C7IdFQEFTKZI/)
- Toderian, B. (15 de Abril de 2016). *Why adding more road lanes doesn't improve traffic congestion. #InducedDemand v "The Flash."*  
<http://www.planetizen.com/node/53659>. Obtenido de @BrentToderian:  
<https://twitter.com/brenttoderian/status/933464547804905472?lang=en>
- UITP. (19 de Septiembre de 2016). *#PTinfo: Of nearly 300 000 people carried by various #transportation means the share of #Rail is over 60%*. Obtenido de @UITPnews:  
<https://twitter.com/uitpnews/status/777790983178190848>
- UNFCCC. (2015). *United Nations Framework Convention on Climate Change*. Recuperado el 11 de 2019, de Paris Agreement: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>
- UPB & AMVA. (2007; 2013; 2015; 2017). *Inventario de las emisiones atmosféricas del valle de Aburrá*. Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana (UPB), Área Metropolitana del Valle de Aurrá (AMVA).
- urban EAFIT & Metro de Medellín. (2016). *Actualización de los corredores de transporte del Plan Rector de Expansión Metro de Medellín*. Medellín: Universidad EAFIT.
- urban EAFIT. (2018). *Capacidades de soporte urbano-ambientales para el territorio metropolitano del valle de Aburrá*. Medellín, Colombia: Área Metropolitana del Valle de Aburrá.
- UrbiStat. (14 de Febrero de 2019). *Maps, analysis and statistics about the resident population. Region of Zürich*. Obtenido de UrbiStat AdminStat:  
[https://ugeo.urbistat.com/AdminStat/en/ch/demografia/popolazione/zurich/1/2#link\\_note\\_5\\_note](https://ugeo.urbistat.com/AdminStat/en/ch/demografia/popolazione/zurich/1/2#link_note_5_note)
- Vargas, V. (01 de Septiembre de 2015). *¿Hasta cuándo aguantará la capacidad del metro de Medellín?* Obtenido de El Colombiano:  
<https://www.elcolombiano.com/antioquia/movilidad/hasta-cuando-aguantara-la-capacidad-del-metro-de-medellin-XX2642167>
- Weijermars, L., & Van Schagen, F. (2009). *Estimated number of fatalities prevented in 2007 due to various measures that fit in with the Sustainable Safety vision, per category of measures and as opposed to the scenario in which policy and crash and fatality rates would have remained unchanged*.
- Weiss, D., Harbusch, G., & Maurer, B. (2015). *Atlas of the Functional City - CIAM 4 and Comparative Urban Analysis*. Amsterdam: THOTH Publishers.
- Westman, J., & Walters, J. (1981). Noise and Stress: A Comprehensive Approach. *Environmental Health Perspectives*, 41(1), 291-309.
- WRI. (2012). *Seguridad vial en corredores de autobús*. Washington: World Resources Intitute (WRI) - EMBARQ, Bloomberg Philantropies.
- WRI. (2015). *Cities Safer by Design. Guidance and Examples to Promote Traffic Safety*. Washington: World Resources Intitute (WRI) - EMBARQ, Bloomberg Philantropies.
- Xie, J. (12 de Agosto de 2013). *Transit Map of the Day: See the NYC Subway System From Above*. Obtenido de CityLab:

<https://www.citylab.com/transportation/2013/08/transit-map-day-see-nyc-subway-system-above/6504/>

- Yuen, C., & Sweet, M. (2018). Does Roadway Performance Affect Transit Headway Unreliability? Evidence from Mixed-Traffic Transit Corridors in Toronto, Canada. *Transportation Research Record: journal of the Transportation Research Board*, 2672(8), 121-134.
- Zapata, D., Stanley, J., & Stanley, J. (2014). Reducing Social Exclusion in Highly Disadvantaged Districts in Medellín, Colombia, through the Provision of a Cable-Car. *Social Inclusion*, 2(4), 1-13.
- Zubek, J. (1969). *Sensory Deprivation: Fifteen Years of Research*. Nueva York: Appleton-Century-Crofts.

## Anexos

### Listado de figuras

Figura 1. La espiral del auto.....	4
Figura 2. Medellín y su área metropolitana.....	8
Figura 3. Desplazados por obra pública en Medellín.....	11
Figura 4. Espacio público efectivo en Medellín 2006-2009.....	17
Figura 5. Principales avenidas.....	21
Figura 6. Carril “Solo Bus” en Medellín, 2019.....	22
Figura 7. Llenos y vacíos con las redes viales urbanas y rurales.....	26
Figura 8. Manhattan, Estados Unidos. Líneas del subterráneo.....	27
Figura 9. El sistema metro y su integración a la ciudad.....	29
Figura 10. Mapa oficial del SITVA.....	30
Figura 11. Reparto modal del valle de Aburrá 2000-2017.....	35
Figura 12. Congestión en Dubái, Emiratos Árabes.....	40
Figura 13. Congestión en Pekín, China.....	40
Figura 14. Relación entre la velocidad y la accesibilidad en las vías.....	41
Figura 15. Carrera 43a en Medellín, 2018. La funcionalidad del espacio.....	42
Figura 16. Relación entre la velocidad de circulación y la probabilidad de muerte de un peatón atropellado.....	45
Figura 17. Distancias de reacción y de frenado en función de la velocidad.....	47
Figura 18. Delft, Holanda. Ejemplo de una calle tipo <i>Woonerf</i> .....	49
Figura 19. Toronto, Canadá. Una calle con múltiples opciones.....	51
Figura 20. Estrechamiento de calzadas.....	51
Figura 21. Reconfiguración de calzadas en Nueva York, Estados Unidos.....	52
Figura 22. Velocidad promedio entre el centro y el aeropuerto en cien ciudades....	53
Figura 23. Velocidad promedio al interior de 220 ciudades.....	54
Figura 24. Relación entre el flujo y la velocidad de los vehículos.....	55
Figura 25. Habitabilidad de la calle (cantidad de amigos) en función de la cantidad de vehículos en circulación cada día en tres calles de San Francisco, Estados Unidos .....	57
Figura 26. Esquema de un proyecto de <i>TOD</i> .....	66
Figura 27. Sídney, Australia. Renovación del sector junto a las vías férreas.....	67
Figura 28. Sídney, Australia. Consolidación del sector junto a las vías férreas.....	67

Figura 29. Concentración de MP2,5. Promedio anual en el mundo, 2016.....	75
Figura 30. Concentración de MP2,5. Promedio anual en ciudades colombianas, 2016.....	76
Figura 31. Representación del MP10 y del MP2,5.....	78
Figura 32. Representación de los filtros naturales del cuerpo humano.....	78
Figura 33. Resultados generales del índice de movilidad calculado para 2007.....	83
Figura 34. Resultados generales del índice de movilidad calculado para 2014.....	84
Figura 35. Evolución de la tasa de mortalidad a nivel mundial 1960-2017.....	90
Figura 36. Comparativo de la tasa de mortalidad a nivel mundial en 2017.....	91
Figura 37. Perfil de mortalidad en Colombia, Antioquia y Medellín.....	92
Figura 38. Evolución de la tasa de mortalidad en Colombia, Antioquia y Medellín...	93
Figura 39. Perfil de mortalidad en el valle de Aburrá, excepto Medellín.....	94
Figura 40. Captura de pantalla de las tablas 3 a 6 compiladas.....	97
Figura 41. Causas de muerte seleccionadas en Medellín.....	98
Figura 42. Variación en la incidencia de las muertes por enfermedades hipertensivas.....	99
Figura 43. Variación en el número de muertes por enfermedades hipertensivas....	100
Figura 44. Relación entre el número de vehículos y las emisiones totales de MP2,5.....	104
Figura 45. Número de muertes anuales debido a incidentes viales en cada municipio del valle de Aburrá 2004-2017.....	107
Figura 46. Número de muertes anuales debido a incidentes viales en cada municipio del valle de Aburrá, excepto Medellín 2004-2017.....	108
Figura 47. Número de muertes por incidentes viales y tasa de mortalidad en el valle de Aburrá 1999-2018.....	108
Figura 48. Variación en la incidencia de las muertes por incidentes viales.....	109
Figura 49. Captura de pantalla de la herramienta <i>Google Traffic</i> .....	110
Figura 50. Captura de pantalla del cálculo para el ejercicio de velocidad.....	111
Figura 51. Incidentes viales fatales. Carreras 65 y 64c.....	112
Figura 52. Perfil de velocidades de la carrera 65.....	113
Figura 53. Configuración de la carrera 65.....	113
Figura 54. Perfil de velocidades de la carrera 64c.....	114
Figura 55. Configuración de la carrera 64c.....	114
Figura 56. Incidentes viales fatales. Avenidas Guayabal, Las Vegas y El Poblado....	115
Figura 57. Perfil de velocidades de la Avenida Guayabal.....	116
Figura 58. Configuración de la Avenida Guayabal.....	116
Figura 59. Perfil de velocidades de la Avenida Las Vegas.....	117

Figura 60. Configuración de la Avenida Las Vegas.....	117
Figura 61. Perfil de velocidades de la Avenida El Poblado.....	118
Figura 62. Configuración de la Avenida El Poblado.....	118
Figura 63. Incidentes viales fatales. Calle 4 sur.....	119
Figura 64. Configuración del puente Gilberto Echeverri (calle 4 sur).....	120
Figura 65. Configuración de la calle 4 sur.....	120
Figura 66. Relación entre la movilidad activa y la obesidad.....	123
Figura 67. Relación entre el número de carros y la velocidad promedio en Medellín 2005-2018.....	124
Figura 68. Motorización en el valle de Aburrá 1900-2020.....	125
Figura 69. Número de habitantes por vehículo en el valle de Aburrá.....	126
Figura 70. Aumento en los tiempos de viaje según encuestas de percepción.....	127
Figura 71. Tiempo de viaje en función del transporte colectivo y la caminata.....	128
Figura 72. Tiempo de viaje en función del transporte individual.....	128
Figura 73. Distribución horaria de viajes por modo.....	129
Figura 74. Distribución horaria de vehículos por modo.....	129
Figura 75. Capacidad de los diferentes modos de transporte.....	130
Figura 76. Uso de la motocicleta como modo principal de viaje.....	131
Figura 77. Uso del carro como modo principal de viaje.....	131
Figura 78. Cobertura potencial de la red del PMB2030.....	142
Figura 79. Los corredores metro propuestos.....	143
Figura 80. Reparto modal potencial con implementación de planes.....	146

## Listado de tablas

Tabla 1. Variación de las muertes en función de cambios de velocidad.....	46
Tabla 2. Eficiencia de las medidas para la seguridad vial.....	46
Tabla 3. Primeras 10 causas de muerte en Medellín entre 1998 y 2017. Parte 1.....	95
Tabla 4. Primeras 10 causas de muerte en Medellín entre 1998 y 2017. Parte 2.....	96
Tabla 5. Primeras 10 causas de muerte en Medellín entre 1998 y 2017. Parte 3.....	96
Tabla 6. Primeras 10 causas de muerte en Medellín entre 1998 y 2017. Parte 4.....	97
Tabla 7. Flota de vehículos reportada para los inventarios de emisiones atmosféricas.....	102
Tabla 8. Emisiones totales en toneladas de material particulado (MP <sub>2,5</sub> ) al año.....	103
Tabla 9. Emisiones unitarias en gramos de material particulado (MP <sub>2,5</sub> ) por kilómetro recorrido por número de vehículos de cada tipo de vehículo.....	103
Tabla 10. Representación de las principales causas de muerte relacionadas con el aire.....	106
Tabla 11. Cálculo de la vulnerabilidad vial en Medellín.....	121
Tabla 12. Análisis de la vulnerabilidad vial en Medellín.....	122
Tabla 13. Proyección de la migración de viajes al sistema metro y la bicicleta.....	145
Tabla 14. Calculadora de eficiencia multicriterio en el escenario 2017.....	147
Tabla 15. Calculadora de eficiencia multicriterio en el escenario 2035.....	147
Tabla 16. Calculadora de eficiencia espacial en el escenario 2017.....	148
Tabla 17. Calculadora de eficiencia espacial en el escenario PMB2030.....	149
Tabla 18. Calculadora de eficiencia espacial con un veinte por ciento de aumento entre el sistema metro y la bicicleta.....	149
Tabla 19. Calculadora de eficiencia espacial con un veinte por ciento de aumento en el uso del carro.....	150
Tabla 20. Calculadora de eficiencia espacial con un treinta por ciento de aumento en el uso de la moto.....	150

## Autorización del uso de la imagen para la portada

11/14/2019

Gmail - Re: Illustration academic use



Emmanuel Ospina <cusco.diver@gmail.com>

---

### Re: Illustration academic use

1 message

---

Emmanuel Ospina <eospina1@eafit.edu.co>  
To: Karl Jilg <karl@jilg.com>

Wed, Sep 4, 2019 at 7:48 AM

Great, I will credit your work and be happy to use this great art

Nothing commercial at all, just my master degree thesis

Thank you for your kindness

Emmanuel

On Wed, Sep 4, 2019 at 2:30 AM Karl Jilg <karl@jilg.com> wrote:

Hi Emmanuel

it is ok to use the image for this purpose,

I attach a JPG file

but not for commercial purposes

Best regards,

/Karl

Från: Emmanuel Ospina <eospina1@eafit.edu.co>  
Skickat: den 3 september 2019 21:27  
Till: Karl Jilg <karl@jilg.com>  
Ämne: Illustration academic use

Hi there, I'm writing a thesis about urban mobility and quality of life and want to know if (and how) it's possible to use and credit for this illustration on my cover.

Thanks for your answer and clarification

---

2 attachments

image001.jpg  
1K



## Brevísimo recuento del transporte en Medellín

1836	Primera carroza proveniente de Jamaica (Juan Uribe Mondragón)
1872	Primer verdadero coche (Fernando Morales. Servicio para pasajeros ocasionalmente. Cementerio San Pedro - Puente de Guayaquil y Plazuela San Ignacio - Puente de Colombia) y Carretera del norte (Medellín - Barbosa)
1880	2 Ómnibus y 1 Diligencia -carruaje de tiro animal- (Medellín - Barbosa)
1887	Tranvía de tiro animal -tranvía de mulas o tranvía de sangre- (Plazuela Veracruz por Carabobo a Moravia y por Ayacucho a la Plazuela San Ignacio)
1889	Primer carro de Colombia llega a Medellín ( <i>De Dion-Bouton</i> . Carlos Coriolano Amador)
1892	Primera Bicicleta en Medellín
1900	Coches de tracción animal para alquiler -los primeros taxis- y se clausura el tranvía de tiro animal
1909	Ferrocarril Metropolitano -en construcción- (Caldas - Barbosa)
1914	Ferrocarril de Antioquia (Puerto Berrío - Estación Medellín) -con trasbordo en el túnel de La Quebra-
1916	22 carros particulares registrados y 299 Bicicletas
1919	Creación de la empresa de transporte público para operar el tranvía eléctrico
1920	Ferrocarril Metropolitano (Caldas - Barbosa)
1921	Tranvía eléctrico 1 kilómetro (Parque Berrío - Carrera 29) -posteriormente el tramo completo-
1922	Tranvía eléctrico 14 kilómetros (Parque Berrío - Cementerio de San Pedro - Moravia)
1924	196 carros, 48 buses y 3 motocicletas. Tranvía de Oriente -buses a gasolina con ruedas de hierro- (Manrique Palos Verdes - Guarne - Marinilla - Rionegro)
1925	Tranvía eléctrico 22 kilómetros y buses escalera en la ciudad
1928	Tranvía eléctrico 36 kilómetros y llega a Envigado
1929	Trolleys o Trolebuses -buses de tracción eléctrica y llantas- (Parque Berrío - Calle 59 con Carrera 40 y Guayaquil - Calle 52 con Carrera 29) -Los Ángeles y La Toma-
1939	Clausura del tranvía de Oriente
1940	Clausura del tranvía eléctrico en Envigado
1950	Creación de la empresa de buses municipales de Medellín con buses cerrados marca Chevrolet
1951	Clausura del tranvía eléctrico
1979	Creación de la empresa Metro de Medellín
1982	Aprobación de los fondos por el gobierno nacional para la construcción del metro
1984	Inicio de construcción del sistema metro
1995	Línea A (Metro. Niquia - Poblado)
1996	Línea A (Metro. Poblado - Itagüí) y Línea B (San Antonio - San Javier)
2004	Línea K (Metrocable. Acevedo - Santo Domingo)
2008	Línea J (Metrocable. San Javier - La Aurora)
2010	Línea L (Metrocable. Santo Domingo - Arví) y EnCicla (EAFIT)
2011	Línea 1 (Metroplús. Parque Aranjuez - Universidad de Medellín / Av. del Ferrocarril) y EnCicla (UPB - Estadio)
2012	Línea A (Metro. Itagüí - La Estrella)
2013	Línea 2 (Metroplús. Parque Aranjuez - Universidad de Medellín / Av. Oriental) y Línea T-A -construcción- (Tranvía)
2014	EnCicla (51 estaciones y algunos tramos de ciclorruta)
2015	Línea T-A (Tranvía. San Antonio - Oriente)
2016	Línea H (Metrocable. Oriente - Villa Sierra) y Línea M -en construcción-
2018	Sistema Metro: 76 Estaciones, 80 trenes, 12 tranvías, 31 buses articulados*, 47 buses padrones, 362 telecabinas, 1500 bicicletas, 52 Estaciones EnCicla. *1 articulado eléctrico
2019	Línea M (Metrocable. Miraflores - Trece de Noviembre) y Línea P -en construcción-

De la ciudad funcional a la funcionalidad urbana; una revisión del sistema de movilidad de Medellín y su área metropolitana, es una exposición de motivos; una compilación de datos, ideas y experiencias que procura incidir en la agenda política de la región al establecer posibles rutas de salida para algunas crisis urbanas que se han normalizado hace más de una década. La ciudad funcional imaginada y promovida por Le Corbusier, Wiener, Sert y otros, en las décadas de 1930 a 1950, han dejado pistas en muchos lugares del mundo sobre el fracaso de construir ciudades pensando en las necesidades de las máquinas y no para satisfacer el bienestar humano y favorecer la biodiversidad. Al respecto decía Lewis Mumford: *“Forget the damned motor car and built cities for lovers and friends”* y en las ciudades tropicales en particular; los árboles, los pájaros y las zarigüeyas, también son amigos comunes por los que hay que luchar y para los que hay que construir espacios más justos y realmente funcionales: que sirvan para garantizar las múltiples formas de vida y atender las necesidades de quienes los habitan.

El área metropolitana del valle de Aburrá está a tiempo de revertir las situaciones indeseables que padece y cuenta con recursos suficientes de todo tipo, pero quizá, dos de los más importantes y escasos, son la valentía y la cooperación necesarias para establecer una meta realista y emprender un camino de transformación continuo y definitivo que con seguridad tardará más que dos o tres períodos de gobierno. Al final, serán las decisiones que se tomen hoy, las que permitan disfrutar de una ciudad de vanguardia en los próximos diez a veinte años. Los gobernantes que se atrevan a pensar y actuar diferente, tanto como aquellos que entiendan la importancia de los proyectos de largo plazo, serán quienes pasen a la historia, aunque no hayan cortado ninguna cinta.

Es fundamental entender que la movilidad debe trascender el debate de la opinión pública para atender lo que se ha construido con rigor científico y académico, pues las personas viajan, pero no necesariamente entienden las razones de su malestar al hacerlo, solo sufren las consecuencias de un sistema ineficiente, y claro que tienen derecho a opinar, pero sus opiniones no pueden seguir orientando las decisiones de gobernantes carismáticos (populistas) que quieren complacer a su electorado. Así mismo cabe reclamar a gobernantes y funcionarios públicos que sean el ejemplo por seguir, exhibiendo en sus actitudes cotidianas la coherencia técnica y retórica que se requiere.

Como en la comedia italiana de 2017 (La Hora del Cambio), cabría preguntar: ¿ustedes que quieren el cambio, están dispuestos a cambiar?

*Gracias Carlos, gracias Santi, gracias Pablo, gracias Juli, gracias Ana, gracias Juanes.*