

DOI:10.20868/tf.2022.20.5144

Lorena Sierra Valdivieso (autora) *

Avance de tesis doctoral: 08.11.2021

Tutora: Andrea Alonso Ramos

Resumen

Las condiciones del planeamiento urbano y el transporte de las ciudades impactan en la salud de sus habitantes. El artículo revisa los diferentes modelos de evaluación del impacto en la salud (EIS) del transporte urbano y explora su aplicación en Medellín. Los modelos utilizados para análisis cuantitativos EIS siguen un método de comparación de riesgos, estimando el peso global de una enfermedad y comparándolo con el valor recomendado por la comunidad científica. Para el caso de Medellín, se explora la combinación de dos modelos que estudian el número de muertes prevenibles si se alcanzan los niveles recomendados de: actividad física, contaminación del aire, ruido, aumento de temperaturas, acceso a áreas verdes y accidentes de tráfico fatales. A pesar de las limitaciones, los resultados obtenidos con modelos EIS pueden orientar la toma de decisiones y promover niveles de exposición que favorezcan la prevención de muertes prematuras.

Palabras clave

Evaluación del impacto en la salud, mortalidad, actividad física, contaminación del aire, ruido, aumento de temperaturas, áreas verdes, accidentes fatales de tráfico

Abstract

Urban and transport planning conditions in cities have an impact on the health of their inhabitants. This research reviews the different models of health impact assessment (HIA) of urban transport and explores their application in Medellín. Quantitative HIA models consider a risk comparison method, estimating the global burden of disease and comparing it with the value recommended by the scientific community. For Medellín, the combination of two models is explored to study the number of preventable deaths when reaching the recommended levels of: physical activity, air pollution, noise, increased temperatures, access to green areas and fatalities. Despite the limitations, results from EIS models can guide decisions making and promote exposure levels that favor the prevention of premature deaths.

Keywords

Health impact assessment, mortality, physical activity, air pollution, noise, heat, green areas, fatal road traffic injuries

* **Lorena Sierra Valdivieso** es alumna de doctorado del Departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio de la Escuela Superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid.
lorena.sierra.valdivieso@gmail.com

1. Introducción: el impacto en la salud del transporte urbano en las ciudades

Los medios de transporte y el planeamiento urbano de las ciudades impactan en la salud de sus ciudadanos y en sus condiciones sociales, económicas y ambientales. Las ciudades son máquinas de innovación y riqueza, pero también fuentes de contaminación, desigualdad y enfermedades. La tendencia a la expansión descontrolada de los núcleos urbanos presenta un desafío a la hora de diseñar planes de transporte integrados y sostenibles (Bettencourt, Lobo et al, 2007). El sedentarismo de la población, las temperaturas extremas, la contaminación atmosférica y acústica, el riesgo de accidentes de tráfico, los cambios en el uso del suelo sin considerar el bienestar social o el acceso a áreas verdes (Nieuwenhuijsen, Rojas-Rueda et al, 2016) son los principales riesgos para la salud asociados al transporte y analizados cuantitativamente por la comunidad científica (Dora, Hosking, Mudu, 2011). Un estudio de 2017 sobre el impacto del planeamiento urbano en la salud de la población de Barcelona reveló que se podrían reducir las muertes prematuras hasta un 20% disminuyendo los niveles de contaminación del aire, ruido, temperaturas extremas, sedentarismo y falta de áreas verdes (Nieuwenhuijsen, Rojas-Rueda, Mueller et al, 2017). El sector de la salud debe alinearse con las políticas de planificación del transporte y el desarrollo urbano para asegurar la sostenibilidad de las nuevas infraestructuras de transporte y la calidad de vida y salud de los ciudadanos.

En 2050, según estimaciones de Naciones Unidas, los centros urbanos latinoamericanos acogerán el 81% de la población, superando a la Unión Europea (74%) o África (55%) (ONU 2018). El rápido crecimiento de la población en las urbes latinoamericanas puede dificultar la correcta implementación de los planes de transporte y de desarrollo urbano, afectando a la desigualdad social y económica, violencia y contaminación (Montero, García, 2017).

Con el objetivo de mejorar la infraestructura y las condiciones de vida de las ciudades latinoamericanas, se ha invertido en sistemas de transporte público integrados y un planeamiento urbano más equilibrado con mayor número de espacios verdes por habitante. El caso de Medellín refleja cómo una ciudad caótica en su desarrollo a principios del siglo XX fue transformada progresivamente desde 1950 con el plan regulador de Paul Wiener y José Luis Sert, hasta 2004 con el desarrollo de los Proyectos Urbanos Integrados y la activación de las zonas marginales. Estudios demuestran que la evolución histórica urbana de Medellín surge de un análisis del territorio, de las necesidades de sus habitantes y de una comparativa con el resto de las ciudades de la provincia de Antioquía (Perfetti del Corral, 1995).

Desde los años 80 se ha reconocido internacionalmente el impacto directo en la salud de los entornos urbanos (Fariña, Higuera, Román, 2019). Las transformaciones urbanas en el siglo XIX se idearon para reducir el índice de mortalidad, aunque la planificación urbana no tardó en alejarse de este objetivo una vez se consideró que los problemas de salud pública estaban resueltos (Perfetti del Corral, 1995). Durante los últimos 15 años en Latinoamérica, el desarrollo urbano equitativo y la inversión en sistemas de transporte más sostenibles surgen con el objetivo de reducir las malas condiciones ambientales de las ciudades, la pérdida de espacios verdes y los altos niveles de violencia y discriminación social (Arraigada y Miranda, 2005). La mayoría de las iniciativas de cambio o políticas que se han ido proponiendo en la línea de la sostenibilidad del transporte y el urbanismo (red de ciclovías, reducción de circulación de vehículos, incremento de áreas verdes, etc.) están alineadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible 3 y 11 apoyados por

Naciones Unidas sobre la salud y el bienestar de las ciudades (Álvarez-Rivaudalla, Montero, et al., 2019).

Numerosos autores (Dora y Phillips 2000; Dora y Racioppi, 2003; Nieuwenhuijsen, 2016) han reconocido en sus investigaciones la necesidad de incluir el concepto de la salud en las políticas de transporte, sus planes y programas. Desde 2009, la Comisión Europea promueve los Planes de Movilidad Urbana Sostenible (SUMP por sus siglas en inglés), que buscan un enfoque más participativo y tienen la mejora en la calidad de vida como su objetivo principal. Sin embargo, inversiones recientes de la Comisión Europea para promover los SUMP en Europa del este (Croacia, Macedonia, Georgia o Turquía) se centran en mejorar los planes de transporte existentes aumentando la participación social, pero sin analizar el efecto en la salud actual y futuro. Se ha demostrado científicamente la falta de influencia de las consideraciones de salud en la práctica del transporte y el desarrollo urbano. Las razones dadas por los especialistas se resumen en la escasa orientación normativa, estratégica (Khreisa, Maya y Nieuwenhuijsenb, 2017) y de sensibilización de los profesionales para incluir objetivos de salud en las políticas de transporte y el desarrollo urbano (Cohen, Boniface, Watkins, 2014).

Para conseguir una mayor efectividad estratégica de los planes urbanos y de transporte en materia de salud es necesario un estudio riguroso de la situación y los efectos que estas políticas o acciones tienen en la población, además de un planeamiento estructurado y ajustado a los planes existentes. Para sensibilizar a los responsables de la toma de decisiones es recomendable informar sobre las consecuencias positivas que un diseño apropiado y efectivo de las políticas urbanas y de transporte tiene sobre la salud de los ciudadanos y la economía (Khreis, 2017). El esquema de la Figura 1 resume el proceso lógico que debería seguirse para analizar el impacto de las políticas de transporte en la salud y su correspondiente proceso comunicacional y de participación de actores.

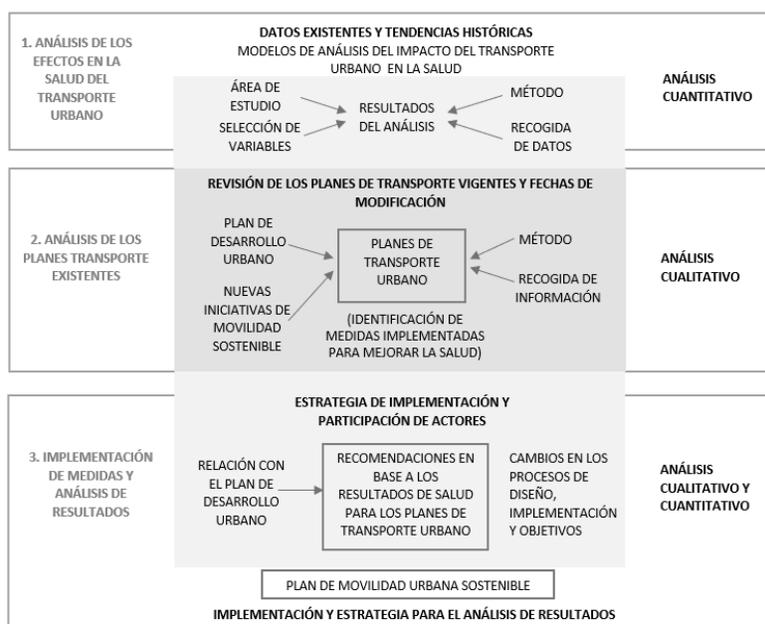


Figura 1. Esquema de desarrollo

Fuente: Elaboración propia

Numerosos estudios científicos coinciden en la dificultad de cuantificar el impacto potencial en la salud del transporte, especialmente de aspectos más cualitativos como el acceso a servicios, calidad de vida o relaciones sociales (Thomson, Douglas et al., 2008). Los factores más estudiados son la contaminación del aire, los accidentes de tráfico y las repercusiones económicas. De hecho, grandes proyectos de infraestructura realizan evaluaciones económicas y del impacto ambiental, incluyendo la contaminación del aire, exposición a químicos y el ruido (Waheeda, Fergusonb, et al., 2017). Por este motivo, y aunque muchos proyectos, normativas y programas de sectores no relacionados con la salud, como el transporte urbano, tienen un impacto significativo en la salud pública y la calidad de vida de las personas, se desconoce la magnitud de los factores de riesgo para la salud (Laporte, Dubreuil, 2014).

La herramienta de evaluación de impacto en la salud (EIS o HIA por sus siglas en inglés) ofrece un enfoque de evaluación multidisciplinar de impactos positivos o negativos que un proyecto o programa tiene en la salud de la comunidad (Ross, Orenstein, Botchwey, 2014). La EIS tiene en cuenta determinantes sanitarios generales para ofrecer a los responsables de la toma de decisiones los resultados para minimizar efectos adversos en la salud, maximizar los beneficios y reducir la desigualdad ante la exposición a los riesgos (Mindell, Boltong, Forde, 2008).

El presente artículo se centra en la revisión de los diferentes modelos cuantitativos desarrollados para evaluar el impacto en la salud (EIS) de los planes de transporte urbano y la justificación de las principales variables seleccionadas y utilizadas en los estudios científicos. Además, se ha experimentado su aplicación evaluando el impacto en la salud del transporte y el planeamiento urbano de la ciudad de Medellín.

Esta ciudad ha sido elegida en base a una matriz multicriterio que comparaba siete ciudades latinoamericanas con una población entre 2 y 3 millones de habitantes: Medellín, Buenos Aires, Quito, Brasilia, Cali, Santo Domingo y Ciudad de Guatemala. Los criterios, evaluados con la misma relevancia, fueron el acceso a datos de: (i) actividad física; (ii) contaminación del aire; (iii) ruido; (iv) temperatura; (v) áreas verdes; y (vi) accidentes de tráfico. Medellín fue la única ciudad de las evaluadas que disponía de suficientes datos de todas las variables seleccionadas con la precisión necesaria para aplicar la metodología. Resulta especialmente relevante explorar la aplicación de métodos EIS en Medellín, pues no se han encontrado estudios que apliquen este método para analizar el impacto en la salud del transporte urbano en una ciudad de renta media.¹ La mayoría de las investigaciones de referencia consultadas corresponden con estudios en ciudades de países de renta alta. Aspectos como el acceso a fuentes de datos actualizados y públicos, equipos de investigación consolidados y el acceso a recursos, son algunos de los motivos que facilitan que estos estudios se realicen en ciudades de países desarrollados.

¹ Clasificación de las economías del mundo del Banco Mundial, basado en el ingreso nacional bruto (INB) per cápita (en USD corrientes) calculado usando el método de Atlas.

2. Evaluación de impacto en la salud (EIS): antecedentes, modelos y aplicación

Antecedentes

La EIS es una combinación de procesos, métodos y herramientas que permiten analizar el impacto en la salud de distintos programas, políticas o proyectos (OMS 2001). Las instituciones internacionales reconocen la herramienta EIS como la más adecuada para promover medidas que protejan la salud pública en los diferentes sectores (Nowacki, Martuzzi, et al., 2014; Ståhl, Wismar, et al., 2006; Mindell, 2005). La EIS surgió en los años 80 y 90 en diferentes países del Norte de Europa, Estados Unidos, Canadá y Australia. Los primeros estudios estuvieron incentivados por análisis anteriores que ya incorporaban consideraciones en la salud como el análisis del impacto ambiental (EIA por sus siglas en inglés) (Forsyth, Slotterback, et al., 2009), la visión social de la salud y la equidad de la salud (Harris-Roxas y Harris, 2010). Los profesionales de la salud han sido los mayores precursores de la EIS en Estados Unidos y otros países para controlar la implantación de medidas de salud o introducir programas sociales (como el control del tabaco, formación sobre enfermedades de transmisión sexual, control del SIDA, etc.). Progresivamente, las aplicaciones de la EIS se han ido extendiendo a sectores como la planificación urbana o el transporte, aunque la mayoría de los estudios son promovidos por especialistas del campo de la salud o institutos de salud (Harris-Roxas y Harris, 2010).

Los métodos de la EIS más comunes son cualitativos y se utilizan para identificar los determinantes de salud en un riesgo o impacto analizado. Los estudios cuantitativos se centran en obtener una estimación del impacto en la salud y la exposición de la población ante los diferentes riesgos (Harris-Roxas y Harris, 2010). Se ha demostrado científicamente que la evaluación cuantitativa del impacto en la salud proporciona los datos numéricos necesarios para informar sobre el efecto positivo en las políticas públicas con enfoque multisectorial y participativo (Mueller, 2017). En el planeamiento urbano y el transporte, la EIS se ha aplicado mayoritariamente a nivel cualitativo, sin llegar a ofrecer estimaciones cuantitativas de peso a las partes interesadas de los proyectos de transporte (Shafiea, Omara y Karuppananb, 2013). Además, se ha reconocido la aplicación de los análisis cuantitativos, principalmente para objetivos académicos y de investigación (Nieuwenhuijsen, Khreis, Mueller, Rojas-Rueda, et al., 2019).

Las EIS cuantitativas comparan la carga de morbilidad (enfermedad, lesiones, muertes o años de vida ajustados por discapacidad, AVAD²) con los impactos en la salud de un cambio futuro asociado a una intervención, proyecto o política propuesta (medida recomendada) (Nieuwenhuijsen y Khreis, 2016). Las evaluaciones cuantitativas incluyen una serie de pasos para evaluar escenarios potenciales (Figura 2) (Nieuwenhuijsen, Khreis, Mueller, Rojas-Rueda, et al., 2019). Estos escenarios pueden abarcar normativas, planes de transporte o proyectos. Un estudio científico de revisión de los registros de las EIS completadas en Estados Unidos entre 2000 y 2017 reflejó que la mayoría de los análisis del impacto en la salud del sector del transporte se realizan sobre proyectos y políticas.

² AVAD es una medida de carga de la enfermedad expresado como el número de años perdidos debido a enfermedad, discapacidad o muerte prematura. (González Anaya, 2015) "Entendiendo el uso y resultados del indicador años de vida ajustados por discapacidad" Revista Mexicana de Análisis Político y Administración Pública.



Figura 2. Análisis cuantitativo EIS

Fuente: Elaboración propia en base al esquema de conexión entre las partes en la EIS. Nieuwenhuijsen, Mark, et al. "The Role of Health Impact Assessment for Shaping Policies and Making Cities Healthier"

Para analizar el impacto en la salud del transporte y el planeamiento urbano de las ciudades, la EIS revisa variables como las exposiciones ambientales, las condiciones de la ciudad, el comportamiento de sus habitantes y la calidad de vida (Nieuwenhuijsen y Khreis, 2016). Estos análisis no suelen incluir factores como la seguridad vial o las emisiones de carbono, que se estudian de manera independiente debido a la escasez de datos y a la complejidad de su tratamiento. Otros aspectos como el uso del transporte no motorizado y los sistemas de transporte público integrados favorecen la actividad física y disminuyen el ruido y la contaminación, reduciendo los índices de mortalidad y morbilidad de los habitantes. Por otro lado, el aumento de espacios verdes y temperaturas más suaves durante el año mejoran la salud mental de las personas y aumentan la actividad física y los contactos sociales seguros (Dadvand y Nieuwenhuijsen, 2016).

Otro de los riesgos a los que se expone la población urbana son los accidentes de tráfico. Según datos de la OMS, los accidentes de tráfico fatales son la causa de unos 1,35 millones de muertes mundiales anuales (OMS 2018). Aunque la comunidad científica analiza el impacto de la seguridad vial en la salud como un efecto del transporte y no tanto del desarrollo urbano, muchos de estos accidentes se dan en entornos urbanos y son los usuarios más vulnerables (peatones y ciclistas) los más afectados.³ Principalmente se ha estudiado la red de carreteras por su influencia en la seguridad vial, sin embargo, aspectos como el cambio modal, el uso del suelo, la densidad de vivienda o las dimensiones del espacio público son aspectos que también pueden aumentar o disminuir el riesgo de accidente según se diseñen con unas determinadas características (Engel, 1986). Las pautas de planeamiento urbano seguro han sido analizadas por algunos autores (Borie, Micheloni, Pinon, 1981) y confirman que no solo hay formas más seguras, sino que el urbanismo puede ayudar a gestionar mejor los accidentes de tráfico. Otros autores han estudiado cómo el cambio modal de los vehículos a las bicicletas puede reducir los accidentes de tráfico (Stipdonk, 2012). Por estos motivos, incorporar la seguridad vial como componente de análisis del impacto en

³ Método HEAT (Health Economic Assessment Tool) para caminar y uso de la bicicleta, OMS Europa.

la salud del transporte urbano permitiría entenderlo desde la perspectiva urbana y cuantificarlo como un impacto más sobre la mortalidad de la población.

Modelos

Los modelos utilizados para realizar un análisis cuantitativo EIS siguen un método de comparación de riesgos, estimando, en primer lugar, el peso global de una enfermedad (GBD por sus siglas en inglés, *global burden of disease*) y después, comparándolo con el valor recomendado por la OMS u otros estudios científicos (Murray, Ezzati, Lopez, y Rodgers, 2004). El objetivo es proporcionar una estimación del impacto en la salud y una distribución de esta para la población expuesta.

Por otro lado, los estudios científicos que han estimado las consecuencias para la salud del planeamiento urbano o el transporte, bien diseñan modelos ad hoc desarrollados para cada estudio, bien utilizan alguna de las herramientas existentes para la EIS en el área del transporte y el planeamiento urbano (Woodcok, et al., 2017). Entre los múltiples modelos existentes, se resumen los siguientes:

- La *Herramienta de Evaluación Económica de la Salud* (HEAT por sus siglas en inglés) para analizar el valor económico de los beneficios en la salud de caminar y el uso de la bicicleta (OMS, 2014). Esta herramienta fue publicada en 2007 por el Instituto Nacional para la Excelencia Sanitaria y Asistencial de Reino Unido (NICE por sus siglas en inglés) y se presentó como una guía metodológica para monetizar los beneficios del uso de la bicicleta (OMS, 2017). Tras varias actualizaciones, la última versión de 2017 incluye módulos opcionales para la contaminación del aire, los accidentes de tráfico y los efectos de las emisiones de carbono. Para los primeros proyectos de revisión metodológica de la herramienta se utilizaron los datos de riesgo relativo de dos estudios en Copenhague (2005). En 2013, siete metaanálisis fueron realizados en ciudades de China, Dinamarca, Alemania, Estados Unidos y Reino Unido. Los resultados establecieron el riesgo relativo del uso de la bicicleta en 0,90, que equivale a 100 minutos por semana o 150 minutos por semana de actividad física moderada (OMS, 2017).
- El *Instrumento de modelización del impacto del transporte integrado y la salud* (ITHIM por sus siglas en inglés) (Woodcok, Edwards, et al., 2009) fue desarrollado en 2009 por el grupo de investigación del Centro de la Dieta y la Actividad de la Universidad de Cambridge (CEDAR por sus siglas en inglés). El objetivo era evaluar los beneficios para la salud de los cambios tecnológicos relacionados con el transporte en el Reino Unido, y en algunas ciudades de Estados Unidos. Este modelo calcula el impacto en la salud de recorrer a pie o en bicicleta distancias cortas e integra datos sobre patrones de viaje, actividad física, emisiones y enfermedades.
- La herramienta TAPAS, por sus siglas en inglés *Transportation, Air pollution and Physical Activities* (Rojas-Rueda, de Nazelle, Nieuwenhuijsen, et al., 2011) surge en 2009 por un grupo de investigadores del centro de investigación en epidemiología ambiental (CREAL por sus siglas en inglés) de la Universidad de Cataluña con el objetivo de analizar el impacto de la movilidad activa en la salud. El modelo cuantitativo de TAPAS evalúa los impactos de las políticas de desplazamiento activo en las ciudades y se ha aplicado principalmente en Europa (Barcelona, Basilea, Copenhague, París, Praga y Varsovia).

- El marco EIS de ciudad compacta fue desarrollado en 2016 para calcular los efectos en la salud de la población derivados de iniciativas alternativas de políticas de uso del suelo y transporte (Stevenson, Thompson, Ewing, et al., 2016). El equipo de investigación de la universidad de Melbourne utilizó este modelo para comparar los casos de São Paulo, Melbourne, Boston, Londres, Copenhague y Delhi. Modelaron posibilidades de cambio del uso del suelo para obtener ciudades compactas en las que la diversidad del uso del suelo se incrementa y se reducen las distancias de transporte motorizado. El escenario de ciudad compacta resultó en beneficio para la salud, especialmente para enfermedades cardiovasculares, la diabetes y las enfermedades respiratorias (Stevenson, Thompson, Ewing, et al., 2016).
- La EIS del planeamiento urbano y el transporte (UTOPHIA por sus siglas en inglés) (Mueller, 2017) se ha utilizado para estudiar el impacto del diseño urbano de Barcelona en la salud de sus habitantes y mide variables como el acceso a áreas verdes, la actividad física, el ruido o los cambios de temperatura. Fue desarrollado en 2016 por un equipo de investigadores de CREAL, los cuales contaban con datos de exposición y mortalidad de más de un millón de habitantes de Barcelona de estudios anteriores. Comparando los niveles de exposición de la población con los recomendados cuantificaron el número de muertes evitables, la esperanza de vida y el impacto económico de estas muertes prematuras (Mueller, et al 2016).

Cada uno de los modelos presentados se centra en medir el impacto en la salud del transporte o el planeamiento urbano, seleccionando una o dos variables principales. Una característica común de estos modelos cuantitativos es el estudio de las variables: actividad física (PA por sus siglas en inglés) y contaminación del aire, tanto para analizar el impacto del transporte como del planeamiento urbano. El método UTOPIA se utiliza en el caso del Barcelona, exclusivamente para analizar el impacto del planeamiento urbano en la mortalidad, sin embargo, tal y como las siglas de su nombre indican, este método puede emplearse para analizar el impacto en la salud del planeamiento del transporte y el desarrollo urbano de una población concreta.

Por este motivo, se va a utilizar la combinación de varios modelos (UTOPHIA y HEAT) y el uso de determinadas variables que nos permitan explorar el número de muertes prematuras fruto de las condiciones a las que se expone la población de Medellín por el planeamiento y el transporte urbano de la ciudad. La elección de ambos métodos se debe al tipo de modelo que utilizan y las variables que, combinadas, son: contaminación del aire, siniestros fatales de tráfico por aumento del uso de la bicicleta, actividad física, ruido, temperaturas altas y acceso a áreas verdes. Es importante anticipar que, debido a la complejidad de aplicar la herramienta HEAT y la falta de datos para el estudio del caso de Medellín, no se va a seguir el método estrictamente. Se considerará por tanto la actividad física en general, sin pormenorizar en uso de bicicleta o caminar y su impacto económico.

Aplicación: evaluación de riesgo comparativo de las exposiciones del transporte y el desarrollo urbano

La metodología cuantitativa de comparación de riesgos que se utiliza en UTOPIA y HEAT identifica y compara todos los beneficios y riesgos para la salud de las condiciones de un determinado entorno urbano (en el caso de UTOPIA) y del transporte (en el caso de HEAT). Se suelen considerar las vías de exposición del riesgo y sus causas para combinar factores e identificarlas con la salud de la población. Las medidas varían según los estudios y pueden

cuantificarse desde las muertes prematuras (Rojas-Rueda, de Nazelle, Nieuwenhuijsen, et al., 2011) a la prevalencia de obesidad u otras enfermedades asociadas a las variables que se analicen. Es recomendable medir los impactos en salud con un resumen de cada una de las variables seleccionadas y sus niveles recomendados por la comunidad científica internacional para después compararlas. De esta forma, se consigue relacionar beneficios y riesgos con un único índice numérico (Murray, Ezzati, Lopez y Rodgers, 2004). La naturaleza de las diferentes medidas en salud aplicadas en el sector del planeamiento urbano y el transporte son, entre otras: (i) mortalidad prematura (modificación en la esperanza de vida) que se utiliza para calcular las muertes prematuras generadas por una normativa o medida implementada; (ii) carga de enfermedad que se aplica como años de vida ajustados por discapacidad (AVAD o DALY por sus siglas en inglés). Con AVAD se pueden comparar diferentes condiciones de salud con diferentes niveles de severidad (Muller, 2017). Asimismo, la monetización de los resultados incentiva la implementación de las políticas, efecto reconocido por la comunidad científica (Sandín-Vázquez y Sarría-Santamera, 2008).

Los indicadores seleccionados para medir el impacto en la salud del planeamiento urbano y el transporte, a excepción de los siniestros fatales de tráfico, son los utilizados por los diseñadores del método: contaminación atmosférica, altas temperaturas, ruido, actividad física y cantidad de áreas verdes. Estas variables coinciden con algunos de los objetivos fijados en los planes de desarrollo urbano y transporte de la ciudad de Medellín (2020-2023). Sin embargo, son variables que dependen de múltiples factores, por lo que un análisis riguroso requeriría una recogida de datos exhaustiva (mediciones de la contaminación del transporte, efectos en el cambio de temperatura por el planeamiento urbano y el transporte, etc.). Los estudios científicos revisados elaboran sus propias encuestas, pero no profundizan en la exactitud de los datos de contaminación o cambios de temperatura en entornos urbanos, condicionados también por otras externalidades.

Respecto a los siniestros de tráfico, los estudios científicos que analizan su impacto son muy amplios y abarcan desde la ciencia del comportamiento hasta las relaciones económicas (James, Bisignano, et al., 2017). En general, las lesiones por accidente de tráfico son una causa única de morbilidad y mortalidad en el panorama mundial porque, a diferencia de las enfermedades para las que puede haber un retraso considerable entre la medición y las mejoras del entorno, la carga de las lesiones por accidente de tráfico puede cambiar rápidamente si se aplican de manera inminente medidas específicas o si se mejora la infraestructura y se promueve el cambio modal a otros medios no motorizados (James, Bisignano, et al., 2017). Por este motivo y dada la prioridad de la seguridad vial en el *Plan de Movilidad Segura de la ciudad de Medellín 2014-2020* se va a calcular la exposición del aumento de los kilómetros recorridos en bicicleta respecto a una reducción en los kilómetros recorridos en vehículo privado.

Método de medición

Los pasos para realizar una evaluación del impacto en la salud se han resumido en la Figura 3. El metaanálisis incluye las variables de contaminación del aire, actividad física, aumento de temperatura, acceso a áreas verdes, ruido y accidentes fatales de tráfico.

A continuación, se describen los pasos desde la identificación y obtención de datos hasta la estimación de prevención de muertes o carga atribuida a la salud:

- 0. Identificación y obtención de datos:** los artículos científicos revisados cuentan con datos recogidos de encuestas propias o estudios anteriores y los combinan con datos públicos de los propios municipios o del país.
- 1. Nivel de exposición recomendada:** es el nivel de exposición referente de los factores a cuantificar. Diferentes investigadores (aplicando metodología EIS) o instituciones (OMS, ONU) definen la línea base de los factores que protegen la salud pública.
- 2. Exposición actual:** es el escenario de exposición actual o del momento del estudio de cada uno de los factores para una población concreta (Murray, et al., 2004).
- 3. Diferencia de la exposición:** compara tanto el escenario recomendado como el actual y define el margen de mejora para alcanzar los objetivos planteados.
- 4. Función de respuesta a la exposición (FRE o ERF por sus siglas en inglés):** esta función cuantifica la asociación que debe existir entre la exposición y el resultado en salud esperado. Lo ideal es estimar la FRE de la población a estudiar, sin embargo, dada la dificultad de obtener tales datos, se va a realizar una estimación conjunta y generalizada con datos procedentes del metaanálisis.
- 5. Riesgo Relativo (RR):** este riesgo obtenido de la FRE cuantifica la relación entre la exposición y el resultado en salud. El RR debe ajustarse a la diferencia en el nivel de exposición entre el escenario actual y el de referencia (Murray, et al., 2004).

$$RR_{\text{exposure_difference}} = e^{\left(\left(\frac{\ln RR}{ERR_unit}\right) \times \text{Exposure_difference}\right)}$$

- RR=Riesgo Relativo
- ERR_unit=Unidad de Exposición que corresponde al RR obtenida de la FRE
- E diferencia de exposición=es la diferencia del nivel de exposición entre el escenario actual (1) y el de referencia (2)
- RR diferencia de exposición=es el RR escalado que corresponde con la diferencia de exposición entre (1) y (2).

- 6. Fracción atribuible a la población (FAP o PAF por sus siglas en inglés).** La FAP define la carga sanitaria porporcional del resultado de salud de interés, atribuible a la diferencia entre el escenario actual y el de referencia (Muller, 2017).

$$AF = \frac{\sum_{i=1}^n (RR_{\text{exposure_difference}} - 1)}{\sum_{i=1}^n (RR_{\text{exposure_difference}} - 1) + 1}$$

- 7. Prevención de muertes.** La prevención de muertes es un concepto ambiguo puesto que la mortalidad, como tal, no puede ser prevenible (Thacker, Stroup, Donna et al., 2006). Lo correcto es considerar que los factores de riesgo pueden hacer que la muerte se produzca antes de lo que la esperanza de vida determina. Sin embargo, la esperanza de vida también es un concepto arbitrario que varía según la calidad de vida de los habitantes (Muller, 2017). A pesar de estas limitaciones, en el presente análisis se van a estimar las muertes evitables en virtud del cumplimiento de las recomendaciones de exposición por ámbito de exposición.

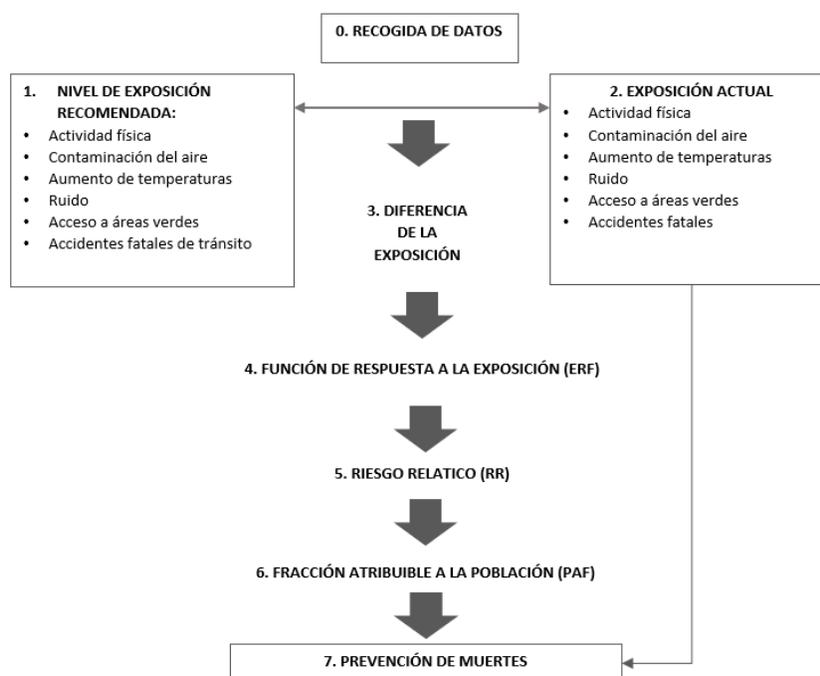


Figura 3. Marco conceptual EIS.

Fuente: Elaboración propia

3. Caso de estudio: exposición y efecto en la salud por el desarrollo urbano y la seguridad vial en Medellín

La ciudad de Medellín: desarrollo urbano y transporte

Medellín, ciudad fundada en 1616 y capital de Antioquía desde 1826 concentra una población de 2.549.537 personas censadas en 2019 (Alcaldía de Medellín). Topográficamente se trata de una ciudad irregular con altitudes que van desde los 1.400 m a los 3.100 m sobre el nivel del mar (Alcaldía de Medellín, OpenData).

El crecimiento urbano desordenado e informal de la ciudad de Medellín desde principios del siglo XX se debió a los inicios de la industrialización y las fuertes migraciones del campo a la ciudad que se asentaban en las zonas periféricas (De Tomás Medina, 2019). El centro de la ciudad quedó obsoleto, mientras la población residía en las laderas con mala infraestructura de servicios básicos y transporte. En 1950, dada la problemática, el gobierno contrató el plan regulador de Medellín a Paul Wiener y José Luis Sert (Perfetti del Corral, 1995). Durante los años 80 los problemas se agravaron, aumentó la delincuencia y los asentamientos se habían extendido hacia áreas de acceso topográficamente imposible. Surgieron múltiples barrios marginales sin espacios libres, equipamientos o infraestructura básica. En 2004, la urgente regeneración urbana, culminó con una serie de proyectos urbanos integrados (PUIs) fruto de un programa de reformas sociales, políticas y de infraestructura que mejoraron las condiciones de vida de la población de las comunas de Medellín. En concreto, la construcción de las líneas del teleférico (Metrocable) fue el principal

detonante de esta transformación urbana, una deuda social y territorial para reducir las desigualdades espaciales e integrar los barrios altos en la lógica estructural de la ciudad (Dávila, 2009).

El enfoque integrado actual del desarrollo urbano de Medellín, el Metrocable y las políticas urbanas y de planeación tuvieron de 2011 a 2014 el foco en el urbanismo social. El *Plan de Ordenamiento Territorial* de 2006 destaca la necesidad de reformular la conexión entre las áreas residenciales y otros usos y el aumento de la demanda de transporte público (Alcaldía de Medellín, 2005). Sin embargo, no ocurrió como se esperaba, pues aumentó la edificabilidad en las laderas, alejada del alcance del transporte masivo en ese momento y se registró un aumento de la adquisición de vehículo privado. De 2012 a 2013 el crecimiento del parque automovilístico fue del 7% en la ciudad de Medellín (Medellín Cómo Vamos, 2015).

El *Plan Estratégico Metropolitano de Ordenamiento Territorial* (PEMOT) del valle de Aburrá se inició en 2017 y fue adoptado en 2019. El objetivo del PEMOT es favorecer la planificación sistemática de los 10 municipios que conforman el Valle de Aburrá e impulsar la sostenibilidad. El PEMOT, además, sirve de instrumento guía para el *Plan Maestro de Movilidad Urbana 2020-2030*, cuyo objetivo principal es establecer las directrices para implementar un modelo de transporte sostenible y seguro.

El *Plan de Desarrollo 2020-2030* de Medellín tiene entre sus objetivos la implementación de acciones para mejorar las condiciones de sostenibilidad de la ciudad y su movilidad. Entre esas acciones, se encuentra la adquisición de flotas de autobuses eléctricos, el aumento de la infraestructura ciclovía segura, la integración de un sistema de bicicletas públicas, etc. (Alcaldía de Medellín, 2019). Muchas de estas iniciativas están motivadas por los objetivos del *Plan de Acción Climática de Medellín 2020-2050*, entre ellos: clima y calidad ambiental, inventario de gases de efecto invernadero, transición a la neutralidad de carbono, etc. Sin embargo, ninguno de estos planes o acciones contemplaba la salud de la población como fomento de las iniciativas o indicador de resultados.

Pasado el período de la pandemia de la COVID-19 que ha afectado a las dinámicas de movilidad de la población y necesidades de espacio urbano, Medellín, como muchas otras ciudades, va a requerir un cambio de enfoque para la planificación del transporte y su desarrollo urbano más centrado en el propio individuo, su seguridad y salud. Este nuevo paradigma trae al individuo y la salud como parte de la lista de metas y beneficios de los SUMP en el caso de Europa. Su aplicación en Medellín permitiría conocer el número de muertes prevenibles si se mejoran aspectos como: la actividad física de la población, la contaminación del aire, el ruido, los cambios de temperatura, el acceso a áreas verdes y los siniestros por accidente de tráfico si se potencia la movilidad activa.

Exposición recomendada de los diferentes impactos en la ciudad de Medellín

Para cada uno de los factores que se van a analizar (actividad física, contaminación del aire, ruido, temperatura, áreas verdes y lesiones y accidentes fatales de tráfico si se incrementa el uso de la bicicleta) se ha establecido una exposición recomendada según la literatura revisada. A continuación se describe brevemente cuál es el nivel óptimo de cada uno de ellos para Medellín:

- **Actividad física (AF).** La OMS (2020) recomienda a los adultos (mayores de 20 años) realizar de 150 a 300 minutos a la semana de actividad física moderada, o entre 75 y 150 minutos de actividad física aeróbica o intensa. Insuficiente actividad física está asociada a altos niveles de mortalidad (Woodcock, Franco y Orsini, 2011). Para el presente análisis se considera que 2,5 horas de ejercicio a la semana son aproximadamente 11 MET horas por semana, siendo MET tarea metabólica equivalente por sus siglas en inglés (Woodcock, Franco y Orsini, 2011). La relación que existe entre la AF y la mortalidad es la asociación entre las horas MET por semana de actividad física y el riesgo relativo de mortalidad. Para calcular la prevención de muertes se utiliza la función curvilínea de la FRE aplicando 0,25 de transformación a la AF (Woodcock, Franco Y Orsini, 2011). Teniendo en cuenta que este es el nivel recomendable de AF para mayores de 20 años, se calculan las muertes que podríamos prevenir en Medellín si se alcanzase ese nivel de actividad.
- **Contaminación del aire.** La OMS (2006) recomienda como valor fijado de partículas finas (PM_{2.5}) en aire: 10 µg/m³ de media anual o 25 µg/m³ de media en 24h. Los contaminantes del aire existen en forma de gases, partículas sólidas y líquidas o aerosoles. Entre las diferentes formas de medida, la más común es el diámetro aerodinámico (diámetro de la partícula esférica con una densidad de 1 g/m³). Existen tres rangos de tamaño de partícula con los límites superiores que son: 10µm, 2,5µm y 1µm, se denominan PM₁₀, PM_{2.5} y PM₁, respectivamente (Nazarenko, Pal y Ariya, 2020). En el caso de Medellín, la mala calidad del aire es el problema más complejo y el mayor reto político desde la violencia homicida en la década de los 90 (Observatorio de Políticas Públicas del Concejo de Medellín, 2017). La relación entre PM_{2.5} y la mortalidad se calcula mediante la diferencia de exposición (función FRE) de las concentraciones medias anuales de PM_{2.5} para cumplir con los 10 µg/m³ en cada tramo censal recomendado por la OMS.
- **Ruido.** Las directrices de la OMS sobre el ruido ambiental en comunidades urbanas lo definen como el ruido que procede de todas las fuentes, excepto en zonas de trabajo industrial (Berglund, Lindvall y Schwela, 1999). La Directiva 2002/49/EC de la Unión Europea sobre la gestión del ruido ambiental lo define como el sonido exterior no deseado y perjudicial provocado por actividades humanas. Dependiendo del área, la OMS recomienda unos niveles mínimos de ruido. En área urbana, el nivel de ruido no debería exceder los 70 dB(A) durante el día, y los 50 dB(A) durante la noche (OMS, 2018). En 2006, Colombia aprobó una resolución del Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial para implementar los límites de la OMS. La Municipalidad de Medellín bajo el *Plan de Acción para la Prevención y Control del Ruido* tiene como meta reducir el porcentaje de población afectada por el ruido de 9,1% en 2018 a 7,7% en 2030 (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2013). La relación entre la exposición al ruido y la mortalidad se calcula a partir de la métrica de ruido armonizada para la Unión Europea y que sugiere un L_{den} (nivel equivalente día-tarde-noche) menor o igual a 55 dB(A) (OMS 2011).⁴ El riesgo relativo correspondiente a la contaminación acústica y la FAP de Medellín se estima a partir de la función FRE.
- **Temperatura.** La temperatura mínima de mortalidad (TMM) es un indicador para estudiar la relación de mortalidad y temperatura. Este indicador ha permitido a los investigadores

⁴ 55 dB(A) es el nivel recomendado para controlar el ruido de tráfico y reducir enfermedades cardiovasculares o infartos de miocardio.

registrar el efecto del cambio climático en la temperatura y en la salud de las personas (Yin, Wang, Ren, et al., 2019). Puesto que no se ha encontrado la TMM estimada para Medellín, Bogotá o Colombia, se va a considerar el TMM de la ciudad de Sao Paulo que presenta unas condiciones climáticas y de temperaturas medias similares a las de Medellín y que alcanza los 21,5°C en el percentil 60. Se ha calculado la diferencia de exposición de la temperatura media diaria y los percentiles 60 y 74 medios anuales de Medellín con la temperatura recomendada de 21,5°C (Bell, O'Neil, et al., 2008). Posteriormente, se calcularon el RR y la FAP correspondientes para la diferencia de exposición.

- **Áreas verdes.** La evidencia científica de diferentes ciudades muestra que los espacios verdes en áreas urbanas están ligados a menores índices de mortalidad (OMS, 2016). La OMS recomienda un mínimo de 9 m² de áreas verdes por individuo o acceso a zona verde con una distancia lineal de 300 m y un tamaño superior a 5 m² (Kulinkina, Swart, y Staatsen, 2015). Debido a la falta de datos, para obtener el porcentaje de superficie de áreas verdes de Medellín por habitante se ha relacionado de manera lineal la cantidad de área verde por zona y por número de habitante en cada zona. La asociación de la cantidad de espacios verdes y la mortalidad se estima a partir la función lineal ERF, para cada porcentaje de área verde por habitante, calculando el riesgo relativo y la correspondiente FAP.
- **Accidentes de tráfico.** Los accidentes fatales de tráfico se evalúan según el registro medio de accidentes y el número de viajes por modo de transporte (OMS 2017). Se va a comparar el RR de accidentes fatales en Medellín por viajes en bicicleta respecto al riesgo de accidente por viaje en vehículo privado. La OMS reconoce que un 30% de los recorridos en vehículo privado cubre distancias inferiores a 3 km. Estos recorridos deberían realizarse en bicicleta y supondrían un tiempo máximo de 20 minutos. Siguiendo el modelo de cambio modal de Copenhague se fija el objetivo de aumentar 7 puntos porcentuales el porcentaje de viajes total que se realiza en bicicleta para 2025 (Ayuntamiento de Copenhague, 2016). El aumento de la movilidad activa en Medellín ha sido motivado por el *Plan de Movilidad Segura de Medellín 2014-2020* (Alcaldía de Medellín, 2014), que tiene el objetivo de reducir el uso del vehículo privado y ofrecer una infraestructura ciclovitaria segura (Secretaría de Movilidad de Medellín 2021).⁵

La tabla recogida en la Figura 4 muestra el riesgo relativo en un intervalo de confianza (IC) del 95% para la exposición recomendada de cada uno de los valores estudiados:

⁵ Los accidentes fatales entre peatones suponen un 46.6% del total, las motos un 36.6% y los ciclistas un 4.9%

Variable de exposición (recomendada)	Riesgo relativo (IC 95%)	Valor recomendado	Tipo de análisis	Referencia
Actividad física	0,834 (0,82; 0,90)	11 METs-min/semana	Metaanálisis	Guía cuestionario IPAQ 2004; OMS 2018; y Woodcock 2011
Contaminación del aire	1,07 (1,04; 1,09)	PM2.5=10 µg/m ³	Metaanálisis	OMS 2014
Ruido	1,042 (1,00; 1,07)	LAeq (ruido tráfico rodado) ≤55 dB(A) ⁶	Estudio Ambiental	OMS 2011; <i>Environmental Noise</i> (2014; Gov.UK); y Halonen 2015
Temperatura	1,40 (1,28; 1,56)	Percentil 60 vs 74 T ^a recomendada:21.5°	Metaanálisis	Guo et al. 2015
Áreas verdes	0,96 (0,94; 0,97) ⁷	9 m ² /habitante (OMS)	Metaanálisis	Rojas-Rueda 2019
Accidentes de tráfico	1,0023	7% menos de viajes en vehículo privado ⁸	Metaanálisis	Nieuwenhuijsen, Mark J. 2011 Modelo Copenhague (2018)

Figura 4. Estimaciones de riesgo de mortalidad según variables de exposición.

Fuente: Elaboración propia

4. Resultados

Un 46,4% de la población del Municipio de Medellín se considera poco activa o inactiva y, en general un 77,23% realiza una actividad física insuficiente (niveles inferiores a 600 MET-min/semana. Figura 6) (Martínez, Saldarriaga y Sepúlveda, 2008). La cantidad de partículas contaminantes en el aire (de procedencia no industrial) y los niveles de ruido sobrepasan los niveles recomendados (Figura 5). La cantidad de áreas verdes no llega a 3,5 m²/habitante, lo que muestra la carencia de jardines, parques o bosques urbanos en el área metropolitana de Medellín. Y, además, en Medellín, el riesgo de sufrir accidente mortal de tráfico si circulas en bicicleta es de un 68,4% frente a sufrir una lesión.

Se estima que 3025 (IC 95% 1779; 3609) muertes anuales podrían prevenirse si Medellín alcanzase los niveles mínimos recomendados de: actividad física, contaminación del aire, ruido, temperatura, áreas verdes y accidentes de tráfico por cambio modal (Figura 6).

⁶ Se han tomado datos de ruido publicados por la Contraloría General de Medellín, 2018. Debido a la falta de datos, no ha sido posible identificar la cantidad de ruido por tramos de carretera.

⁷ Mortalidad evitable si se alcanza el mínimo recomendado de 9m²/habitante.

⁸ Gobierno de España (2021) Estrategia Estatal por la bicicleta.

Variable	Nivel recomendado	Exposición actual	Muertes (IC 95%)	Ahorro económico en miles de millones de dólares (IC 95%) ⁹
Actividad física	600 MET min/semana	76.81 MET min/semana	1640 (980; 1781)	1,97 (1,15; 2,137)
Contaminación del aire	10 µg/m ³ PM2.5	21,5 µg/m ³	925 (545; 1165)	1,11 (0,65; 1,39)
Ruido	55 dB(A)	67,75 dB(A)	114 (0; 184)	0,13 (0; 0,22)
Temperatura	21,5°	25,85° media anual	210 (154; 277)	0,25 (0,18; 0,33)
Áreas verdes	9 m ² /habitante	3,27 m ² /habitante	134 (100; 202)	0,16 (0,12; 0,24)
Accidentes de tráfico por cambio modal	7% más de kilómetros recorridos en bicicleta	68,4% de riesgo de muerte por accidente de tráfico en bicicleta	2 muertes prevenibles al año	0,0024

Figura 5. Estimación de la mortalidad prematura evitable (por variable analizada) si se consigue una exposición de la población a los niveles recomendados por la comunidad internacional.

Fuente: Elaboración propia

Los resultados del estudio muestran que el mayor número de muertes podría evitarse si mejorase el nivel de actividad física de los habitantes al nivel recomendado, 1640 muertes (IC 95% 980; 1781). Asimismo, si se redujese el nivel de partículas PM2.5 en el aire podrían prevenirse 925 muertes (IC 95% 545; 1165). Del resto de variables analizadas, ruido, temperatura y acceso a áreas verdes, se podrían prevenir 114 (IC 95% 0; 184); 210 (IC 95% 154; 277); y 134 (IC 95% 100; 202) respectivamente. Además, el riesgo relativo de accidente de tráfico fatal en ciclistas (aumentando un 7% el número de kilómetros recorridos en bicicleta respecto a los recorridos en vehículo privado) y comparado con el riesgo de accidente en vehículo privado, resulta en 2,14 muertes prevenibles al año.

Por último, se estimó el ahorro que supondría alcanzar los valores recomendados y se concluyó que según el valor de vida estadístico para Colombia, este ahorro supondría 3,62 (IC 95% 2,1; 4,31) miles de millones de dólares.

Nivel de actividad física	MET-min/semana	MEDELLÍN		
		Hombres (%)	Mujeres (%)	Total (%)
Inactivo	0	9,15	17,86	13,78
Poco activo	150	28,97	35,87	32,63
Medio activo	495	34,25	27,79	30,81
Activo	600	20,30	14,25	17,08
Muy activo	900	7,32	4,23	5,68

Figura 6. Niveles de práctica de actividad física por sexo, Medellín

Fuente: Martínez, Elkin; Saldarriaga, Fernando Juan; Sepúlveda (2008) Actividad física en Medellín: desafío para la promoción de la salud. Rev Fac Nac Salud Pública 26(2): 117-123.

⁹ Valor estimado a partir del valor estadístico de la vida para Colombia (1,2 millones de dólares) (Vasquez, Bratti, Orrego y Sergio y Barrientos, 2020)

5. Conclusiones

Los modelos de medición del impacto en la salud se pueden aplicar al transporte urbano para extraer conclusiones y monetizar el efecto que las condiciones de las ciudades tienen en la salud de la población. La adaptación del modelo UTOPIA, incluyendo accidentes fatales de tráfico por cambio modal a la bicicleta, y su aplicación en el caso de estudio de Medellín, muestra que se podrían reducir un 20% las muertes prematuras si se alcanzaran los niveles recomendados por la comunidad internacional. Los datos indican que el factor determinante de los 6 estudiados (actividad física, contaminación del aire, ruido, temperatura, áreas verdes y accidentes de tráfico fatales por cambio modal) es la actividad física. Estos resultados son similares a los obtenidos en Barcelona utilizando estrictamente UTOPIA con encuestas específicamente diseñadas para el estudio, lo que demuestra que, a pesar de las limitaciones de acceso y exactitud de los datos y las diferencias entre las ciudades, población, etc., el impacto en la mortalidad prematura es parecido.

La utilización de EIS como herramienta de análisis del impacto de las condiciones del transporte urbano en la salud de la población es una buena opción para intentar promover el cambio e incluir mejoras en las políticas del transporte urbano. Para conseguir un adecuado uso de esta herramienta es importante mejorar los sistemas de recogida y disposición pública de los datos, además de facilitar la colaboración y trabajo conjunto entre los profesionales expertos en transporte y analistas de datos.

Por último, se concluye que cuantificar los beneficios en la salud del transporte urbano, puede favorecer el apoyo al desarrollo de entornos urbanos saludables y promover sistemas de transporte más sostenibles. Estas iniciativas están alineadas con los OD 3 “*Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades*” y OD 11 “*Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles*” y la Nueva Agenda Urbana de ONU-Hábitat que se compromete a fomentar sociedades y ciudades saludables.

6. Límites del estudio

Aunque se ha utilizado una metodología aprobada por la comunidad científica, los cálculos EIS implican numerosos supuestos que conllevan incertidumbres en la estimación de los impactos en la salud y que se han calculado de forma limitada. Además, estos cálculos requieren datos específicos que, en la mayoría de los estudios consultados, se obtienen de encuestas propias. Respecto a la recopilación de datos, el presente estudio se ha elaborado con datos públicos. Por este motivo, todo resultado es una estimación aproximada que debería ser comparada con datos primarios obtenidos específicamente para el análisis de la ciudad de Medellín. La evidencia de cada uno de los efectos estudiados sobre la mortalidad, no solo ha quedado limitada por los datos, sino también por la propia metodología. El impacto por acceso a áreas verdes se realiza calculando la proximidad de los habitantes a un área superior a 5 m², aspecto imposible de calcular con los datos trabajados, por lo que las estimaciones obtenidas en Medellín son mera sugerencia. Además, es incierto que el método considere todos los espacios verdes de manera heterogénea, sin diferenciar por tipología. De igual forma, la prevención de accidentes de tráfico fatales por aumento de los kilómetros en bicicleta y reducción del vehículo privado, asume que se va a producir un cambio modal de un modo de transporte a otro, sin considerar otras variables. La EIS para accidentes de tráfico fatales es mucho más compleja y requeriría la elaboración de un modelo

específico con más de un factor para ser congruente. Existen comparativamente con el resto de variables, más estudios científicos sobre el efecto de la función de respuesta a la exposición de la contaminación del aire y la actividad física y su evidencia es, por tanto, más sólida.

En general, la inferencia causal de estos resultados puede ser incierta, especialmente debido a que las estimaciones de los beneficios varían dependiendo del contexto y los parámetros de la población estudiada. Además, en el contexto de una ciudad en desarrollo, la población se ve expuesta a entornos mucho más agresivos, pues las mejoras en la condición urbana y del transporte ha sido históricamente más lenta. También existe incertidumbre por la elección personal, el cambio de comportamiento, el estado previo de salud de los afectados, etc. Todas estas alteraciones no son cuantificables. Por último, el impacto económico está sobreestimado, pues el valor a futuro de la exposición al nivel recomendado es menor al calculado.

A pesar de la falta de solidez del análisis, este estudio ha utilizado los recursos disponibles y se basa en una metodología ya aprobada científicamente. Además, completa el modelo EIS con el factor de los accidentes de tráfico por cambio modal a la bicicleta, aspecto clave de la relación entre transporte y mortalidad. Por tanto, y a pesar de las limitaciones, este estudio contribuye a los modelos EIS y demuestra que sí existen posibilidades de mejora y reducción de muertes en la población si se alcanzan los niveles recomendados por la comunidad internacional.

Referencias

Álvarez-Rivadulla, María y Montero, Sergio y Santamaría, Sebastián. (2019). Hacia Ciudades Incluyentes: El ODS 11 y el Reto de la Segregación Socio-Espacial en América Latina. doi: 10.13140/RG.2.2.24165.96481.

Alcaldía de Medellín (2015). Plan de Movilidad Segura (2014-2020) (https://www.medellin.gov.co/movilidad/documents/documento_en_elaboracion_plan_movilidad_segura_2013_2020.pdf)

Alcaldía de Medellín (2019). Planes de Movilidad Empresarial Sostenible 2017 (<https://www.metropol.gov.co/movilidad/Paginas/movilidad-activa/acciones-de-promocion/planes-mes.aspx>)

Alcaldía de Medellín (2020) Plan de Desarrollo Municipal 2020 – 2023 Anteproyecto Medellín Futuro (<https://www.medellin.gov.co/es/plan-de-desarrollo>)

Annerstedt van den Bosch, Matilda, Mudu, Pierpaolo, Uscila, Valdas, Barrdahl, Maria, Kulinkina, Alezandra, Staatsen, Brigit, Swart, Wim, Kruize, Hanneke, Zurlyte, Ingrida, & Egorov, Andrey I. (2016). Development of an urban green space indicator and the public health rationale. *Scandinavian journal of public health*, 44(2), 159–167. doi.org/10.1177/1403494815615444

Área Metropolitana del Valle de Aburrá (2013) Formulación del plan de prevención y descontaminación por ruido de los 9 municipios que conforman el Área Metropolitana de Aburrá (<https://www.metropol.gov.co/ambiental/Ruido/Plan-Medelli%CC%81n.pdf>)

Arraigada, Irma, Aranda, Verónica, y Miranda, Francisca (2005). Políticas y programas de salud en América latina. Problemas y propuestas.

Ayuntamiento de Copenhague (2016) Copenhagen City of Cyclist. The bicycle account. (<https://radkompetenz.at/en/dokument/the-bicycle-account-2016-copenhagen-city-of-cyclists/>)

Bell, Michelle L., O'Neil, Marie S., Ranjit, Nalini, Borja-Aburto, Víctor H., Cifuentes, Luis A., y Gouveia, Nelson C. (2008). Vulnerability to heat-related mortality in Latin America: a case-crossover study in Sao Paulo, Brazil, Santiago, Chile and Mexico City, Mexico. *Int J Epidemiol.* 2008 Aug;37(4):796-804. doi: 10.1093/ije/dyn094. PMID: 18511489; PMCID: PMC2734062.

Berglund Birgitta; Lindvall, Thomas; Schwela y Dietrich H. Schwela y OMS (1999) Guidelines for Community Noise.

Borie, Alain, Micheloni, Pierre y Pinon, Pierre. (1981) [Rapport de recherche] 0136/81, Groupe d'étude des formes architecturales et urbaines (GEFAU); Comité de la recherche et du développement en architecture (CORDA). 1977, pp. 452. (hal-03112313)

Briggs, David. (2008). A framework for integrated environmental health impact assessment of systemic risks. *Environmental health: a global access science source.* 7. 61. doi: 10.1186/1476-069X-7-61.

Cohen, Judith & Boniface, Sadie & Watkins, Stephen. (2014). Health implications of transport planning, development and operations. *Journal of Transport and Health.* 1. 10.1016/j.jth.2013.12.004.

gDadvand, Payam & Nieuwenhuijsen, Mark. (2019). Green Space and Health: A Framework. 10.1007/978-3-319-74983-9_20.

Davila, Julio. (2013). Urban Mobility and Poverty: Lessons from Medellin and Soacha, Colombia.

De Tomás Medina, María del Carmen (2019). Medellín consigue una regeneración sostenible gracias a un nuevo sistema de transporte urbano: el Metrocable. ISBN 978-84-09-15486-9, págs. 14-23

Di Virgilio, María & Perelman, Mariano. (2014). Ciudades latinoamericanas: desigualdad, segregación y tolerancia.

Dora, Carlos, Hosking, Jamie y Mudu, Pierpaolo (2011). Urban Transport and Health. Sustainable Transport: A Source for Policy/makers in Developing Cities.

Dora, Carlos y Racioppi, Francesca (2003). Including health in transport policy agendas: the role of health impact assessment analyses and procedures in the European experience.

Dora, Carlos, y Margaret, Phillips, World Health Organization Regional Office for Europe (2000). Transport, environment and health.

Dubreuil, Muriel y Laporte, Anne. (2014). Evaluation des impacts sur la santé de projets transport de Plaine Commune - SYNTHÈSE.

Engel, U. (1986). Risk figures for road users in different urban street categories.

Fariña José, Higuera Esther, y Román Emilia (2019). Ciudad Urbanismo y Salud. Documento Técnico de criterios generales sobre parámetros de diseño urbano para alcanzar los objetivos de una ciudad saludable con especial énfasis en el envejecimiento activo.

Fehr, Rainer, Viliani, Francesca, Nowacki, Julia, Martuzzi, Marc y OMS (2014). Health Impact Assessments. Opportunities not to be missed.

Forsyth, Ann, Slotterback, Carissa Schively, y Krizek, Kevin J. (2009) Health impact assessment in planning: Development of the Design for health HIA tools.

Gascon, Mireia, Triguero-Mas, Margarita, Martínez, David, Dadvand, Payam, Rojas-Rueda, David, Plasència, Antoni, & Nieuwenhuijsen, Mark J. (2016). Residential green spaces and mortality: A systematic review. *Environment international*, 86, 60–67. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2015.10.013>

González Anaya, Teresa (2015) Entendiendo el uso y resultados del indicador “Años de vida ajustados por discapacidad” *Revista Mexicana de Análisis Político y Administración Pública*, ISSN 2007-4425, N°. 8 (julio-diciembre 2015), 2015

Halonen, Jaana I; Hansell L., Anna; Gulliver, John; Morley, David; Blangiardo, Marta; Fecht, Daniela, Toledano, Mireille B., Beevers, Sean D., Anderson, Hugh Ross, Kelly, Frank J., & Tonne, Cathryn (2015). Road traffic noise is associated with increased cardiovascular morbidity and mortality and all-cause mortality in London. *European heart journal*, 36(39), 2653–2661. doi.org/10.1093/eurheartj/ehv216

Harris-Roxas, Ben & Harris, Elizabeth. (2011). Differing Forms, Differing Purposes: A Typology of Health Impact Assessment. *Environmental Impact Assessment Review*. 31. 396-403. [10.1016/j.eiar.2010.03.003](https://doi.org/10.1016/j.eiar.2010.03.003).

James, S. L., Lucchesi, L. R., Bisignano, C., Castle, C. D., Dingels, Z. V., Fox, J. T., Hamilton, E. B., Liu, Z., McCracken, D., Nixon, M. R., Sylte, D. O., Roberts, N. L. S., Adebayo, O. M., Aghamolaei, T., Alghnam, S. A., Aljunid, S. M., Almasi-Hashiani, A., Badawi, A., Behzadifar, M., Behzadifar, M., Mokdad, A. H. (2020). Morbidity and mortality from road injuries: results from the Global Burden of Disease Study 2017. *Injury prevention: journal of the International Society for Child and Adolescent Injury Prevention*, 26(Supp 1), i46–i56. doi.org/10.1136/injuryprev-2019-043302

Joffe, M; Mindell, J (2005). Health impact assessment. *Occupational and environmental medicine*, 62(12), 907–835. doi.org/10.1136/oem.2004.014969

Khreis, Haneen. (2017). Health impacts of urban transport policy measures: A guidance note for practice. *Journal of Transport and Health*. [10.1016/j.jth.2017.06.003](https://doi.org/10.1016/j.jth.2017.06.003).

Khreis, Haneen y Nieuwenhuijsen, Mark. (2018). Integrating Human Health into Urban and Transport Planning: A Framework. [10.1007/978-3-319-74983-9](https://doi.org/10.1007/978-3-319-74983-9).

Luís M. A. Bettencourt, Jose Lobo, Dirk Helbing, Christian Kühnert, and Geoffrey B. West (2007). Growth, innovation, scaling, and the pace of life in cities. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(17), 7301–7306. doi.org/10.1073/pnas.0610172104

Martínez, Elkin; Saldarriaga, Juan Fernando, y Spúlveda, Frank Éuler (2008). Actividad física en Medellín: desafío para la promoción de la salud. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 26(2), 117-123. Retrieved May 01, 2023, from www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=SO120-386X2008000200002&lng=en&tlng=es.

Millot, Marine. (2004). The influence of urban planning on road safety.

Mindell, J.; Boltong, A., Forde, I.; (2008). A review of health impact assessment frameworks. *Public Health* 122, 1177–1787

Mueller, Nathalie, Rojas-Rueda, David, Basagaña, Xavier, Cirach, Marta, Cole-Hunter, Tom, Dadvand, Payam, Donaire-Gonzalez, David, Foraster, Maria, Gascon, Mireia, Martinez, David, Tonne, Cathryn, Triguero-Mas, Margarito, Valentín, Antonia, & Nieuwenhuijsen, Mark. (2017). Urban and Transport

Planning Related Exposures and Mortality: A Health Impact Assessment for Cities. *Environmental health perspectives*, 125(1), 89–96. doi.org/10.1289/EHP220

Mueller, Natalie (2017) Health impact assessment of urban and transport planning policies <http://hdl.handle.net/10803/664239>

Murray, Christopher, Ezzati, Majid, Lopez, Alan D., Rodgers, Anthony y Vander Hoorn, Stephen. (2003). Comparative quantification of health risks conceptual framework and methodological issues. *Population health metrics*, 1(1), 1. doi.org/10.1186/1478-7954-1-1

Nazarenko, Yevgen; Pal, Devendra; Ariya, Parisa, Ariya (2021). Air quality standards for the concentration of particulate matter 2.5, global descriptive analysis. *Bulletin of the World Health Organization*, 99(2), 125–137D. doi.org/10.2471/BLT.19.245704

Nieuwenhuijsen, Mark & Khreis, Haneen & Verlinghieri, Ersilia & Mueller, Natalie y Rojas-Rueda, David. (2019). The Role of Health Impact Assessment for Shaping Policies and Making Cities Healthier: A Framework. 10.1007/978-3-319-74983-9_29.

Nieuwenhuijsen, Mark J. (2016). Urban and transport planning, environmental exposures and health-new concepts, methods and tools to improve health in cities. *Environmental health: a global access science source*, 15 Suppl 1(Suppl 1), 38. doi.org/10.1186/s12940-016-0108-1

Observatorio de Políticas Públicas del Concejo de Medellín (2017) Calidad del aire en Medellín y el área metropolitana: un enfoque de política pública

ONU (2018) World Population Prospects. Recuperado de <https://population.un.org/wup/>

Perfetti del Corral, María Verónica. Tesis Doctoral (1995) Las transformaciones de la estructura urbana de Medellín. La Colonia, el ensanche y el plan regulador. Thesis (Doctoral), E.T.S. Arquitectura (UPM). doi.org/10.20868/UPM.thesis.13745.

Rojas-Rueda, David & Nazelle, Audrey y Tainio, Marko y Nieuwenhuijsen, Mark. (2011). The Health Risks and Benefits of Cycling in Urban Environments Compared with Car Use: Health Impact Assessment Study. *BMJ (Clinical research ed.)*. 343. d4521. 10.1136/bmj.d4521.

Ross, Catherine & Orenstein, Marla y Botchwey, Nisha. (2014). Health Impact Assessment in the United States. 10.1007/978-1-4614-7303-9.

Sandín-Vázquez, María y Sarría-Santamera, Antonio (2008). Evaluación de impacto en salud: valorando la efectividad de las políticas en la salud de las poblaciones. *Rev. Esp. Salud Publica [online]*. 2008, vol.82, n.3, pp.261-272. ISSN 2173-9110.

Shafiea, Farah Ayuni; Omara, Dasimah; Karuppananb, Subramaniam (2013). Environmental health impact assessment and urban planning” *Procedia. ASEAN Conference on Environment-Behaviour Studies*.

Ståhl, Timo; Wismar, Matthias; Ollila, Eeva; Lahtinen, Eero, Leppo, Kimmo (2006). Health in All Policies: Prospects and Potentials” Ministry of Social Affairs and Health, Finland. ISBN 952-00-1964-2

Steer Davies & Gleave Limited Sucursal Colombia (2020) “Plan Maestro de Movilidad para el Valle de Aburrá (2020-2030). Recuperado de <https://www.metropol.gov.co/movilidad/PlanMaestro/Plan%20Maestro%20de%20Movilidad.pdf>

Stevenson, Mark, Thompson, Jason, Sa, Thiago, Ewing, Reid, Mohan, Dinesh, McClure, Rod, Roberts, Ian, Tiwari, Geetam, Giles-Corti, Billie, Sun, Xiaoduan, Wallace, Mark y Woodcock, James (2016). Land use, transport, and population health: Estimating the health benefits of compact cities. *The Lancet*. 388. 10.1016/S0140-6736(16)30067-8.

Stipdonk, Henk y Reurings, Martine. (2012). The Effect on Road Safety of a Modal Shift From Car to Bicycle. *Traffic injury prevention*. 13. 412-21. 10.1080/15389588.2012.660661.

Thacker, Stephen B; Stroup, Donna F, Carande-Kulis, V., Marks, James S., Roy, Kakoli, y Gerberding, Julie L. (2006). Measuring the public's health. *Public health reports (Washington, D.C.: 1974)*, 121(1), 14–22. doi.org/10.1177/003335490612100107

Thomson, Hilary, Jepson, Ruth, Hurley, Fintan Hurley, Douglas, Margaret. Assessing the unintended health impacts of road transport policies and interventions: translating research evidence for use in policy and practice. *BMC Public Health* 8, 339 (2008). doi.org/10.1186/1471-2458-8-339

Vasquez-Lavin, Felipe; Bratti, Luna; Orrego, Sergio y Barrientos, Manuel (2022) Assessing the use of pseudo-panels to estimate the value of statistical life. *Applied Economics, Taylor & Francis Journals*, vol. 54(34), pages 3972-3988, July.

Waheed, Faiza, Ferguson, Glenn, Ollson, Christopher, MacLellan, James, McCallum, Lindsay y Cole, Donald. (2018). Health Impact Assessment of transportation projects, plans and policies: A scoping review. *Environmental Impact Assessment Review*. 71. 17-25. 10.1016/j.eiar.2017.12.002.

Woodcock, James y Universidad de Cambridge. *Methods and Tools for Assessing the Health Impacts of Transport: modelling study (METAHIT)*.

Woodcock, James, Edwards, Phil, Tonne, Cathryn, Armstrong, Ben G., Ashiru, Oly, Banister, David, Beevers, Sean, Chalabi, Zaiz, Chowdhury, Zohir, Cohen, Aaron, Franco, Oscar H., Haines, Andy, Hickman, Robin, Lindsay, Graeme, Mittal, Ishaan, Mohan, Dinesh, Tiwari, Geetam, Woodward, Alistair, y Roberts, Ian. (2009). Public health benefits of strategies to reduce greenhouse-gas emissions: urban land transport. *Lancet (London, England)*, 374(9705), 1930–1943. doi.org/10.1016/S0140-6736(09)61714-1

Woodcock, James; Franco, Oscar H; Orsini, Nicola (2011). Non-vigorous physical activity and all-cause mortality: systematic review and meta-analysis of cohort studies. *International journal of epidemiology*, 40(1), 121–138. doi.org/10.1093/ije/dyq104

Yin, Qian; Wang, Jinfeng; Ren, Zhoupeng Ren, Jie Li; Guo, Yumin (2019) Mapping the increased minimum mortality temperatures in the context of global climate change. *Nat Commun* 10, 4640. doi.org/10.1038/s41467-019-12663-y