

Aglomeración económica y
congestión vial: los perjuicios por
racionamiento del tráfico vehicular

Por:
Carlos Alberto Medina
Carlos Eduardo Vélez

Núm. 678
2011

Borradores de ECONOMÍA



ta - Colombia - Bogotá - Colombia - Bogotá - Colombia - Bogotá - Colombia - Bogotá - Colombia - Bogotá - Colombia - Bogotá - Col



Aglomeración económica y congestión vial: los perjuicios por racionamiento del tráfico vehicular*

Carlos Alberto Medina y Carlos Eduardo Vélez**
Banco de la República

Resumen

La creciente urbanización latinoamericana de las últimas décadas ha inducido mayor demanda de vehículos y congestión de tráfico. Pretendiendo aliviar los costos de la congestión se han adoptado medidas polémicas que restringen la circulación del 20% o el 40% de los vehículos cada día de la semana laboral -en México 1988 y Bogotá 2008, "Pico y Placa"- . Para juzgar la bondad de estas medidas sobre la productividad de las aglomeraciones urbanas debe establecerse la magnitud de los perjuicios que recaen sobre los hogares afectados, para contrastarlos con los beneficios esperados. Con base en un modelo de Calidad de Vida (*Life Satisfaction*) se estiman los perjuicios *ex-ante* que esta restricción trae para los hogares de las ciudades de Bogotá y Medellín. Nuestras estimaciones revelan que cuando la medida consiste en la restricción por dos días a la semana, trae un perjuicio considerable para el hogar promedio del orden de 6.3% del ingreso *per cápita* del hogar en la ciudad de Bogotá, del 13.7% para los hogares de ingresos medios y altos, y se perjudica no solo a los grupos de altos ingresos sino también a hogares de ingresos bajos que utilizan el vehículo como herramienta de trabajo. La evidencia permite concluir que si los beneficios por aumento en la velocidad de circulación y reducción en la contaminación no son considerables, esta restricción radical de la circulación resultaría desaconsejable y deberían considerarse alternativas como los peajes por congestión en zonas céntricas.

Palabra Clave: Transporte: demanda, oferta, la congestión, precios, gobierno, las políticas de regulación, planificación del transporte.

Clasificación JEL: R41, R48.

* Los comentarios aquí expresados son responsabilidad de los autores y no comprometen al Banco de la República y su junta directiva. Se agradecen los comentarios recibidos de los participantes en el Seminario de Economía del Banco de la República en Medellín. También se agradece el suministro de información de parte de Metro-información y de Catastro Distrital, así como la asistencia de Jorge Eliécer Giraldo, Sebastián Londoño, Carlos Alberto Castañeda y Arlen Guarín.

** Investigadores cmendinu@banrep.gov.co, cev818@gmail.com.

AGLOMERACIÓN ECONÓMICA Y CONGESTIÓN VIAL:
LOS PERJUICIOS POR RACIONAMIENTO DEL TRÁFICO VEHICULAR

Carlos Medina y Carlos Eduardo Vélez
Banco de la República
Octubre, 2011

Abstract

The growing Latin American urbanization that has taken place in recent decades has increased the demand for automobiles and traffic congestion. To lessen the congestion costs, local governments have implemented polemic policies that constrain cars use of 20 to 40 percent of vehicles each working day –In Mexico 1988 and Bogotá 2008, “Pico y Placa”-. To assess the effects of these policies on the productivity of urban agglomerations it is useful to measure their costs on households, to compare them with expected benefits. We use a Life Satisfaction model to estimate the *ex-ante* costs that these restrictions pose on households of Bogotá and Medellín. Our estimates show that when the restriction takes place twice a week, the costs to households is nearly 6.3 percent of household’s per capita income in Bogotá, 13.7 percent of household’s per capita income for households in the top three socioeconomic strata, and there are also costs for the poorest households, who bear the costs of the restriction on their vehicles as a working device. The evidence allow us to conclude that if the benefits for speed increase and lower contamination are not substantial, these Colombian cities should discontinue the whole day “Pico y Placa” programs and consider alternative interventions like congestion tolls in the most congested areas.

Keywords & JEL Codes: R41 - Transportation: Demand, Supply, and Congestion, R48 - Government Pricing; Regulatory Policies; Transportation Planning.

Tabla de Contenido

1. AGLOMERACIÓN ECONÓMICA EXITOSA Y CONGESTIÓN DE TRANSITO: DOS PERSPECTIVAS ANALÍTICAS.....	2
1.1 Desarrollo, Economía Urbana y Aglomeración.....	2
1.2 Economía del transporte y valoración del tiempo.....	5
2. TRAFICO VEHICULAR EN COLOMBIA: HECHOS ESTILIZADOS	7
3. RACIONAMIENTO O PEAJE PARA ALIVIAR LA CONGESTIÓN: DOS EXPERIENCIAS INTERNACIONALES	11
4. CUANTIFICACIÓN DEL PERJUICIO POR RACIONAMIENTO DEL TRAFICO VEHICULAR.....	16
4.1 Tres metodologías alternativas	17
4.2 Metodología adoptada: Calidad de Vida (Life Satisfaction)	18
5. COSTOS DEL RACIONAMIENTO AL TRÁFICO VEHICULAR PARA LOS HOGARES: UNA ESTIMACIÓN EX-ANTE	20
5.1 Distribución de los perjuicios del racionamiento	21
5.2 Resultados de la estimación de la ecuación de Calidad de Vida	23
5.3 Compensación monetaria por racionamiento del trafico vehicular	28
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	30

En Latinoamérica el nivel creciente de urbanización y la mayor productividad asociada al proceso de aglomeración económica, han inducido una mayor demanda de vehículos por parte de los hogares y de los negocios para llevar a cabo las actividades económicas, la cual, en casos como el colombiano, no ha sido acompañada de suficientes mejoras en la infraestructura e institucionalidad del transporte para lograr una operación económicamente eficiente de sus ciudades. Ante la agobiante congestión de tráfico en algunas ciudades se ha intentado aliviar este problema imponiendo restricciones al tráfico vehicular por uno o dos días a la semana (México 1988 y Bogotá 2008), equivalentes a la expropiación de un 20 o 40% del flujo de servicios del vehículo, respectivamente. Cabe anotar que este tipo de medidas extremas de racionamiento no se han tomado en economías desarrolladas con alta densidad vehicular, en las cuales en cambio se han implementado medidas alternativas menos ineficientes económicamente (como por ejemplo peajes por circulación en zonas más congestionadas en las ciudades de Londres, Estocolmo o Melbourne).

Las medidas de restricción vehicular han ocasionado protestas y debates públicos – en Bogotá y Medellín- e invitan a preguntarse en qué medida ellas interfieren significativamente con la eficiencia económica y la productividad de la aglomeración urbana, y deterioran el bienestar de los hogares.

Este documento presenta una caracterización a nivel de sector censal de varios aspectos relevantes a la congestión del tráfico vehicular en Bogotá y Medellín resaltando las áreas de cada ciudad en los cuales la situación vehicular es más crítica, y encuentra que en el barrio El Poblado de Medellín, la situación es más crítica que en cualquier otro barrio de las dos ciudades. Posteriormente, se realiza un análisis de la congestión en el transporte urbano en el contexto de las economías de aglomeración urbanas asociadas a mayor densidad poblacional, y estrechamente vinculados con la eficiencia económica -más alta productividad de su fuerza laboral-, y se procede a estimar los costos privados para los hogares de la propuesta de restricción vehicular durante un día.

La estimación ex-ante de los costos privados para los hogares de las ciudades de Medellín y Bogotá, se realiza con base en un modelo de Calidad de Vida (*Life Satisfaction*) . Nuestras estimaciones revelan que la restricción en el uso del vehículo particular por un día a la semana trae un perjuicio considerable para los hogares del orden de 2.1 y 6.4 por ciento del ingreso *per cápita* de los hogares de estratos bajos y altos respectivamente en el caso de Bogotá, y de 3.1 y 7.5% del ingreso per cápita de los hogares de estratos bajos y altos respectivamente en el caso de Medellín. Esto es, se perjudican no solo los grupos de altos ingresos sino también a hogares de ingresos bajos, que inclusive, en algunos casos utilizan el vehículo como herramienta de trabajo.

La evidencia permite concluir que, si los beneficios por aumento en la velocidad de circulación y reducción en la contaminación no son considerables, estas restricciones resultan desaconsejables por ser económicamente ineficientes e

ineficaces, pues, además de los perjuicios a los hogares dueños de los vehículos que no pueden realizar viajes de alto valor, los beneficios por disminución del tráfico y de contaminación tiende a perderse con el tiempo a medida que se eleva la retención de vehículos más viejos y contaminantes, como fue el caso hace dos décadas en ciudad de México.

La siguiente sección presenta algunos concepto relevantes para analizar el tema, y posteriormente se presentan los hechos estilizados del transporte vehicular en Colombia, y en particular, en Bogotá y Medellín. La segunda sección presenta algunos hechos del tráfico vehicular en Colombia y en las dos ciudades. La tercera sección compara dos experiencias internacionales que sirven como punto de referencia frente a lo que pueden implicar las medidas bajo estudio en las ciudades colombianas. La cuarta sección presenta las alternativas metodológicas para cuantificar los perjuicios de restringir el tráfico vehicular. La quinta sección presenta los resultados de la estimación de los modelos de Calidad de Vida y la estimación ex-ante del perjuicio que para los hogares representa la medida de restricción vehicular denominada el Día Sin Auto a la Semana, DSAS, y finalmente, la última sección ofrece algunas conclusiones y recomendaciones.

1. Aglomeración económica exitosa y congestión de tránsito: dos perspectivas analíticas

Los perjuicios de la congestión de tránsito urbano son evidentes para cualquier observador: mayores tiempos para el desplazamiento al trabajo y para la entrega de bienes y servicios, mayor consumo de combustible, mayor contaminación del aire e incrementos en la mortalidad y morbilidad asociadas.¹ Cuando el gobierno toma medidas para enfrentar la congestión de tránsito, y reducir los perjuicios que esta trae, surgen ineludiblemente dilemas de política, en tanto las intervenciones dirigidas a disminuir la congestión pueden ocasionar a su vez la pérdida de viajes valiosos por parte de los hogares o de los negocios. Con efectos perversos sobre la eficiencia de la economía urbana en el corto y en el largo plazo.

Para poder lograr una perspectiva más clara de los determinantes del valor de las actividades económicas potencialmente afectadas, resulta de utilidad considerar dos vertientes del análisis económico: la economía de la aglomeración y la economía del transporte (y de la congestión).

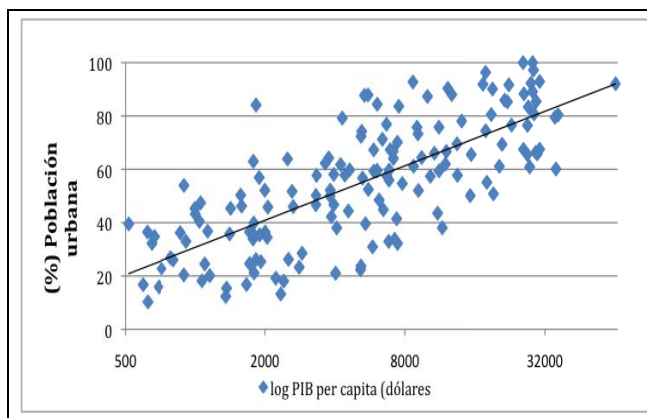
1.1 Desarrollo, Economía Urbana y Aglomeración

¹ Por ejemplo, en las ciudades de Medellín y Bogotá la contaminación atmosférica medida en PM10 en el 2008 superaba 60 µg/m³ –tres veces el nivel máximo recomendados por la OMS-, ocasionando significativos incrementos de la mortalidad y morbilidad para niños y adultos. Según Medellín Como Vamos (2008) y UN Agencia de Noticias (2009), por cada 10 µg/m³ adicionales, se incrementa la mortalidad general en 4%, la consulta por enfermedad respiratoria para niños en 8%, las complicaciones en niños con asma en 50% -que corresponden al 18% de la población escolar-.

En los últimos años la agenda internacional del desarrollo ha demostrado un interés creciente por el rol de la aglomeración económica urbana en el desarrollo económico de los países. No solo la Academia de Ciencias de Suecia le otorgó el Premio Nobel de Economía 2008 a Paul Krugman por sus trabajos en geografía económica, sino también el Reporte Mundial de Desarrollo del Banco Mundial para el 2009 se tituló *Reshaping Economic Geography WDR 2009* y la *Commission on Growth and Development 2008*, que lideró Michael Spence se enfocó en el mismo tema dedicando un volumen de su reporte al tema de *Urbanización y Crecimiento*.

Estos dos reportes enfatizan un mensaje fundamental: la densidad o aglomeración urbana está estrechamente vinculados con alta productividad de los agentes económicos. El Gráfico 1 muestra la relación exponencial creciente entre los niveles de urbanización y el PIB per cápita para las distintas economías del globo. Es notable como los incrementos en los niveles de urbanización de 40% a 50% conllevan incrementos del \$2000 per cápita, los incrementos de urbanización de 50% a 60% traen incrementos de \$4000 per cápita y así continúa esta secuencia de “rendimientos crecientes” con el nivel de urbanización de las economías.

Gráfico 1. Aglomeración económica exitosa: economías más urbanizadas son más ricas



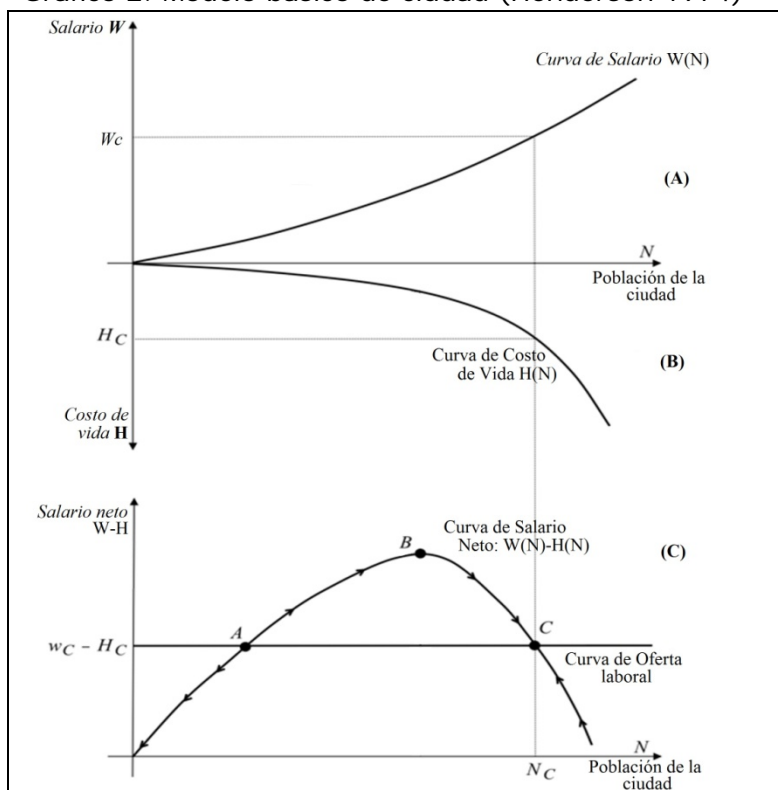
Fuente: Indicadores de Desarrollo Mundial (WDI) 2006 del Banco Mundial para 160 países.

El análisis de la economía urbana logra explicar como la creciente preponderancia de la actividad económica aglomerada espacialmente está asociada con incrementos de productividad porque la estructura productiva de la urbe presenta rendimientos crecientes de escala –RCE- por tres mecanismos principales.² Primero, por la facilidad de *compartir (Sharing)* las mismas instalaciones, segundo, por el *mejor acoplamiento* de oferta y demanda de insumos (*Better Matching*) y, tercero,

² Siguiendo a Duranton (2008).

por una *mayor facilidad de aprendizaje (Learning)* sobre tecnologías y organización de la producción.

Gráfico 2. Modelo básico de ciudad (Henderson 1974)



Fuente: Durantón (2008)

El gráfico 2 nos ilustra el modelo básico de ciudad (Henderson 1974) que identifica los factores determinantes del tamaño o población de la ciudad típica N_c y el *bienestar o beneficio neto del trabajador medio* que la habita –definido como la diferencia entre el salario W_c y el costo de vida H_c -. Estas dos variables endógenas se determinan como el equilibrio entre tres funciones: primero, la *Curva de Salarios $W(N)$* (*panel A*) que refleja los rendimientos crecientes de escala en tanto la productividad laboral aumenta más que proporcionalmente con el tamaño de la ciudad (población) y con la infraestructura de la misma; segundo, la *Curva de Costo de Vida $H(N)$* , (*panel B*) que también crece con la población y que incluye el costo de transporte, de vivienda y otros bienes de consumo; y tercero, una oferta laboral que supone perfecta movilidad representada por la línea horizontal en el panel C.³ El tamaño de la ciudad N_c en equilibrio se da en el punto donde se cortan la Curva

³ Estimaciones preliminares con base en la encuesta de hogares del DANE -GEIH 2006- indican que los diferenciales salariales inter-urbanos por aglomeración en Colombia tienden a crecer con el tamaño de las ciudades y oscilan en un rango entre un 13-26% entre la cabecera urbana del primer cuartil Q1 y la cabecera urbana del tercer cuartil Q3 –correspondiente a Medellín-, y en un rango entre un 16-32% entre la cabecera urbana del primer cuartil Q1 y la cabecera urbana del percentil 90, P90 – correspondiente a Bogotá-.

de Salario Neto (curva de Salario menos Curva de Costo de Vida) y la Curva de Oferta Laboral (panel C), y el beneficio o salario neto es positivo e igual a $Wc-Hc$.

Una de las funciones determinantes del tamaño y el nivel de bienestar de la ciudad, *la Curva de Costo de Vida $H(N)$* , está estrechamente ligada a las dimensiones de la congestión de tránsito y a sus efectos ambientales en la misma ciudad. La Curva de Costo de Vida de la ciudad incorpora tanto los costos de congestión del transporte privado –tiempos de viaje, sobrecostos de combustible, y contaminación ambiental derivada- como la eficacia del transporte público. Además de los tiempos de viaje en el transporte público, estos costos de transporte incluyen, la incertidumbre del tiempo de viaje, los costo del “tiempos+esfuerzo” de acceso al transporte público.⁴ La curva de costo de vida también incluye costos que deben asumir los agentes económicos –negocios y consumidores- para entregar, recibir y adquirir bienes y servicios.⁵ Todos los incrementos de costo de vida inducidos por la falta de movilidad tienden a hacer la ciudad menos eficiente, a reducir el volumen de actividad económica y a disminuir el bienestar y el salario del ciudadano promedio (empleado-trabajador).

En este contexto, las políticas recomendables para cosechar los beneficios de la aglomeración –derivada de los rendimientos crecientes de escala- y lograr ciudades más grandes y más productivas (un desplazamiento a la derecha y hacia arriba en el gráfico 2), consisten en compensar eficientemente las externalidades positivas de producción y desincentivar las externalidades negativas de costo de vida. En primera medida estarían las medidas dirigidas a aliviar los costos sociales de la congestión de tránsito, pues la externalidad negativa de mayores costos sociales del transporte (congestión) exceden costos individuales en el margen. Asimismo, deben establecerse incentivos claros a la difusión del conocimiento. Y promover la competencia en los mercados removiendo cualquier limitación a la circulación de mercancías, servicios y personas y estableciendo sistemas de información orientados a diseminar información de mercado para facilitar transacciones económicas.

1.2 Economía del transporte y valoración del tiempo

Ahora bien, cualquier intervención eficaz para el alivio de la congestión debe tener en cuenta los principios fundamentales de la economía del transporte y de la congestión. El análisis económico del transporte ofrece recomendaciones para

4 Por ejemplo, la dificultad o facilidad de acceso a estaciones y plataformas de Metro en Medellín y Transmilenio Bogotá, tiempo en las filas para compra de tiquetes, distancia a parqueaderos y a otras modalidades de transporte complementarias.

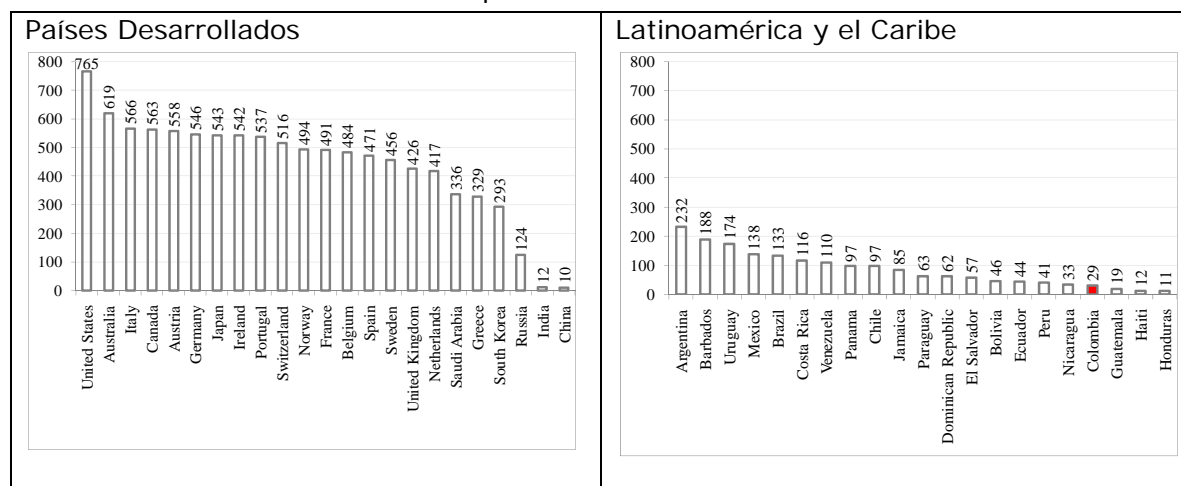
5 Por ejemplo, restricciones ineficientes a la circulación de vehículos de carga y al parqueo de vehículos, con parquímetros ineficientes en zonas/horarios descongestionados, con motivos exclusivamente fiscales.

lograr un resultado eficiente tanto del transporte privado como del transporte público urbanos.⁶

Con relación al transporte privado, se considera que en tanto los costos sociales del transporte exceden los costos individuales en el margen, el conductor del auto privado debe pagar un cargo por los incrementos de tiempo de viaje ocasionados a otros conductores (costo de congestión / externalidad negativa); que este cargo por congestión debe ser mayor en las horas pico y en las áreas más congestionadas (Vickrey, 1992); y que los cargos por parqueo y descargue de mercancías se rigen por principios similares y se cobra menos (o nada) en zonas y horas menos congestionadas. Este cargo debe tener en cuenta una medida monetaria del valor del tiempo de usuarios transporte o su costo oportunidad, que debe basarse tanto en el salario por unidad de tiempo y el valor del tiempo para realizar otras actividades productivas del hogar, de consumo o de esparcimiento (Valor subjetivo del Tiempo VST).

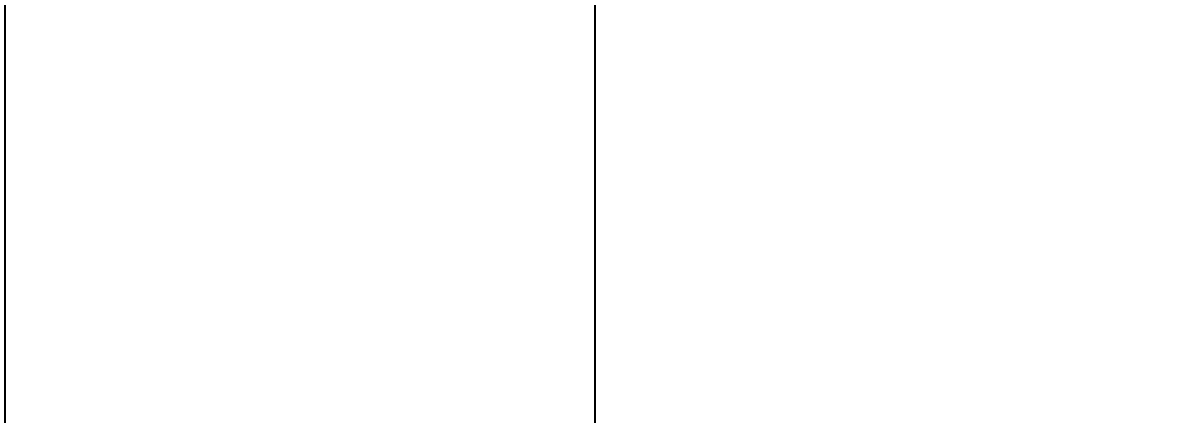
Y en cuanto a la gestión eficiente del transporte público se recomienda reducir el costo total que resulta de sumar el Costo Operacional (Co) al Costo del Usuario (Cu). Y este último Cu resulta a su vez de sumar tres componentes: tiempo y esfuerzo del usuario para acceder al servicio -que obedecen a barreras que dificultan o congestionan el acceso al transporte público-, la escasez de frecuencias de servicio y la baja velocidad de los vehículos de transporte público.⁷

Gráfico 3. Vehículos Automotores por 1000 habitantes



⁶ Siguiendo Jara-Díaz(2008).

⁷ Por ejemplo, el primer componente se puede ilustrar con las dificultades de los usuarios del Metro de Medellín para poder encontrar dispensadores rápidos de tiquetes sin perder tiempo valioso. Para ilustrar el segundo se puede recordar que la legislación vigente en Colombia para rutas de buses servicio público genera incentivos perversos para que el propietario de la misma “inunde” la ruta buses generando más congestión y reduciendo la velocidad del servicio.



Fuente: World Bank, World Development Indicators 2002

2. Tráfico Vehicular en Colombia: Hechos Estilizados

En el contexto internacional y regional Colombia cuenta con un tráfico vehicular relativamente bajo. Colombia ocupa el puesto 98 entre 140 países en el número de vehículos automotores por cada 1000 habitantes, con 29 vehículos por habitante. De acuerdo al gráfico 1, la lista la encabeza Estados Unidos con 765 vehículos por 1000 habitantes, y es seguido por países Europeos, a los cuales acompañan Australia, Canadá y Japón. La mayoría de los países suramericanos tienen más vehículos por habitante que Colombia. Cabe resaltar que con base en el Censo de Población de 2005 el número de vehículos *particulares* de los hogares por habitante *VpH* es mayor que la cifra reportada con base en la fuente del Gráfico 3, lo cual sugiere que para Colombia *VpH* podría estar en el rango que se encuentra la de países como Ecuador o El Salvador, esto es, alrededor de 50 vehículos por 1000 habitantes. Es igualmente destacable que el nivel de *VpH* en los países desarrollados –tales como Italia, Alemania, Austria, Suiza y Estados Unidos- es de más de siete veces el nivel de Colombia, y apenas comparables con el *VpH* observado en los vecindarios de altos ingresos de Bogotá y Medellín –como Chapinero y El Poblado respectivamente-.

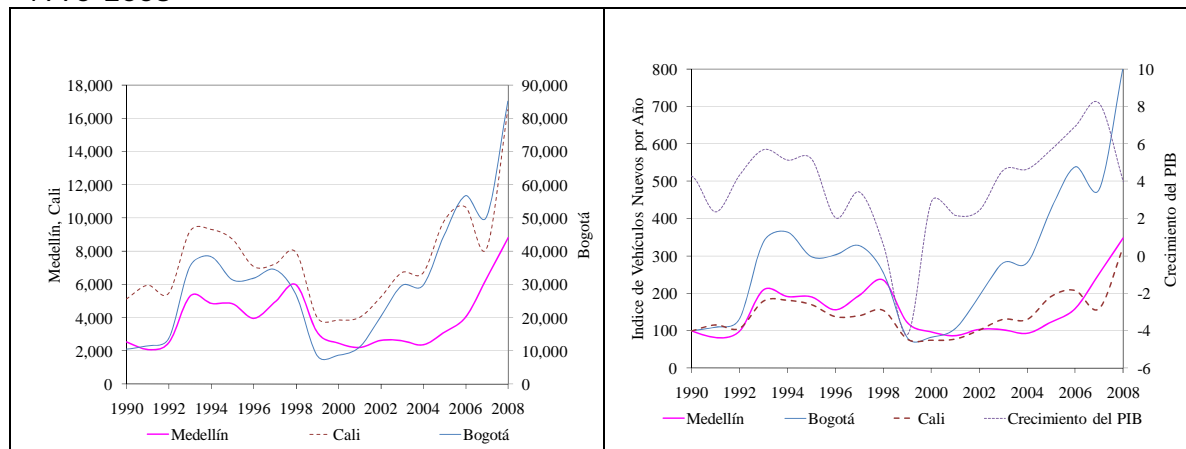
Crecimiento del parque automotor elástico al crecimiento económico

La congestión en el tráfico vehicular que han registrado las principales ciudades del país en los últimos años ha sido en buena parte generada por el reciente boom en la demanda de vehículos que ha experimentado el país. El Gráfico 4 ilustra el número de vehículos particulares nuevos por ciudad desde 1990 a 2008. La figura de la izquierda presenta cifras en valores absolutos y la de la derecha las presenta en valores relativos a la registrada en 1990.⁸ Este gráfico nos muestra que el número de vehículos nuevos por año en Medellín y Cali en 2008 es de 3.0 a 3.5 veces en nivel observado en 1990 y de 8 veces para la ciudad de Bogotá.

⁸ Si bien los vehículos registrados en Medellín son sistemáticamente muy inferiores a los de Cali, buena parte de los vehículos nuevos que circulan en Medellín no son registrados en esa ciudad sino en otros municipios del área metropolitana.

El auge registrado en las cifras del parque automotor se encuentra estrechamente relacionado con la actividad económica del país, tal y como se evidencia al comparar las fluctuaciones del mismo con la cifra del crecimiento del PIB en el mismo gráfico (cifras del crecimiento del PIB en el eje derecho). De esa forma, la caída en los vehículos nuevos registrada en 1999 y 2000 coincide con la caída del PIB en 1999, así como coincide la recuperación de ambas cifras a partir de 2002 y hasta 2008. El documento de Política Nacional de Transporte Urbano y Masivo (DNP-Conpes 3260) del 2003 advierte sobre la elevadísima elasticidad de la demanda de vehículos al PIB, pues *“en menos de una década y media (1989-2002) el parque automotor en Colombia ha crecido más de un 125%, mientras que el PIB per cápita ha aumentado solo un 10% durante este mismo periodo”* (p.6). Ante esta situación y ante las limitaciones fiscales y logísticas de los municipios para expandir su red vial a tasas equiparables al crecimiento del parque automotor, desde principio de esta década se anticipaba una agudización de la congestión urbana del tráfico en el corto plazo. Y esta tendencia se veía reforzada por una oferta de transporte público claramente ineficiente, que además de inducir a los hogares a buscar opciones privadas de transporte, congestionaba adicionalmente las vías al hacer un uso ineficiente de las principales rutas de buses. Este mismo documento, identificaba la relativa baja tasa de motorización –vehículos por habitante- como una ventana de oportunidad durante la cual el transporte público gozaría de mayor demanda y durante la cual se podrían introducir sistemas integrados de transporte público urbano que resolvieran la ineficiencia del status-quo.

Gráfico 4. Automóviles, Camionetas y Camperos Particulares Nuevos por Ciudad 1990-2008



Fuente: Ministerio de Transporte y DANE.

Ineficiencia del transporte público

De acuerdo el documento en mención (DNP-Conpes 3260), hay cuatro aspectos que caracterizan la operación claramente ineficiente del transporte público en las principales ciudades del país cuando se les compara con otras ciudades de América

Latina -Buenos Aires, Recife, Sao Paulo, Curitiba y Santiago- y el sistema Transmilenio de Bogotá. En el Cuadro 1 se aprecian claramente los indicadores de ineficiencia: (i) la sobreoferta de transporte público o excesiva inversión de buses per cápita que lleva a una más baja ocupación de lo mismos y una ocupación ineficiente de las vías, (ii) los altos tiempos de viaje y baja velocidad de viaje en los corredores viales, (iii) mayor antigüedad y obsolescencia del equipo automotor, y (iv) mayor superposición de rutas por la falta de una mayor integración de los diferentes medios de transporte público. Como lo explica el mismo documento del DNP este resultado social y económicamente ineficiente se deriva de los arreglos institucionales y legales que rigen el negocio del transporte público en Colombia, generando los incentivos perversos para la “guerra del centavo” y comprometiendo en consecuencia la productividad urbana por la vía de mayores tiempos de viaje, de mayor congestión, de mayor contaminación del aire y de mayor accidentalidad.⁹

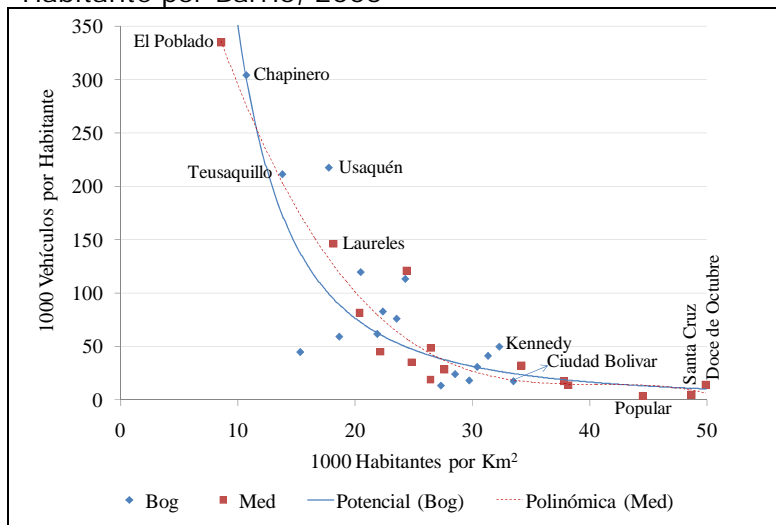
Cuadro 1. Principales Indicadores del Transporte Público en las Ciudades Colombianas

<i>Indicador</i>	<i>Ciudades Colombianas</i>	<i>Ciudades Modelo Latinoamericana*</i>
Ocupación Media (pasajeros / bus-día)	280 – 320	500 – 800
Vehículos de Transporte Público Colectivo / Millón de Habitantes	1500 – 3400	700 – 1500
Kilómetros de Rutas / Millón de Habitantes	2200 -5100	400- 2000
Velocidad de Corredores Principales (Km/Hr)	8 – 12	20 – 25
Edad Media de los Vehículos de Transporte Público Colectivo (Años)	10 - 18	4 – 9

Fuente: DNP (2003). *La comparación se hizo con las ciudades de Buenos Aires, Santiago, Recife, Curitiba Sao Paulo y el sistema TransMilenio en Bogotá

⁹ El documento Conpes describe claramente la lógica que induce la conocida “guerra del centavo”: “La autoridad local otorga permisos a las Empresas de Transporte Público para operar las rutas y éstas, a su vez, afilian los vehículos requeridos, sin ejercer mayor control durante la prestación del servicio y devengan de acuerdo a la cantidad de vehículos afiliados. Los propietarios de dichos vehículos afiliados perciben una renta fija por parte de los conductores, quienes ganan por pasajero recogido, provocando lo que comúnmente se conoce como la “guerra del centavo”” (p. 7)

Gráfico 5. Densidad de Población y los Vehículos por Habitante por Barrio, 2005



Fuente: cálculos autores con base en Censo de Población 2005. ECV MED 2007, ECV2007 DANE Bogotá, Cartografía Municipio Medellín y Catastro Distrital.

Patrones de localización del transporte privado en Bogotá y Medellín

Ahora bien, adónde se concentra principalmente el crecimiento del transporte privado en las ciudades como Medellín y Bogotá? La exploración de la distribución espacial del transporte privado revela un patrón de localización claramente asociado a la distribución del ingreso. En efecto, el Gráfico 5 nos muestra como la población de mayores ingresos y mayor capacidad para demandar vehículos tiende a vivir en los vecindarios menos densos y exclusivos de Medellín y Bogotá. En otras palabras, que espacialmente se presenta una relación inversa entre densidad poblacional y demanda de vehículos per cápita.

Una estimación de la probabilidad de que un hogar tenga vehículo dada la densidad de población del sector censal en el cual reside nos muestra que los hogares que viven en Bogotá en sectores censales con densidades más bajas -alrededor de 7000 habitantes por kilómetro cuadrado- tienen vehículo con una probabilidad de 40%, casi el doble de la probabilidad de tener vehículo de los hogares que viven en sectores censales con densidades alrededor de 20 mil habitantes por kilómetro cuadrado -24%-. Para Medellín, el pico se encuentra en sectores censales con densidades de 5000 habitantes por kilómetro cuadrado cuya probabilidad de tener vehículo es del 80%, más de tres veces la probabilidad de tener vehículo de los

hogares que viven en sectores censales con densidades máximas cercanas a 20 mil habitantes por kilómetro cuadrado.¹⁰

Los síntomas de congestión de tránsito de la ciudad de Medellín se ilustran en los ocho gráficos de uso de las vías que aparecen en el apéndice 2. Como se puede observar allí, entre las 7 am y las 6pm en ocho de los cruces más importantes de la ciudad se observa un nivel de uso de las vías que supera su capacidad -100%- en todos los casos: en cuatro de ellos en más del 20% dos de ellos en más del 40% y uno de ellos en más del 100%.

3. Racionamiento o peaje para aliviar la congestión: dos experiencias internacionales

El menú de medidas de corto y largo plazo para enfrentar los problemas de congestión urbana es bastante amplio, e incluye intervenciones tales como agregar nuevas vías, mejorar las vías existentes, mejorar la infraestructura de transporte, “chatarrizar” o sacar de circulación buses viejos que congestionan las vías, crear impuestos que encarecen la circulación de vehículos –al rodamiento, a la gasolina, peajes por áreas durante períodos de congestión-, facilitar o dificultar el parqueo, facilitar la conexión entre modalidades de transporte, prohibir la circulación de vehículos o “Pico y Placa”, etc.

¹⁰ Para más detalles véase el Apéndice 1 donde se presenta los gráficos y mapas detallados sobre densidad poblacional y vehicular por localidades y comunas en las ciudades de Medellín y Bogotá.

Recuadro 1. Comuna El Poblado, Medellín: período de planeación urbana deficiente de la infraestructura vial

La comuna de El Poblado de Medellín resulta ser un buen ejemplo de una deficiente planeación urbana de la infraestructura vial. A pesar de ser el barrio de mas altos ingresos de la ciudad, con la mas baja densidad de población, y el mas alto número de vehículos por hogar, presenta una muy baja densidad de su red vial la cual se encuentra pobremente conectada. La planeación urbana de las últimas décadas no logró incorporar en el diseño urbanístico una red vial suficientemente amplia para atender los incrementos esperados de densidad poblacional y vehicular; como si lo había logrado décadas atrás en otras zonas altos ingresos de la ciudad –por ejemplo, entre 1950-60 en la comuna de Laureles-

La Comuna del Poblado tiene la menor densidad de cualquier comuna o localidad de Medellín y Bogotá: densidad de población (7-8 mil hab./km²) inferior a cualquier localidad de Bogotá -incluido Chapinero 9-10 mil hab./km²- . Asimismo cuenta con el doble de vehículos por habitante que Usaquén y Chapinero -0.8 versus 0.4- y con una densidad vial menor de la mitad que la de Chapinero y superada por Usaquén en 50% [ver Anexo 1].

Afortunadamente esta Comuna cuenta con alta capacidad de pago lo cual le permitiría a la ciudad financiar una buena proporción de los recursos necesarios para la reducción de su propio déficit vial por medio de impuesto de “valorización” (benefit taxation), sin comprometer los recursos que demandan los planes estratégicos de la ciudad. No obstante, esta carga impositiva terminará cayendo sobre los hombros de los propietarios de los inmuebles de esta zona, sin perjuicio de los intereses de los urbanizadores de la misma, que en su momento debieron regular las instituciones municipales de planeación urbana.

Aun resta por dilucidar cuales fueron los factores institucionales y de economía política que produjeron estos resultados tan dispares de planeación de infraestructura vial entre mediados y finales del siglo XX. La identificación de dichos factores podrían ser de utilidad para evitar que se repitan las dificultades actuales de movilidad en el Poblado en el Valle de San Nicolas en el municipio de Rionegro, donde probablemente se dará el próximo desarrollo de vivienda de altos ingresos dentro del conglomerado urbano que rodea a Medellín.

Esta sección busca presentar un contraste entre dos medidas alternativas de restricción al tráfico vehicular que pretenden aliviar la congestión: la primera, por la vía del *racionamiento* o expropiación parcial del flujo de servicios del automóvil - México D.F. "Hoy No Circula" implantado en 1988- y, segundo, con el incremento del costo marginal de circulación por medio de la imposición de un *peaje* o "cargo por congestión" que se viene implementando la ciudad de Londres desde el año 2000 -*Central London Congestion Charge*-.

La restricción a la circulación de vehículos fue adoptada hace ya dos décadas en la ciudad de México D.F. con el nombre "Hoy No Circula". La evaluación de esta medida de racionamiento por parte del Banco Mundial (Eskeland and Feyzioglu, 1995) demostró que sus efectos fueron contrarios a los que se buscaba pues incrementó la compra de autos viejos sin alivio de la congestión y, en consecuencia, agravó los problemas de la contaminación (Davis, 2008). Estos estudios revelan como luego de la medida adoptada en 1988: i) los pasajeros no incrementaron su uso del transporte público, ii) aumento la compras de gasolina –por encima de lo esperado- y iii) aumentaron los niveles de contaminación de acuerdo a los registros ambientales -hora por hora- en la ciudad de México DF.

De otro lado la utilización de peajes electrónicos para circular durante el día en las áreas centrales y más congestionadas de grandes urbes como Londres, Melbourne y Estocolmo han producido resultados muy positivos en términos de alivio de la congestión de tráfico y eficiencia del transporte público.

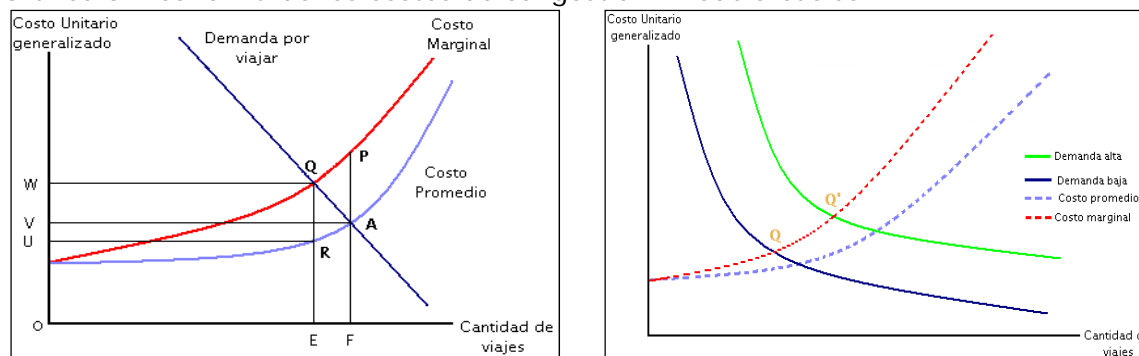
Luego de un intento fallido en 1974 para establecer un peaje diario a los vehículos particulares por circular en la zona central de Londres, se estableció en el año 2000 el *Central London Congestion Charge* imponiendo un cargo de £5 por día para circular entre las 7:00 am y las 6:30 pm. en un área de 21 km². Esta área se monitorean electrónicamente 200 mil vehículos día y se cobran los respectivos peajes. La adopción de esta política hizo parte del debate electoral y candidato que resultó elegido defendió esta propuesta que disminuyó la congestión y mejoró la circulación de vehículos.

El reporte Deloitte Research 2003 señala los principales beneficios de la medida: aumento sustancial de la velocidad de circulación (37%!), disminución de la congestión durante horas de cobro (menos 40%), reducción del número de vehículos circulando en la zona central de Londres (menos 16%), menor duración de los viajes (menos 13%) y circulación mas rápida y predecible de los buses. El mismo reporte indica que el 72% de las urbes europeas consideran seriamente adoptar este tipo de medidas y cerca del 80% de éstas lo haría en los próximos 10 años.

Cómo explicar resultados tan dispares de estas dos restricciones alternativas al tráfico vehicular? La economía del transporte y de la congestión ofrecen la base analítica para explicar los efectos deseables del peaje óptimo –el éxito de Londres- y los indeseables de la política de racionamiento –la decepción hace dos décadas en México D.F.-.

Londres: Cargo por Congestión. El análisis económico básico para explicar el resultado exitoso del peaje de Londres sería el siguiente. El Gráfico 6 (panel izquierdo) nos muestra que en un sistema de transporte urbano *sin restricciones*, se produce un volumen de tráfico *OF* a un costo medio por viaje *FA*, que resultan del equilibrio entre la función de demanda de viajes y la función de costo medio de los viajes. En estas circunstancias, las externalidades negativas de congestión hacen que los costos marginales alcancen el valor *FP* produciéndose un resultado socialmente sub-óptimo o ineficiente ya que los costos sociales totales del último viaje superan los beneficios –que representa la función de demanda- en magnitud *AP*. El volumen económicamente óptimo de tráfico es *OE* ($OE < OF$), porque iguala beneficios y costos sociales marginales de cualquier viaje adicional -costos operacionales y tiempo de viajes *ER*, mas costos de congestión para otros vehículos *RQ*- y el *peaje o cargo por congestión óptimo* para inducir este resultado tendría un valor *RQ* que agregado a los costos medios haría que la demanda se redujera a su nivel óptimo.

Gráfico 6. Economía de los costos de congestión: modelo básico

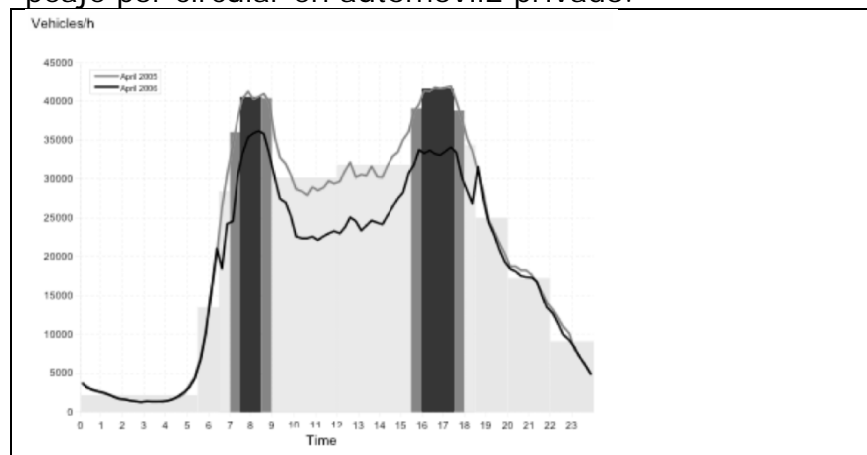


Fuente: Bureau of Transport and Regional Economics. 2007. Estimating urban traffic and congestion cost trends or Australian cities

No obstante, si observamos el Gráfico 7 que describe los volúmenes de tráfico durante el día en la ciudad de Estocolmo -que estableció peajes por congestión a partir del año 2006- surge la pregunta de por qué el volumen de tráfico urbano tiene picos y es más lento en las horas anteriores y posteriores al horario laboral *aún después de aplicar peajes óptimos de descongestión*? El mismo Gráfico 6 (panel derecho) permite explicar esta aparente paradoja: si bien las funciones de costos de viaje medio y marginal solo dependen de los volúmenes de viaje, la curva de demanda se desplaza durante el día y alcanza un nivel más alto en los períodos

en que se realizan los viajes más valiosos hacia y desde el trabajo (entre las 7-9 AM y las 5-7 PM) y por tanto a estas horas aún con el cargo por peaje y mayores tiempos de viaje se observa un *mayor* volumen tráfico (punto Q'). Por supuesto, la misma lógica implica que en las horas de demanda BAJA se presentan valles de volumen de tráfico y *menores* tiempos y costos de viaje (punto Q). En consecuencia las curvas de uso eficiente de las vías deben tener en cuenta además de los criterios de la ingeniería la valoración económica diferenciada que los usuarios hacen de sus viajes durante el día.

Gráfico 7. Estocolmo. Volumen de circulación durante el día: antes y después de la introducción del cargo o peaje por circular en automóvil privado.



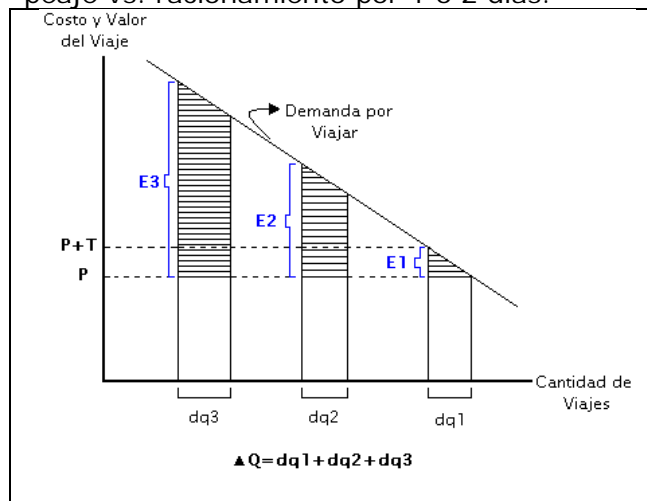
Fuente: Gunnar Johanson, 2006.

México D.F. 1988: racionamiento "Hoy No Circula". Como se mencionó anteriormente el programa "Hoy no Circula" de México fue el precursor del "Pico y Placa" en Colombia. El análisis económico de la demanda nos enseña que las personas pagan por los servicios un precio menor o igual al valor de los beneficios que reciben, y el excedente del consumidor es igual a la diferencia. Y si hacemos referencia al transporte privado, en el Gráfico 8 la función de demanda de viajes, DD' nos muestra que el beneficio de la mayoría de los viajes Q es muy superior al costo de los mismos P , que incluyen el costo de combustible, depreciación auto y valor del tiempo de viaje -aún en un momento de congestión!-. Y cuando se impone un cargo por circulación T solo se pierde el excedente del consumidor $E1$ correspondiente a los viajes de menor valor entre $dQ1$. Ahora bien, el Gráfico 8 también nos muestra que una restricción de tráfico vehicular por racionamiento ΔQ impide en forma indiscriminada viajes de valor bajo, mediano y alto ($dq1$, $dq2$ y $dq3$), ocasionando pérdidas totales mayores que una política de peajes o cargo por circulación que incrementa los costos en el margen y solo hace perder los viajes de

menor valor.¹¹ En efecto, mientras el racionamiento hace perder viajes con excedentes de consumidor $E1$, $E2$ y $E3$ ($E1 < E2 < E3$), la política de peajes solo hace perder viajes con excedente del consumidor más bajo $E1$.

En conclusión, el examen comparativo de estas dos experiencias internacionales de restricción al tráfico vehicular nos demuestra que los beneficios económicos de la aglomeración urbana vienen acompañados de congestión de tráfico como en el caso de ciudad de México 1988 y que el racionamiento puede terminar siendo contraproducente. Que a pesar de que la utilización de peajes urbanos tiende a producir un resultado económico más eficiente, la congestión aunque menor seguirá siendo superior en las horas en que se realizan los viajes mas valiosos y por tanto la curva óptima de tráfico durante el día laboral tendría la forma de una meseta con 2 picos en cada extremo. Y por tanto, la gestión de tráfico debe tener en cuenta tanto el punto de vista operacional del suministro de vías como el punto de vista del usuario, que valora en forma diferencial cada viaje de acuerdo al beneficio económico que le reporta.

Grafico 8. Pérdidas de excedente del consumidor bajo escenarios alternativos: peaje vs. racionamiento por 1 o 2 días.



Fuente: Eskeland y Feyzioglu, 1995

4. Cuantificación del perjuicio por racionamiento del tráfico vehicular

Procurar cuantificar los costos que se imponen sobre los hogares por medidas como la restricción vehicular durante un día no es una tarea fácil, y de hecho, la estimación que se presentará a continuación no carece de limitaciones. Las opciones metodológicas tradicionalmente utilizadas en la literatura económica para este tipo de problema son: *valoración contingente*, *precios hedónicos* y *preferencias*

¹¹ Siguiendo la argumentación de Eskeland y Feyzioglu, 1995.

reveladas. No obstante, a la luz de las limitaciones de estas alternativas convencionales y de la data disponible, consideramos que la *metodología de Calidad de Vida (Life Satisfaction)* puede arrojar estimaciones más precisas sobre el orden de magnitud de los perjuicios de la medida DSAS sobre los hogares.

4.1 Tres metodologías alternativas

Si bien el uso del vehículo particular por parte de las personas es de beneficio privado, el mismo impone importantes externalidades del congestión al uso del vehículo por parte de terceros, y viceversa. Por esta razón, para cuantificar la disponibilidad a pagar de las personas por el uso de su vehículo, resulta aconsejable utilizar métodos que de alguna forma permitan cuantificar la valoración directa o indirecta de los bienes públicos o externalidades asociados a la decisión en cuestión. No obstante, las personas tienen dificultades para valorar aspectos que no son transables en el mercado. Como lo señalan Diamond y Hausman (1994), “los individuos no compran bienes públicos”. Por ejemplo, dado que no hay mercados para la congestión, las personas no pueden comprar descongestión, y por esa razón, no les es fácil valorarla. Varios estudios han intentado utilizar la *valoración contingente* como método para cuantificar la disponibilidad a pagar de las personas por bienes públicos.¹² No obstante, otras investigaciones han advertido sobre *tres* limitaciones de esta aproximación.

Tal vez la dimensión más popular sobre la cual existen reservas es el denominado *sesgo conjetural*, conocido en la literatura como *hypothetical bias*. Este sesgo, es definido comúnmente como la diferencia entre las hipótesis sobre lo que los individuos manifiestan que harían o dirían en ciertas circunstancias, y lo que efectivamente hacen o dicen una vez viven la circunstancia. A pesar de que trabajos como el de Cummings y Taylor (1999) encuentran que al manifestarle explícitamente esta limitación a las personas, estrategia conocida como ‘*Cheap Talk*’, el sesgo en las valoraciones que las mismas realizan se reduce, List (2001) encuentra que la reducción en el sesgo no es homogénea en toda la población, y que el mismo se mantendría para cierto tipo de personas. En el caso de la restricción vehicular, se podría anticipar que las personas que hoy en día no tienen carro enfrentarían esta dificultad al momento de pronosticar los costos que la medida le acarrearía de ellos tener un carro, e inclusive, los beneficios de la misma como usuarios del transporte público ante un escenario de menor congestión que efectivamente con ha vivido, y que solo lo podría imaginar.

List et al. (2004) identifica la segunda dimensión sobre la cual se han demostrado limitaciones en la metodología de la valoración contingente que es el denominado

¹² La valoración contingente hace uso de encuestas con base en las cuales procura cuantificar la disponibilidad a pagar de los entrevistados por bienes o programas hipotéticos. Sobre el método de la valoración contingente ver Portney (1994). Una posición a favor de la valoración contingente puede ser vista en Hanemann (1994) y Carson et al. (2001).

aislamiento social, en relación al cual se ha estimado que podría llevar a sesgos en las valoraciones de dimensión similar a aquellos producidos por el sesgo conjetural.

Más allá del *sesgo conjetural*, una tercera limitación que se podría surgir en un intento de valorar los costos privados que se generarían de la restricción vehicular mediante la valoración contingente, es el de la *respuesta estratégica*. Si aceptáramos que para los dueños de vehículos la medida tendría costos privados mayores a sus beneficios, se podría esperar que los dueños de vehículos, al momento de ser consultados sobre una estimación de los costos de una eventual restricción vehicular, tengan incentivos a sobreestimar los costos de la medida, sobretodo, teniendo en cuenta que quienes responden la encuesta no tienen nada que perder de optar por esta opción.¹³

Adicionalmente existe una restricción empírica para implementar la metodología de valoración contingente. Esto es para estimar adecuadamente la valoración que los hogares hacen de características diferenciales de las modalidades alternativas de transporte. Por ejemplo, el valor adicional asignado a la comodidad y la velocidad de desplazarse en un vehículo particular en lugar de hacerlo en un servicio público como un taxi o un bus, y qué le asigna a esa opción en relación a las demás disponibles. Si bien la Encuesta de Calidad de Vida para Bogotá (DANE, 2003) permite conocer el medio de transporte que las personas utilizan para ir a su lugar de trabajo y el tiempo que les toma llegar desde su casa a su lugar de trabajo, esta encuesta *no* permite saber cuáles serían para cada individuo las alternativas de transporte factibles, los respectivos tiempos de viaje y la disposición a pagar por desplazarse en cada uno de ellos.

Otra alternativa comúnmente empleada para valorar bienes públicos es la de *precios hedónicos*, la cual en nuestro contexto podría ser útil para cuantificar costos como los de congestión, más que para medir los costos privados para los hogares. Los denominados métodos de *preferencia revelada*, entre los cuales Frey et al. (2004) mencionan el de los costos de transporte, podrían ser una alternativa interesante a considerar para cuantificar los costos privados de los hogares, no obstante, con base en la misma parece difícil obtener una idea de los costos no monetarios de la forma como los hogares valoran las comodidades relativas en el uso de medios de transporte alternativos como la exclusividad, la privacidad, la seguridad, etc.

4.2 Metodología adoptada: Calidad de Vida (Life Satisfaction)

En este trabajo se utiliza la metodología de Calidad de Vida o "*Life Satisfaction*" para cuantificar el costo privado para los hogares de una medida de restricción en el uso del carro. Esta metodología utiliza las respuestas de los hogares a preguntas sobre su satisfacción personal, para estimar su relación con las principales variables

¹³ Esto es, quienes contestan no son castigados por mentir. Una limitación similar anticipan Baarsma y van Praag (2005) en su estudio sobre la valoración de los costos por el ruido de los aeropuertos.

que se espera que puedan explicar dicha satisfacción, como la edad, educación, los ingresos, etc., y variables de interés para el investigador, en este caso, en lo relativo a la restricción vehicular.¹⁴

Claramente, el alcance de esta metodología depende en forma crucial en la confiabilidad que pueda tener la respuesta de los hogares sobre su satisfacción personal, un aspecto sobre el cual es de esperarse que exista escepticismo. Sobre este particular, Layard (2005) cita el trabajo realizado por Richard Davidson en el cual presenta evidencia basada en la neurología cerebral moderna, que demuestra la existencia de evidencia objetiva –imágenes del cerebro- correspondiente a cuando una persona reporta que se siente feliz, y viceversa.¹⁵ Esta evidencia se repite cuando se estudia a diferentes personas, y cuando se estudia a la misma persona en el tiempo. La evidencia neurológica correspondiente a la manifestación de felicidad ha sido fundamental para darle soporte a los supuestos implícitos de cordialidad y comparabilidad interpersonal sobre los cuales reposa la aproximación basada en la satisfacción con la vida.¹⁶

A continuación se presenta un modelo de satisfacción con la vida, en la línea expuesta por Frey et al. (2004) se hace una extensión del modelo utilizado por Medina, Nuñez y Morales (2008), con base en el cual se procede a hacer la estimación de los costos privados de un racionamiento de tráfico vehicular.

Como se mencionó anteriormente, el modelo explica la satisfacción con la vida en función de un conjunto de variables entre las cuales se incluyen la edad, educación, y la salud de las personas, su ingreso, número de niños, etc. La ecuación a estimar es

$$LS_{ij} = \alpha_0 + \alpha_1 H_{ij} + \alpha_2 V_{ij} + \alpha_3 S_j + \alpha_4 A_{ij} + \rho \ln(Y_{ij}) + e_{ij} \quad (1)$$

Donde LS_{ij} es la satisfacción con la vida o la calidad de vida del hogar i que habita en el sector censal j , es función de las variables de control del hogar del individuo i en el sector censal j , H_{ij} , las características de su vivienda, V_{ij} , los bienes públicos urbanos o "amenities" del sector censal j , S_j , y la propiedad del automóvil, A_{ij} y el ingreso per cápita del hogar i en el sector censal j , Y_{ij} . Una vez se obtienen los estimadores de los parámetros de la ecuación (1) se procede a calcular *precio implícito del vehículo* y la pérdida de bienestar, que medimos como *la compensación monetaria ex-ante* para contrarrestar el perjuicio que recaería sobre el hogares tras imponer la medida de restricción al tráfico vehicular, DSAS. Para cuantificar el valor que los hogares le asignan a la posesión del vehículo, se deduce el *precio implícito del vehículo* diferenciando la ecuación (1):

¹⁴ Ver van Praag (2007), Layard (2005), y Frey y Stutzer (2002) entre otros.

¹⁵ Ver Davidson (1992, 2000) y Davidson et al. (2000)

¹⁶ Ver también la evidencia en favor de este método presentada por Di Tella y MacCulloch (2008), Kahneman, Diener and Schwartz (1999), Sutton y Davidson (1997).

$$P_A = \frac{\partial LS / \partial A}{\partial LS / \partial Y} = \frac{\alpha_4 \bar{y}}{\rho} \quad (2)$$

Si A_o , es la tasa media de propiedad de automóvil –o el valor medio de A_{ij} -, la medida de restricción al tráfico vehicular o DSAS impone un racionamiento R –de 20% para 1 DSAS o 40% para 2 DSAS-, que reduce la tasa efectiva de propiedad del automóvil en una magnitud igual a $A_o R$, para el hogar promedio. Dado que el nivel de calidad de vida del hogar medio -previo al DSAS o racionamiento- es igual a $U_o = U[A=A_o, Y_o]$, el incremento del ingreso o *compensación monetaria* $CM(U_o)$ necesaria para contrarrestar el perjuicio que recae sobre el hogar promedio debe ser de una magnitud que restablece el nivel inicial de calidad de vida, esto es que $U[A=A_o(1-R), Y_o(1+CM(U_o))] = U_o$. Por tanto, $CM(U_o)$ resulta igual a una fracción del precio implícito P_A , proporcional al racionamiento del tráfico vehicular $A_o R$,

$$CM(U_o) \equiv \frac{A_o R P_A}{Y_o} = \frac{A_o R \alpha_4}{\rho} \quad (3)$$

Ahora bien, esta expresión es una buena aproximación de la compensación monetaria para cambios marginales de R cercanos a cero. Cuando los cambios son de mayor orden, la precisión de la aproximación se puede debilitar por una mayor curvatura de la curva de indiferencia en el espacio bidimensional (A, Y). Siguiendo esta lógica, y manteniendo el nivel de calidad de vida inicial en la ecuación (1), se deduce que la compensación monetaria $CM(U_o)$,

$$CM(U_o) = \exp\left(\frac{A_o R \alpha_4}{\rho}\right) - 1 \quad (3a)$$

Las diferencias de medición que puedan surgir de las formas alternativas de cálculo del valor monetario del perjuicio por DSAS (3) y (3a), se reportan en la siguiente sección. Cabe anotar que en ambas expresiones la compensación monetaria es directamente proporcional a la valoración de la propiedad del automóvil, a la proporción de hogares que poseen automóvil y al nivel del racionamiento, pero es independiente del nivel de ingreso inicial.¹⁷ Como corolario, se concluye que el perjuicio para la ciudad que adopta el DSAS o la *compensación monetaria total* resulta del producto de $CM(U_o)$ por la masa de ingresos de la ciudad.

5. Costos del racionamiento al tráfico vehicular para los hogares: una estimación ex-ante

¹⁷ Esta última propiedad está vinculada a la especificación de la ecuación de calidad de vida (1) que se ha utilizado, logarítmica en el ingreso y lineal en todas las demás variables.

Esta sección presenta los resultados de utilizar la metodología de Calidad de Vida o "*Life Satisfaction*" para medir el perjuicio que para un hogar representa una restricción parcial del uso de un automóvil – de uno o dos Días Sin Auto por Semana, DSAS. Inicialmente, se describe como el racionamiento del tráfico vehicular afecta en forma adversa tanto a los grupos de estratos altos como a los estratos de ingresos medios y bajos, y en particular a los individuos ocupados de la fuerza laboral. Luego se presentan los resultados de estimar la ecuación (1) para Bogotá y Medellín y la cuantificación de la compensación monetaria necesaria para compensar los perjuicios del racionamiento del tráfico vehicular.

5.1 Distribución de los perjuicios del racionamiento

La medida de uno o dos Días Sin Auto por Semana –uno o dos DSAS- equivale a expropiación 20% o 40% del flujo de servicios automóvil durante la semana laboral. A quién perjudicaría el DSAS? Cómo se distribuyen los perjuicios? En Medellín y Bogotá -respectivamente- hay 91 mil y 441 mil hogares que poseen al menos un automóvil.¹⁸ Esto quiere decir que el 15 y 23 por ciento de los hogares en Medellín y Bogotá se ven perjudicados por el DSAS. El Cuadro 2 nos muestra claramente que la medida del DSAS en Bogotá y Medellín perjudica tanto a los hogares de altos ingresos como a los de bajos ingresos. Una cuarta parte de los hogares con automóvil de Medellín pertenecen a los estratos de ingresos bajos -1, 2 y 3- y en Bogotá más de la mitad -53%!- pertenecen a estos estratos y resultan perjudicados por este tipo de medida.¹⁹ Lo anterior es debido a que a pesar de que los estratos más bajos tienen una probabilidad mucho más baja de tener automóvil (9 y 22 por ciento para el estrato 3 contra 63 y 75 por ciento para los estratos 5 y 6 en Medellín y Bogotá respectivamente), son los más numerosos. Esta evidencia demuestra que independientemente de los costos de eficiencia de las restricciones al tráfico vehicular, la medida también tiene consecuencias inequitativas pues afecta considerablemente a grupos económicamente desfavorecidos.

¹⁸ Tomado de las Encuestas de ECV-MED 2006, ECV-DANE Bogotá 2003.

¹⁹ En esta descripción hacemos abstracción de otros hogares perjudicados que poseen automóvil, viven en municipios vecinos, y necesitan desplazarse a los cascos urbanos de Medellín y Bogotá.

Cuadro 2. Hogares que poseen un vehículo automotor. Medellín 2006 y Bogotá 2003.

Estrato	Medellín		Bogotá	
	% Hogares con auto dentro del estrato	% Autospor estrato	% Hogares con auto dentro del estrato	% Autos por estrato
1 y 2	2	6	7	12
3	9	19	22	41
4	32	23	54	23
5 y 6	63	51	75	24
Total		100		100

Fuente: cálculos propios. Encuestas de hogares ECV-Medellín 2006, ECV-DANE Bogotá 2003.

Estos hogares y la economía urbana en general resultan perjudicados por el DSAS en distintas formas: La mayoría de los miembros de los hogares no pueden ir al trabajo en su vehículo o transportar en el mismo a miembros del hogar al colegio u otras actividades recreativas y culturales, o desplazarse para demandar bienes y servicios. Las empresas enfrentan restricciones significativas para entregar y recibir bienes y servicios. Algunos hogares no pueden utilizar su vehículo como herramienta para trabajar –siendo particularmente perjudicial para las personas pobres, que para Bogotá representan el 20 por ciento de los hogares en el estrato 2-. El perjuicio es mayor para hogares y empresas que no tienen opciones alternativas de transporte por la imposibilidad de reprogramar la actividad sin incurrir en mayores costos o disponer de otro auto u otro medio de transporte igualmente seguro y económico –costos monetarios y de tiempo-.

Cuadro 3. Medio de transporte para ocupados y costo de oportunidad. Bogotá 2003 y Medellín 2006

Medio de Transporte	Principal medio transporte al sitio donde trabaja				Tiempo de viaje vs de trabajo	Salario Medio	Costo de Oportunidad**		
	Medellín, 2006		Bogotá, 2003						
	Pasajeros x10 ³	%	Pas. x10 ³	%				%	Valor (\$x10 ³)
(1)	(2)	(3)	(4)	(3*4)/100					
A Pie	183	20.6	422	17	5	471	24		
Bicicleta	6	0.7	93	4	10	464	44		
Moto	46	5.2							
Bus o Buseta	464	52.2	1,368	54	18	573	101		
Tte. Informal	6	0.7	1	0	9	246	23		
Taxi o colectivo	35	3.9	47	2	8	1,477	119		

<i>Vehículo Partic.</i>	91	10.3	315	13	11	2,257	238
<i>Metro/Transmil.</i>	43	4.8	191	8	17	907	155
<i>Otro</i>	8	0.9	79	3	14	1,349	182
<i>NS/NR</i>	7	0.8	0				
<i>Total</i>	889	100	2,516	100	14	808	114

* Minutos. Incluye tiempo de espera del medio de tte. ** Se asume jornada de trabajo de 5 días a la semana.
Fuente: Encuesta de Calidad de Vida del Dane, 2003, y Encuesta de Calidad de Vida de Medellín, 2006.

Ahora bien que tanto pueden afectar el DSAS a los las personas ocupadas, para quienes los viajes al trabajo tienen muy alto valor? El cuadro 3 muestra que el uso de diferentes medios de transporte es similar en Bogotá y Medellín, siendo Bogotá la ciudad donde los ocupados se trasladan al trabajo con mayor frecuencia en Transmilenio (en comparación al Metro en Medellín), bus, o vehículo particular, y con menor frecuencia a pie, en bicicleta, moto, o en taxi.²⁰ El mismo cuadro muestra que los ocupados que se transportan en vehículo particular representan un porcentaje significativo de la fuerza laboral –12.5% en Bogotá y 10.3% en Medellín-. La mayor proporción de potenciales beneficiarios de reducir la congestión urbana e incrementar la velocidad de circulación serian los ocupados que se desplazan en transporte público colectivo -quienes representan más del 50% de los ocupados en ambas ciudades-. Un grupo para el cual el tiempo de viaje al trabajo representa una fracción mucho mayor con relación al tiempo de trabajo. En efecto, en la ciudad de Bogotá, los ocupados que más se demoran trasladándose al trabajo en relación al tiempo que laboran son aquellos que se transportan en bus o en Metro/Transmilenio, ya que dedican más del 17 por ciento del tiempo que trabajan en trasladarse a sus lugares de trabajo.²¹ No obstante, los más perjudicados *per cápita* por congestión son los ocupados que se desplazan en vehículos particulares, pues si medimos el costo de oportunidad del tiempo de desplazamiento en términos proporcionales sus respectivos salarios, estos duplican el costo de oportunidad *per cápita* de los que viajan en bus o en transporte colectivo.

5.2 Resultados de la estimación de la ecuación de Calidad de Vida

Data

Los datos utilizados para la estimación de la ecuación (1) provienen de la Encuesta de Calidad de Vida 2006 del Municipio de Medellín y la Encuesta de Calidad de Vida de Bogotá 2003 elaborada por el DANE. En las encuestas se dispone de 12,769 y 19,910

²⁰ Vale la pena resaltar que a pesar de que el Metro opera hace más de una década en Medellín, su cobertura de la fuerza laboral ocupada es muy inferior a la del Transmilenio en Bogotá -4.8% vs. 7.6% de los ocupados-.

²¹ Si los buses alcanzaran la velocidad media de Transmilenio, se lograrían grandes beneficios para este grupo mayoritario de usuarios. Lamentablemente este estadístico no está disponible en la encuesta de Medellín.

hogares para Bogotá y Medellín respectivamente. Y en el anexo 3 Cuadro A3.1 y A3.2 se presentan las estadísticas descriptivas de las variables utilizadas en la estimación de los modelos para Bogotá y Medellín. No obstante, dado que la encuesta de Medellín originalmente no incluyó la pregunta de satisfacción con la vida, se procedió a encuestar a una muestra aleatoria de 1900 hogares, de los cuales se obtuvo información para 1898 hogares. La muestra es aleatoria al interior de estratos, y de hecho, la distribución de la población por estratos de la muestra a la cual se le hizo la pregunta -panel derecho del cuadro A3.2- y aquella a la cual no se le hizo -panel izquierdo del mismo cuadro- es estadísticamente similar -ver última columna de la derecha-.²²

Resultados de la estimación del modelo de calidad de vida

La especificación del modelo estimado contiene una variable dependiente dicotómica que representa la calidad de vida del hogar, denominada LS_{ij}, que toma el valor de uno si en el hogar *i* del sector censal *j* la calidad de vida es calificada como "muy buena" ó "buena", y si por el contrario es calificada como "regular" ó "mala" toma el valor de cero. El listado completo de los cinco grupos de variables y sus estadísticas básicas para las ciudades de Bogotá y Medellín se presentan en el Anexo 3, Cuadros A3.1 y A3.2 respectivamente.

Para estimar el modelo de calidad de vida del hogar descrito en la ecuación (1), se incluyen cinco grupos de variables. Además de las variables cuyos parámetros se utilizan directamente para el cálculo de la compensación monetaria en la ecuación (3) -relativas a la propiedad y uso del automóvil, *A*, y a la riqueza y el ingreso per cápita del hogar, *Y*-, se incluyen tres grupos de variables de control para el hogar *H*, la vivienda *V* y el vecindario *S*. El primer grupo de variables *A*, que hacen referencia a la tenencia de vehículo en el hogar y la utilización de un vehículo particular para ir al lugar de trabajo, en Bogotá y Medellín, y del número de automóviles del hogar en la ciudad de Medellín. El segundo grupo de variables *Y*, que incluye el logaritmo del ingreso per cápita del hogar, el ingreso per cápita del hogar y el ingreso per cápita de los hogares cuyo jefe es ocupado. El tercer grupo de variables de control socio demográficas *H* (con 58 variables para la especificación de Bogotá y 17 para la de Medellín) que reúne las características del jefe del hogar, las características de los niños presentes en el hogar, la educación de la madre y el padre del jefe del hogar, la asistencia de los miembros del hogar a alguna institución educativa, la ocupación o desocupación de los miembros del hogar y ciertas características propias del hogar como tal (uso del suelo, propiedad ó no de la casa, entre otros).

²² No obstante, la segunda muestra re-encuestada registra algunas diferencias con relación a la primera, y entre ellas cabe resaltar menor ingreso per cápita promedio, menor ingreso promedio de ocupados, más cuartos por vivienda, jefes de hogar de mayor edad, menos educados y menos ocupados, menor número de hijos menores de 18, y mayor proporción de hogares que habitan en casas -que en apartamentos-.

Con base en los resultados de la estimación en la ecuación (1), los cuadros 4 y 5, para las ciudades de Bogotá y Medellín respectivamente, reportan los parámetros de interés para el cálculo del precio implícito y la compensación monetaria por el DSAS en cada ciudad. En cada caso se reportan los parámetros del efecto que en la Calidad de Vida tienen las variables “Se va en vehículo particular al trabajo”, “Logaritmo del ingreso per cápita del hogar” y “Tiene Carro” – y “Número de vehículos en el hogar” para Medellín.²³ Los resultados se presentan en tres paneles, el panel A para toda la muestra, el panel B para los hogares de bajos ingresos - estratos 1, 2 o 3-, y el panel C para los hogares de ingresos medios-altos -estratos 4, 5 o 6-.

El cuarto grupo de variables de control sobre las características de la vivienda V (con 19 variables para Bogotá y 3 para Medellín), que agrupa variables tales como la tenencia y calidad de algunos servicios públicos (gas, electricidad, telefonía y recolección de basuras), el estrato socioeconómico de la vivienda y el tipo de vivienda (casa, apartamento u otro). El quinto grupo de variables de control relativas a los bienes públicos urbanos locales S (con 57 variables para la especificación para Bogotá y 18 para la de Medellín), que reúne indicadores sobre la cantidad de parques en el vecindario, la existencia de fábricas en la zona, la facilidad de obtener acceso a diversos medios de transporte, la seguridad, las condiciones de vida del barrio, la existencia de lugares que perturban la tranquilidad nocturna del barrio (bares, prostíbulos, discotecas, casinos, venta de drogas, entre otros), la presencia de diversas instituciones educativas en la zona, el número de lugares de recreación y esparcimiento para la población (iglesias, sitios culturales y lugares para practicar algún deporte) y la presencia de entidades prestadoras de servicios de salud en el vecindario.

Cuadro 4. Estimación Modelo de calidad de vida Bogotá 2003									
Variable	Todos los hogares				Hogares con jefe ocupado				
	(1)		(2)		(3)		(4)		
	Coeficiente		Coeficiente		Coeficiente		Coeficiente		
<i>A. Toda la Población</i>									
Se va en vehículo particular al trabajo	0.310	***	0.222	***	0.307	***	0.209	***	
Logaritmo del ingreso per cápita del hogar	0.362	***	0.353	***	0.405	***	0.395	***	
Tiene Carro			0.152	***			0.163	**	
Número de observaciones	12555		12555		9120		9120		
Pseudo R ²	0.189		0.190		0.194		0.195		
<i>B. Estratos Bajos⁽¹⁾</i>									
Se va en vehículo particular al trabajo	0.338	***	0.209	**	0.354	***	0.208	**	
Logaritmo del ingreso per cápita del hogar	0.385	***	0.373	***	0.394	***	0.382	***	
Tiene Carro			0.195	***			0.215	***	
Número de observaciones	7500		7500		6505		6505		

²³ Los resultados completos de la estimación de la ecuación (1) se reportan en el Anexo 4 en las tabla A4.1 y A4.2.

Pseudo R ²	0.155	0.156	0.159	0.160
<i>C. Estratos Altos⁽¹⁾</i>				
Se va en vehículo particular al trabajo	0.445 ***	0.341 *	0.4853 ***	0.381 **
Logaritmo del ingreso per cápita del hogar	0.930 ***	0.904 ***	0.946 ***	0.918 ***
Tiene Carro		0.292 *		0.296 *
Número de observaciones	1171	1171	1142	1142
Pseudo R ²	0.365	0.368	0.379	0.382
Notas: (1) Los estratos bajos incluyen al 1, 2 y 3, los altos el 4, 5 y 6.				
*Significativo al 90%, ** Significativo al 95%, *** Significativo al 99%				

Los resultados de las estimaciones de los parámetros de interés para el cálculo de la compensación monetaria por racionamiento se presentan en el Cuadro 4 para la ciudad de Bogotá y en el Cuadro 5 para la ciudad de Medellín. Para la ciudad de Bogotá se incluyen los resultados de cuatro especificaciones alternativas del modelo de calidad de vida (dos para todos los hogares y dos para la submuestras de los hogares con jefes ocupados), y en los paneles B y C se agregan las estimaciones para las submuestras de estratos de bajos y altos ingresos respectivamente. Para la ciudad de Medellín se representan los resultados de dos especificaciones del modelo de calidad de vida, y para uno de los dos modelos se agregan los resultados de las estimaciones para las submuestras de estratos de bajos y altos ingresos. Los resultados completos de los estimadores para todas las variables incluidas en las especificaciones de los modelos se presentan en el anexo en el Cuadro A4.1 y A4.2 para las ciudades de Bogotá y Medellín respectivamente.

Cuadro 5. Estimación Modelo de calidad de vida Medellín 2006

Variable	Modelos	
	(6)	(7)
	Coeficiente	Coeficiente
<i>A. Toda la Población</i>		
Se va en vehículo particular al trabajo	0.175	0.163
Logaritmo del ingreso per cápita	0.121 ***	0.119 ***
Número de vehículos en el hogar	0.074	
Tiene Carro		0.108
Número de observaciones	1501	1501
Pseudo R ²	0.123	0.123
<i>B. Estratos Bajos⁽¹⁾</i>		
Se va en vehículo particular al trabajo	0.079	
Logaritmo del ingreso per cápita	0.112 **	
Número de vehículos en el hogar	0.297	
Número de observaciones	1206	
Pseudo R ²	0.091	
<i>C. Estratos Altos⁽¹⁾</i>		
Se va en vehículo particular al trabajo	0.217	
Logaritmo del ingreso per cápita	0.182 *	
Número de vehículos en el hogar	0.054	
Número de observaciones	280	
Pseudo R ²	0.133	

Notas: (1) Los estratos bajos incluyen al 1, 2 y 3, los altos el 4, 5 y 6.
*Significativo al 90%, ** Significativo al 95%, *** Significativo al 99%

Los resultados para las ciudades de Medellín y Bogotá (Cuadros 4 y 5) se asemejan en cuanto a los signos y a la estabilidad de los parámetros, pero se diferencian en cuanto a la significancia y a la bondad de ajuste de los modelos. En ambas ciudades los signos positivos de los estimadores de los parámetros del ingreso y del uso/propiedad de vehículo indican su contribución a la mejor calidad de vida de los hogares. Asimismo, para ambas ciudades, se destaca la estabilidad en la magnitud de estos mismos estimadores ante los cambios de especificación de los modelos de Calidad de Vida. No obstante, mientras para la ciudad de Bogotá todos los parámetros de interés logran significancia estadística con un margen superior al 90% de confianza (y en su mayoría del 99%), para la ciudad de Medellín los estimadores no son estadísticamente significativos al 90% de confianza, con la excepción del parámetro del logaritmo del ingreso per cápita. Esta variable resulta estadísticamente significativa al 99% de confianza para el modelo que incluye a toda la población, en tanto que para los modelos de estratos bajos y altos, es estadísticamente significativa al 95% y 90% de confianza, respectivamente.

Cabe anotar, que este contraste en la bondad de ajuste estadístico seguramente obedece a que para la ciudad de Bogotá se dispone de información más detallada de las variables relativas a los bienes públicos del vecindario (19 para Bogotá y solo 3 para Medellín), de una medición más precisa de la variable ingreso, y de una mejor recolección de la variable de calidad de vida (Life Satisfaction), con un tamaño de muestra muy superior en Bogotá. Mientras para los modelos de toda la población de Bogotá el Pseudo R² está entre 19% y 38%, para Medellín dicha medida está entre un 12% y 13%. Para ambas ciudades, la bondad de ajuste es superior en los modelos de la submuestra de estratos altos y las estimaciones obtenidas para los estratos 4,5 y 6 en Bogotá fueron los que presentaron mejores resultados en cuanto a la bondad del ajuste del modelo (Pseudo R² del 36% y 38%).

Finalmente, los resultados de la estimación del modelo de Calidad de Vida para Bogotá para el año 2003 muestran que al incluir la variable "tiene carro" (modelos 2 y 4) se presenta una disminución significativa en la magnitud del coeficiente estimado para la variable "se va en vehículo particular al trabajo". Y la suma de estos dos efectos sobre la calidad de vida supera la contribución de estas variables en los modelos 1 y 3, que no incluyen la variable "tiene carro". De otro lado, para los estratos de ingresos altos (panel C) cuyo el efecto positivo que tiene la variable "Se va en vehículo particular al trabajo" sobre la calidad de vida del hogar es mayor en comparación con los hogares de estratos de ingreso bajo (panel B). Asimismo, en los hogares de estrato de ingreso alto el efecto positivo del ingreso per cápita del hogar sobre la calidad de vida es mayor que para los hogares de estratos de ingreso bajo.

5.3 Compensación monetaria por racionamiento del tráfico vehicular

Esta sección reporta el cálculo de la compensación monetaria por racionamiento del tráfico vehicular para la ciudad de Bogotá con base en los parámetros del modelo (2) del Cuadro 4. No obstante, se omite la presentación del cálculo para la ciudad de Medellín dado que la bondad de ajuste de los resultados no resulta satisfactoria. Como se mencionó más arriba, parámetros claves para el cómputo de la compensación monetaria (Cuadro 5) no resultan estadísticamente significantes – únicamente el parámetro del ingreso resulto significativo al 90%-, solo reportamos.²⁴ La parte superior del panel A del Cuadro 6 presenta los cálculos de la compensación monetaria para el hogar promedio de toda la población, como proporción del ingreso, para las variables “ir al trabajo en vehículo propio” y “tener carro” y para las dos variables simultáneamente.²⁵ La compensación monetaria total calculada con el método marginal (ecuación 3) resulta ser de 6.4% del ingreso, que equivale a \$269 mil pesos por año, una cifra muy considerable que indica una pérdida sustantiva de bienestar. El precio implícito por el uso del vehículo durante la semana es de \$672 mil pesos al año (ecuación 2).²⁶ En términos agregados las pérdidas de bienestar por el DSAS equivalen a \$503 mil millones por año de los ciudadanos de Bogotá.²⁷

Cuadro 6. Compensación Monetaria por restricción a la circulación de vehículos dos días por semana. Bogotá 2003.

	Compensación (% del ingreso)		Diferencia %
	Marginal	Curva de Indiferencia	
<i>A-Toda la población urbana</i>			
Jefe va al trabajo en su carro	2.5%	2.5%	1.2%
Tener Auto	3.9%	4.0%	2.0%
Total	6.4%	6.6%	3.2%
<i>B-Estratos Bajos 1-2-3</i>			
Jefe va al trabajo en su carro	1.2%	1.2%	0.6%
Tener Auto	3.0%	3.1%	1.5%

²⁴ En el caso de Bogotá (Cuadro 4) todos los parámetros relevantes resultan significativos al 90% para los dos modelos de toda la población. Y el cálculo de la compensación monetaria en el caso de Medellín, que se reporta en el Cuadro A.5 del apéndice estadístico, sería una proporción del ingreso de dos a tres veces mayor que en Bogotá. Un resultado que no hace sentido económico y por estar basado en parámetros no confiables estadísticamente sobreestima la compensación monetaria entre 100% y 200%.

²⁵ Esta última es la medida más relevante pues agrega a los perjuicios de no poder desplazarse al trabajo en el medio más conveniente, a los perjuicios de no poder utilizar el auto en ninguna otra actividad valiosa para la familia.

²⁶ Pesos del año 2003.

²⁷ Para tener una idea del orden de magnitud de esta pérdida, cabe anotar que con esta suma anual los hogares con jefes que se desplazan en carro al trabajo en la ciudad de Bogotá estarían en condiciones de amortizar un vehículo de \$23.5 millones a 5 años, con un tasa de interés efectiva anual del 18 por ciento.

Total	4.3%	4.3%	2.1%
<i>C-Estratos Medios-Altos, 4-5-6</i>			
Jefe va al trabajo en su carro	4.6%	4.8%	2.3%
Tener Auto	8.1%	8.5%	4.0%
Total	12.8%	13.7%	6.3%

Nota: Compensación por racionamiento de 2 días a la semana o 40%, calculada con dos métodos -el método de aproximación marginal (ecuación, 3) y con el método de Curva de Indiferencia (ecuación 3a)-, con base en los parámetros estimados en el modelo (2) del Cuadro 4 para Bogotá y las tasas medias de las variables “Jefe va al trabajo en su carro” y “Tener Auto” de la Encuesta de Calidad de Vida, DANE, 2003.

En los paneles B y C del Cuadro 6 se presentan los cálculos de la compensación monetaria para dos grupos diferenciados por estrato socioeconómico, que además de presentar patrones claramente diferenciados del uso del automóvil, sufren perjuicios de magnitudes muy dispares por el racionamiento del uso del automóvil. En efecto la compensación monetaria para los hogares de estratos altos es igual al 12.8% del ingreso, y triplica la compensación monetaria para los estratos bajos. Esto significa un perjuicio anual de 1.97 millones de pesos por año para cada ciudadano de ingresos medios y altos –o casi 8 millones por año para una familia de cuatro personas-.²⁸

Ahora bien la segunda columna del cuadro, que presenta la CM calculada por el método de la Curva de Indiferencia, indica para todos los casos valores mayores que la CM estimada por el método marginal. La subestimación de la compensación monetaria calculada por el método marginal el ciudadano promedio y para el ciudadano de estratos bajos es relativamente moderada, aunque no despreciable de 3.2%. No obstante este sesgo es más significativo para los estratos altos y alcanza 6.3% para el efecto total.²⁹

Otra fuente de un posible sesgo en la medición de la compensación monetaria debe tomarse en cuenta. La compensación monetaria por racionamiento también estaría sobrestimada si se considera que el parámetro de racionamiento R igual a 40% sobreestima la reducción en el uso efectivo del automóvil asociada a *dos días de “pico y placa”* por semana.³⁰ Para un jefe de hogar que va al trabajo en automóvil y trabaja seis días a la semana, dos días de *“pico y placa”* representarían una reducción de 33% en el uso efectivo del automóvil (R), lo que resultaría en una compensación monetaria 17% inferior.³¹ Más aún, si consideramos los usos alternativos del automóvil –diferentes al transporte al trabajo- que afectan a una

²⁸ Una suma considerable, que se debería tener en cuenta como indicador de capacidad de pago si se llegaran a considerar políticas alternativas como el cargo por circular –o peaje urbano-.

²⁹ Agregando “Jefe no puede asistir al trabajo en auto” y “no poder utilizar el auto de ningún otro modo”.

³⁰ El parámetro $R=40\%$ representa dos días de pico y placa en una semana laboral de cinco días.

³¹ Equivalente al 2.1% del ingreso por los viajes perdidos de los jefes de hogar que acostumbran ir al trabajo en su auto. E inferior al 2.5% del ingreso calculado con $R=40\%$, véase cuadro 6, fila 1, columna 1.

población dos veces más amplia, se podría suponer que todos los días de la semana tienen igual valor y dos días de “pico y placa” equivalen a dos séptimos de racionamiento o 29% y no de 40%. En estas circunstancias la compensación monetaria correspondiente sería de 27% inferior. Sin embargo, aun si estos sesgos afectaran a la totalidad de los hogares con automóvil en Bogotá, se reduciría la compensación monetaria total de 6.4% a 4.9% para todos los hogares y de 12.7% a 9.6% para los hogares de los estratos altos, sin afectar el orden de magnitud de los resultados.

Cabe advertir que las estimaciones de compensación monetaria como proporción del ingreso representan el tope del costo de oportunidad promedio para los jefes de hogar de Bogotá, de desplazarse en vehículo particular al trabajo, toda vez que para algunas personas, dicho costo de oportunidad es inferior cuando les es posible ser productivos inmediatamente antes o después de su horario de trabajo. Por lo tanto, asignar el costo de oportunidad del tiempo laboral a ese tiempo perdido podría resultar en una sobreestimación del perjuicio, para las personas que cuentan con mayor flexibilidad horaria manteniendo su productividad laboral (por ejemplo, teletrabajo). Sin embargo, también se podría estar subestimando el valor de este tiempo cuando se ignoran otros beneficios derivados de la propiedad de un vehículo, los cuales en el caso de Bogotá sobrepasan los que están exclusivamente asociados a desplazarse en automóvil al trabajo.³²

La evidencia resultante de este ejercicio es consistente con otras mediciones para Colombia basadas en valoración contingente.³³ En efecto los hallazgos de Álvarez (2009) y Salazar (2008) que estudian el potencial impacto de restricciones al tráfico vehicular por horas –pico y placa uno o dos días a las semana- establecen que para Medellín el valor subjetivo del tiempo de los conductores de automóvil VST es de \$300 por minuto y \$18 mil por hora. Y que la desutilidad o penalización monetaria por viajar a horas diferentes a las planeadas -antes o después del pico y placa- son de \$8 mil por anticipar el viaje al trabajo o \$23 mil por retrasarlo.

6. Conclusiones y Recomendaciones

El incremento en la demanda de vehículos particulares que ha tenido lugar en países de la región, y en Colombia en particular, no ha sido acompañado del desarrollo y la gestión de infraestructura vial requerida para que el tráfico vehicular de las principales ciudades del país circule sin congestiones excesivas. tuviera una evolución sin traumatismos –que sigue siendo inferior al de -.

³² Esto es, el valor de otros viajes diferentes al transporte al trabajo que mejoran la calidad de vida, por que incrementan el acceso a la vida social y cultural y/o facilitan la gestión de la economía domestica. Por ejemplo, compras bienes y recepción de servicios, transporte a la escuela, visitas a los familiares y amigos, etc.

³³ Desarrollados por el equipo de Ingeniería del transporte que dirige el Profesor Iván Sarmiento Ordosgoitia en la Facultad de Minas (Universidad Nacional Sede Medellín).

Si bien la densidad de vehículos en el país ha crecido, esta sigue siendo relativamente baja en relación a la de nuestros vecinos y a la de economías más desarrolladas. No obstante, ciertos barrios y sectores de las principales ciudades registran niveles importantes de congestión por una deficiente planeación urbana (infraestructura vial). Por ejemplo, la situación actual del barrio El Poblado de Medellín, es particularmente crítica cuando se le compara otros barrios del mismo estrato de Bogotá o Medellín.

Por otro lado, la estimación ex-ante de los costos privados para los hogares de las ciudades de Medellín y Bogotá, realizada con base en un modelo de Calidad de Vida (*Life Satisfaction*), revela que la restricción en el uso del vehículo particular por dos días a la semana trae un perjuicio considerable para la ciudad de Bogotá en conjunto y que equivale al 6.4 por ciento del ingreso de los hogares. Indica igualmente que los perjuicios son tres veces mayores para los estratos 4, 5 y 6, en comparación con los estratos 1, 2 y 3 y alcanzan el 13.7% del ingreso del hogar según los cálculos más precisos. No obstante, esta restricción a la circulación perjudica no solo a los grupos de altos ingresos, sino también a hogares de ingresos bajos, que con frecuencia utilizan el vehículo automotor como herramienta de trabajo.

La evaluación ex-ante de los costos que para la calidad de vida trae el programa “Pico y Placa” de dos días en la ciudad de Bogotá implica que este tipo de políticas frente a la congestión vial resultan ineficientes e ineficaces, excepto si se logran considerables beneficios por el aumento de la velocidad de circulación y la reducción de la contaminación ambiental. Lamentablemente, este no parece ser el caso si se consideran los resultados de la evaluación del Banco Mundial del programa de racionamiento “Hoy No Circula” de la ciudad de México D.F. que no encontró alivio de la congestión por la mayor retención de autos viejos que a su vez incrementaron el consumo de combustible por automóvil y la contaminación atmosférica.³⁴ En resumen, el racionamiento del tráfico vehicular con programas como el “Pico y Placa” de uno o dos días constituye una medida económicamente ineficiente porque impide la realización de numerosos viajes de alto valor neto social y privado, que exceden los costos individuales y sociales derivados de la restricción de circulación.

No es de extrañar que medidas tan extremas como el “Día Sin Carro” o “Pico y Placa de día completo” no se han adoptado en economías desarrolladas de mayor densidad vehicular, y en cambio se han implementado alternativas eficientes como los peajes urbanos. Estas políticas más adecuadas han surgido de un análisis más integral de la congestión del transporte urbano, teniendo en cuenta el vínculo de las

³⁴ Véanse Davis (2008) y Eskeland and Feyzioglu (1995).

economías de la aglomeración urbana y la eficiencia económica –por la vía de una mayor productividad de la fuerza laboral-.

Políticas más eficaces de manejo de la congestión deberán apuntar a una oferta de más y mejor infraestructura vial, mejoras en la eficiencia del sistema de transporte público. Tales como, la integración de sistemas tradicional y masivos – Metro/Transmilenio, así como la erradicación de los incentivos perversos que actualmente propician la llamada “guerra del centavo”, produciendo mayor congestión. La implementación de peajes en zonas congestionadas durante el día, la elevación de las sobretasas a los combustibles y a los impuestos de rodamiento a los vehículos que más contaminan, también deberían considerarse. Deben estudiarse cuidadosamente las lecciones negativas y positivas de las políticas implementadas en las grandes urbes (Londres, Estocolomo, Melbourne, México) para lograr un reducción de la congestión y la contaminación.

A futuro sería prudente que las administraciones municipales atendieran la recomendación de Davis (2008) de evitar la adopción de medidas precipitadas y preparar las políticas conducentes a combatir la contaminación y mejorar la movilidad, con base en estudios económicos rigurosos *ex-ante*. Estudios que anticipen, en la medida de lo posible, los patrones de sustitución de los usuarios de automóviles y otros medios de transporte – esto es, comportamientos eventualmente perversos- que se podrían inducir con las políticas a implementar. En otras palabras, superar los esquemas simplistas que pretenden combatir la congestión siguiendo la lógica de la “prohibición” y tener en cuenta los poderosos incentivos económicos que subyacen tras el comportamiento de los distintos usuarios del transporte urbano que buscan beneficiarse de las economías de aglomeración.

Referencias

- Acevedo 2005 Acevedo_Curso Gestión Urbana Transporte. Unidandes Presentación
- Alvarez, C. (2009). Modelación de la Elección de Modo y Hora de Salida ante Pico y Placa Combinado con Peaje Urbano. Tesis Maestría en Ingeniería Infraestructura y Sistemas de Transporte. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín Facultad de Minas Escuela de Ingeniería Civil Medellín.
- Ardila 2006. Bogotá: Lecciones para la Regulación del Transporte Público. Presentación
- Baarsma, Barbara y van Praag, Bernard (2005) "Using Happiness Surveys to Value Intangibles: The Case of Airport Noise" SEO Discussion Paper No. 36, January.
- Bureau of Transport and Regional Economics [BTRE], 2007, Estimating urban traffic and congestion cost trends for Australian cities, Working paper 71, BTRE, Canberra ACT.
- Carson, R. T.; Flores, N. E. y Meade, N. F. (2001) "Contingent Valuation: Controversies and Evidence" *Environmental and Resource Economics*, Vol. 19, No. 2, pp. 173–210.
- Cummings, Ronald G. and Taylor, Laura O. (1999) "Unbiased Value Estimates for Environmental Goods: A Cheap Talk Design for the Contingent Valuation Method" *The American Economic Review*, Vol. 89, No. 3 (Jun.), pp. 649-665
- Davidson, R. (1992) "Emotion and Affective style: Hemispheric Substrates" *Psychological Science*, 3, pp. 39-43.
- Davidson, R. (2000) "Affective Style, Psychopathology and Resilience: Brain Mechanisms and Plasticity" *American Psychologists*, 55, pp. 1196-1214.
- Davidson, R.; Jackson, D., y Kalin, N. (2000) "Emotion, Plasticity, Context and Regulation: Perspectives from Affective Neuroscience" *Psychological Bulletin*, 126, pp. 890-906.
- Davis, 2008. The Effect of Driving Restrictions on Air Quality México. *Journal of Political Economy*.
- Deloitte Research 2003. Pricing Roads Can Ease Congestion. Presentación.
- Departamento Nacional de Planeación, DNP (2003) "Política Nacional de Transporte Urbano y Masivo", Documento Conpes 3260. Diciembre.
- Di Tella, Rafael y MacCulloch, Robert (2008) "Gross national happiness as an answer to the Easterlin Paradox?" *Journal of Development Economics*, Elsevier, vol. 86(1), pages 22-42, April
- Diamond, Peter A. y Hausman, Jerry A. "Is Some Number better than No Number?" *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 8, No. 4, Fall, pp. 45-64.
- Duranton 2008. Viewpoint: From cities to productivity and growth in developing countries. *Canadian Journal of Economics*.
- Echeverry, Juan Carlos, Ana Maria Ibanez, Andres Moya and Luis Carlos Hillon. (2005) The Economics of Transmilenio, a Mass Transit System for Bogota. *Economía - Volume 5, Number 2, Spring 2005*, pp. 151-196.
- Eskeland&Feyzioğlu, 1995. Rationing Can BackFire: Day Without Car in Mexico WPS1554, World Bank.
- European Conference of Ministers of Transport 2004 Summary Document MANAGING URBAN TRAFFIC CONGESTION. OECD.
- Frey, Bruno S. y Stutzer, Alois (2002) "What Can Economists Learn from Happiness Research?" *Journal of Economic Literature*, Vol. 40, No. 2. (Jun.), pp. 402-435.
- Frey, Bruno S.; Luechinger, Simon y Stutzer, Alois (2004) "Valuing Public Goods: The Life Satisfaction Approach" Institute for Empirical Research in Economics, University of Zurich, Working Paper No. 184, March
- Hanemann, W. Michael (1994) "Valuing the Environment Through Contingent Valuation" *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 8, No. 4, Fall, pp.19-43.
- Jara-Diaz 2008. *Transport Economic Theory*. Amsterdam:Elsevier

- Kahneman, Daniel; Diener, Ed y Schwartz, Norbert (1999) "Well-Being: The Foundations of Hedonic Psychology, New York: Russell Sage Foundation.
- Layard, R. (2005) "Happiness. Lessons from a New Science" London: Allen Lane.
- List, John A. (2001) "Do Explicit Warnings Eliminate the Hypothetical Bias in Elicitation Procedures? Evidence from Field Auctions for Sportscards" *The American Economic Review*, Vol. 91, No. 5 (Dec.), pp. 1498-1507
- List, John A.; Berrens, Robert P.; Bohara, Alok K. y Kerkvliet, Joe (2004) "Examining the Role of Social Isolation on Stated Preferences" *The American Economic Review*, Vol. 94, No. 3 (Jun.), pp. 741-752.
- London Transport 2006. Congestion Charging Impacts Monitoring - Fourth Annual Report.
- Mckinley ETAL 2003 The Local Benefits of Global Air Pollution Control in Mexico.
- Medina Carlos, Morales Leonardo, Núñez Jairo (2008) "Quality of Life in Urban Neighborhoods in Colombia: The Cases of Bogotá and Medellín". Borradores de Economía 536, Medellín: Banco de la República
- Penner 2006. For What the Tolls Pay Fair and Efficient Highway Charges
- Portney, Paul R. (1994) "The Contingent Valuation Debate: Why Economists Should Care" *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 8, No. 4, Fall, pp. 3-17.
- Prud'homme R. and Bocajero J.P (2005) "The London Congestion Charge: A Tentative Economic Appraisal", *Transport Policy* 12 (3), 279-287.
- Quddus M., A. Carmel and M. G. H. Bell (2006), "The Impact of the Congestion Charge on Retail: the London Experience, Centre for Transport Studies, Imperial College, London, U.K.
- Ramirez H.A. , T. Zuleta y C. Alvarez. 2008. "Pico y Placa en la Ciudad de Medellín". Mimeo: Municipio de Medellín - Secretaría de Transportes y Tránsito.
- Rosen, Sherwin (1974), "Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition". *Journal of Political Economy* 82. pp. 34-55.
- Richards, M (2006), Congestion Charging in London. The Policy and the Politics, Palgrave Macmillan
- Salazar, Y.A. (2008) Modelacion de la Elección del Modo de Viaje ante la Restricción "Pico Y Placa" en Automoviles: Aplicación a una Zona en la Ciudad de Medellín. Mimeo. Tesis Maestría en Ingeniería Infraestructura y Sistemas de Transporte. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín Facultad de Minas Escuela de Ingeniería Civil Medellín.
- Santos, G. and Fraser G. (2006) Road Pricing: Lessons from London. *Economic Policy*, 21(46): 264-310.
- Sarmiento, I. 2009. Modelacion hora y modo de viaje ante pico y placa y peaje en Medellin. Universidad Nacional de Colombia. presentación
- Small 2005. Unnoticed Lessons from London Road Pricing and Public Transit
- Soderholm, Gunnar (2006), "The Stockholm Trial: Congestion Charging and Improved Public Transport Aimed At Reducing Traffic Jams and Creating a Better Environment", A Slide Presentation, Congestion Charge Secretariat, City of Stockholm.
- Spence etal 2008. Urbanization and Growth. Commission on Growth and Development
- Sutton, S. and Davidson, R. (1997) "Prefrontal Brain Symmetry: A Biological Substrate of the Behavioral Approach and Inhibition System" *Psychological Science*, 8(3), pp. 204-10.
- Texas A&M Transportation Institute 2007. The 2007 Urban Mobility Report.
- The Cases of Bogotá and Medellín. Bogotá. Banco Republica. Borradores No. 536
- Transport for London TfL (2006), Central London Congestion charging impact monitoring, Fifth Annual Report, June 2007, Transport for London, London, UK.

van Praag, Bernard M.S. (2007) "Perspectives from the Happiness Literature and the Role of New Instruments for Policy Analysis" Institute for the Study of Labor, Discussion Papers Series, January.

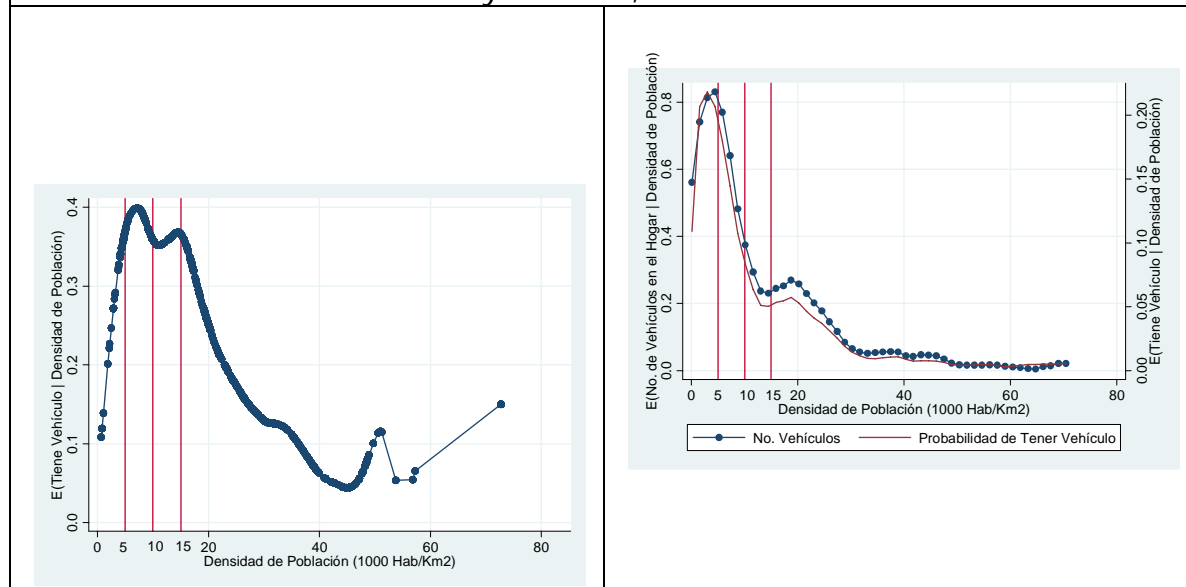
Vickrey, 1992. Principles of Efficient Congestion Pricing. Columbia University.

World Bank 2009. World Development Report 2009 "Reshaping Economic Geography"

Anexos

Anexo 1. Mapas y Gráficos sobre densidad poblacional y vehicular en las ciudades de Medellín y Bogotá

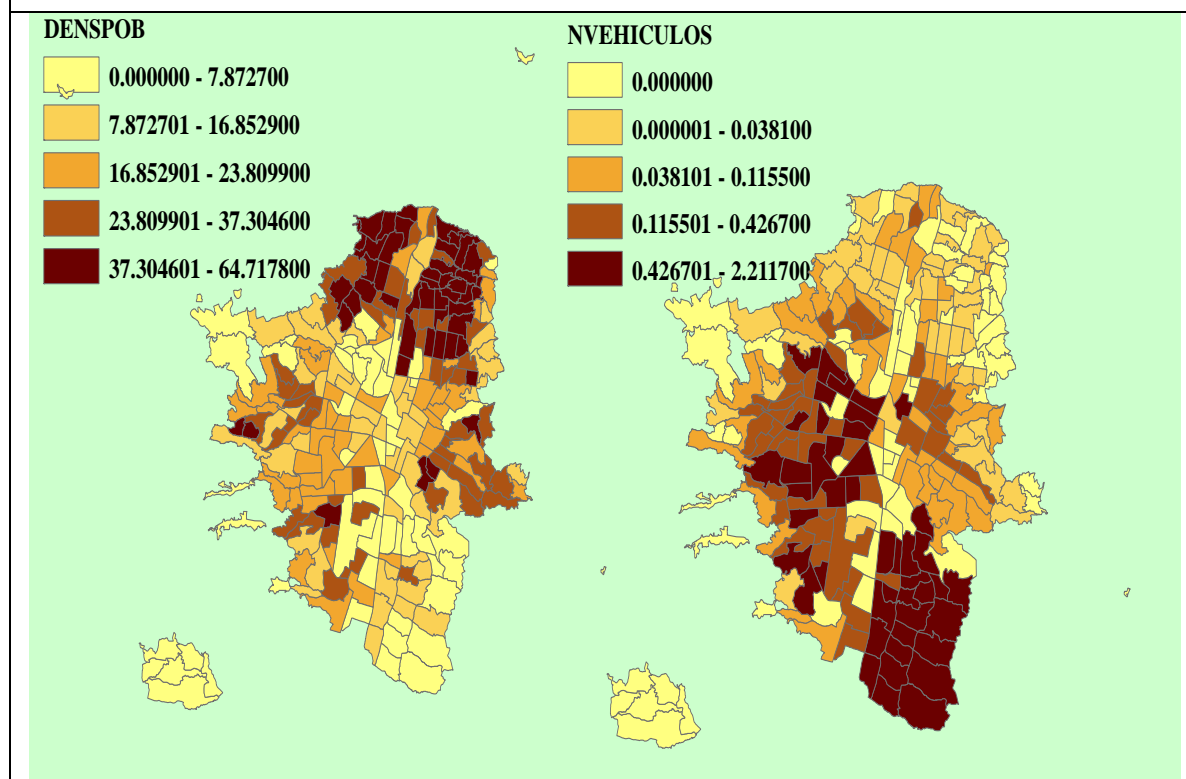
Gráfico A1. Densidad de Población y los Vehículos por Hogar. Bogotá, 2003 y Medellín, 2006



Fuente: Censo de Población 2005, Metroinformación, Departamento Administrativo de Planeación, Municipio de Medellín, Encuesta de Calidad de Vida de Medellín 2006, y Encuesta de Calidad de Vida del Dane 2003.

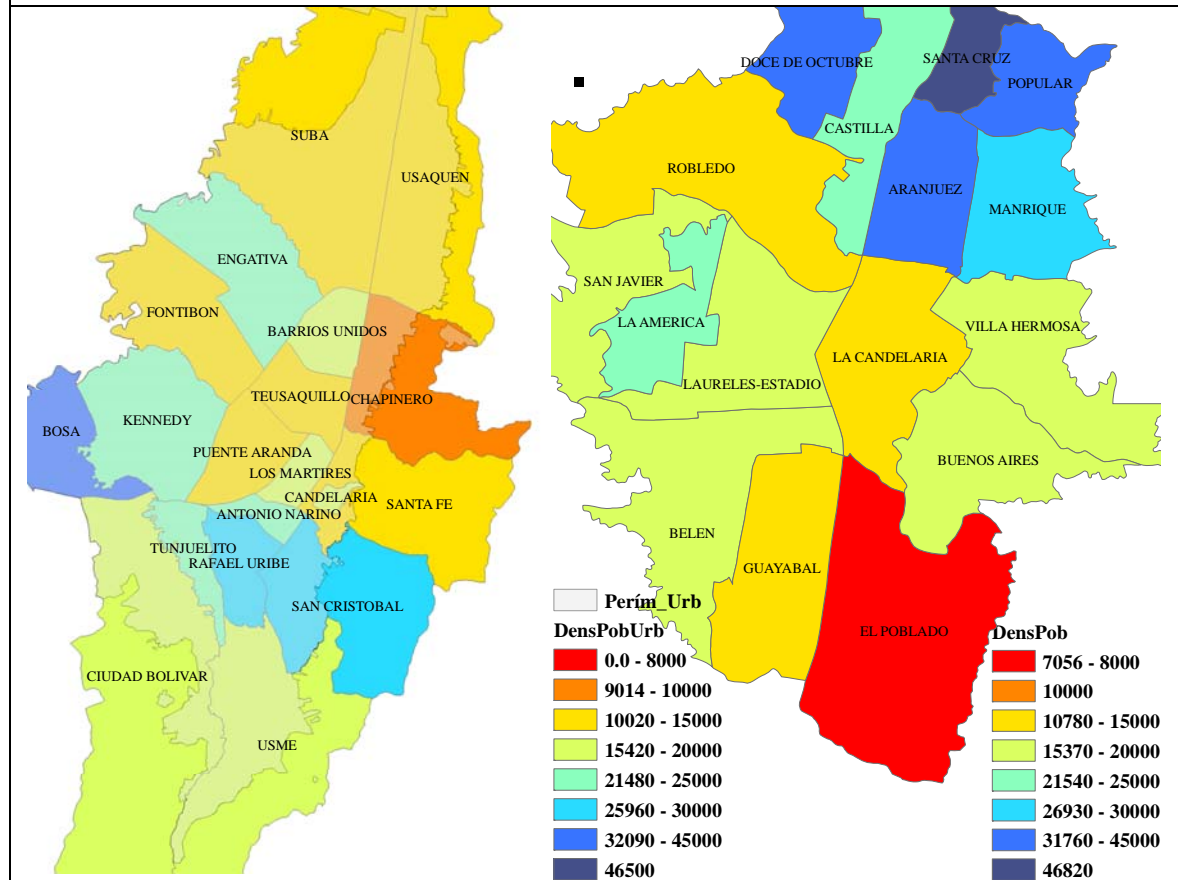
El mapa 1 ilustra la relación presentada en el gráfico A.1 en forma espacial para el caso de Medellín. En la comuna menos densa, El Poblado (con menos de 11 mil habitantes por kilómetro cuadrado), los hogares tienen en promedio más vehículos por hogar (entre 1.05 y 2.2). Le sigue en ese orden Laureles, mientras que el norte de la ciudad, donde vive la población más pobre, los hogares tienen en promedio menos de 0.1 vehículos.

Mapa 1. Densidad de Población y Vehículos por Habitante en Medellín, 2006



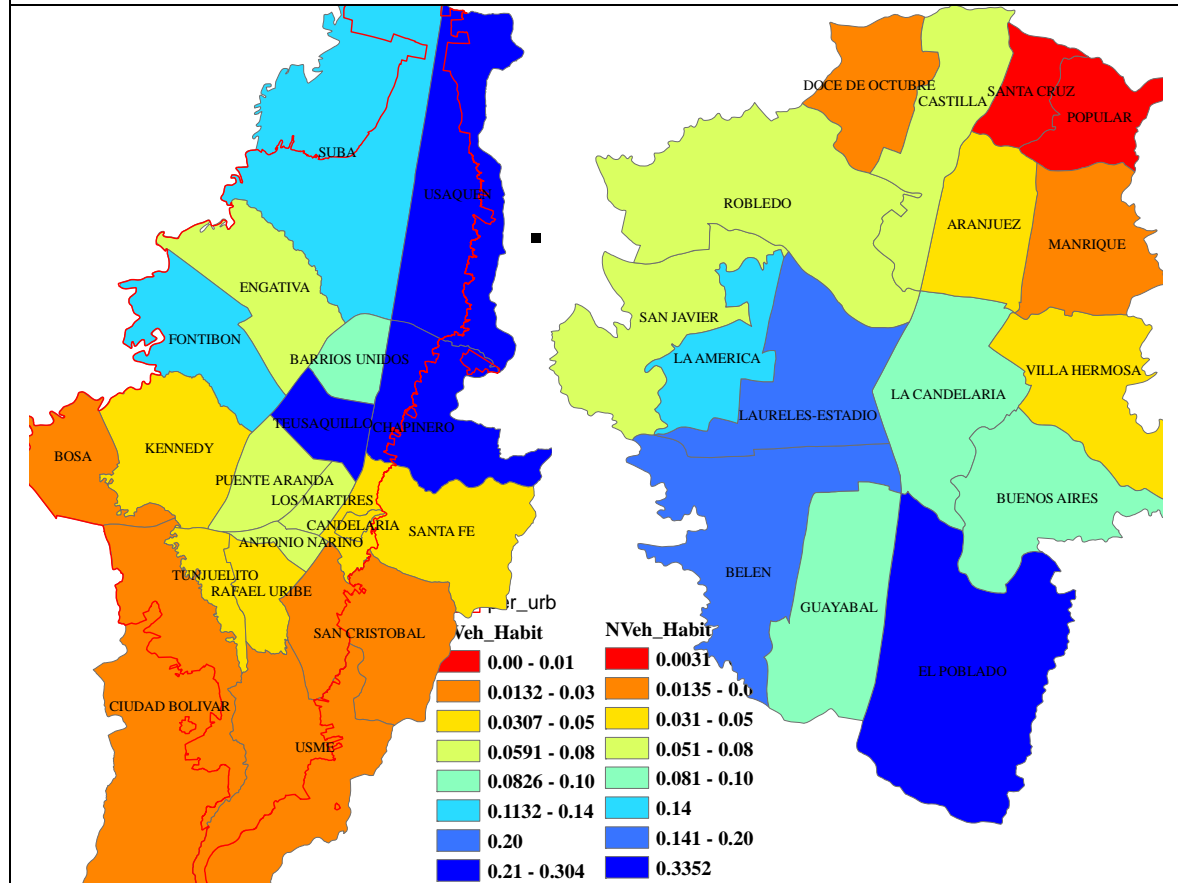
Fuente: Cálculos autores con base en ECV MED 2007, Cartografía Municipio Medellín.

Mapa 2. Densidad de Poblacional, Bogotá y Medellín, por comunas y localidades



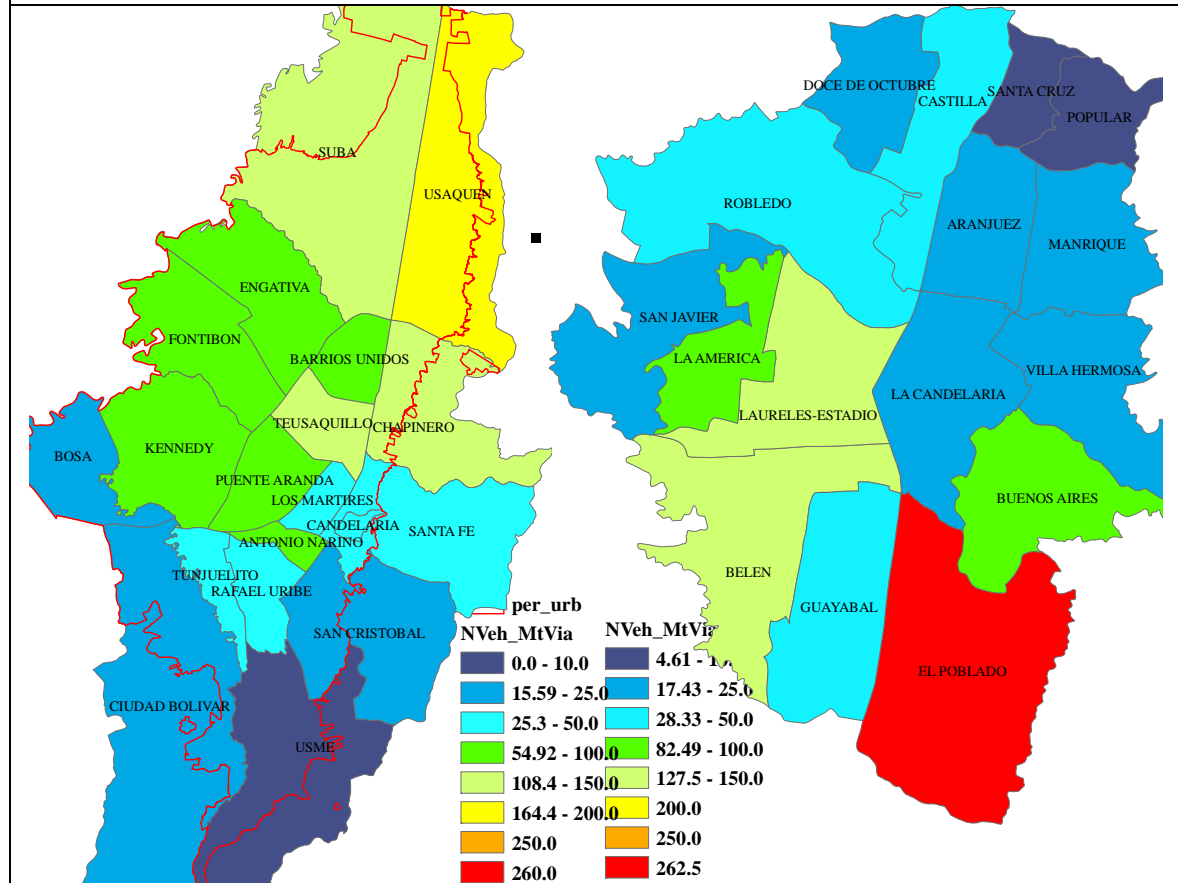
Fuente: Cálculos autores con base en Censo de Población 2005, Cartografía Municipio de Medellín, Metroinformación y Catastro Distrital.

Mapa 3. Vehículos por habitante, Bogotá y Medellín



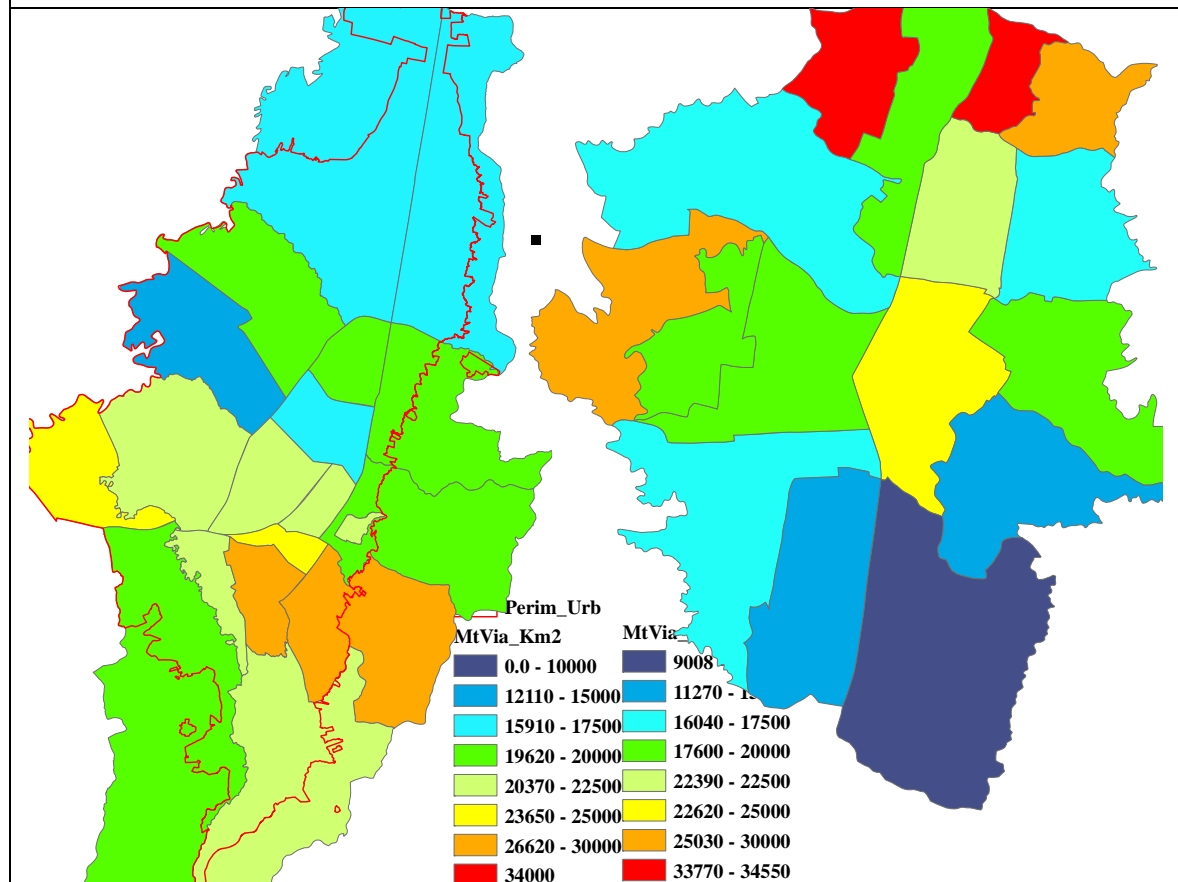
Fuente: Cálculos autores con base en Censo de Población 2005, Encuesta de Calidad de Vida de Medellín 2006, y Encuesta de Calidad de Vida del Bogotá 2003, Dane, Cartografía Municipio de Medellín, Metroinformación y Catastro Distrital.

Mapa 4. Vehículos por Metro lineal de vía, Bogotá y Medellín



Fuente: Cálculos autores con base en Encuesta de Calidad de Vida de Medellín 2006, y Encuesta de Calidad de Vida del Bogotá 2003, Dane, Cartografía Municipio de Medellín, Metroinformación, Catastro Distrital y Departamento Administrativo de Planeación, Medellín.

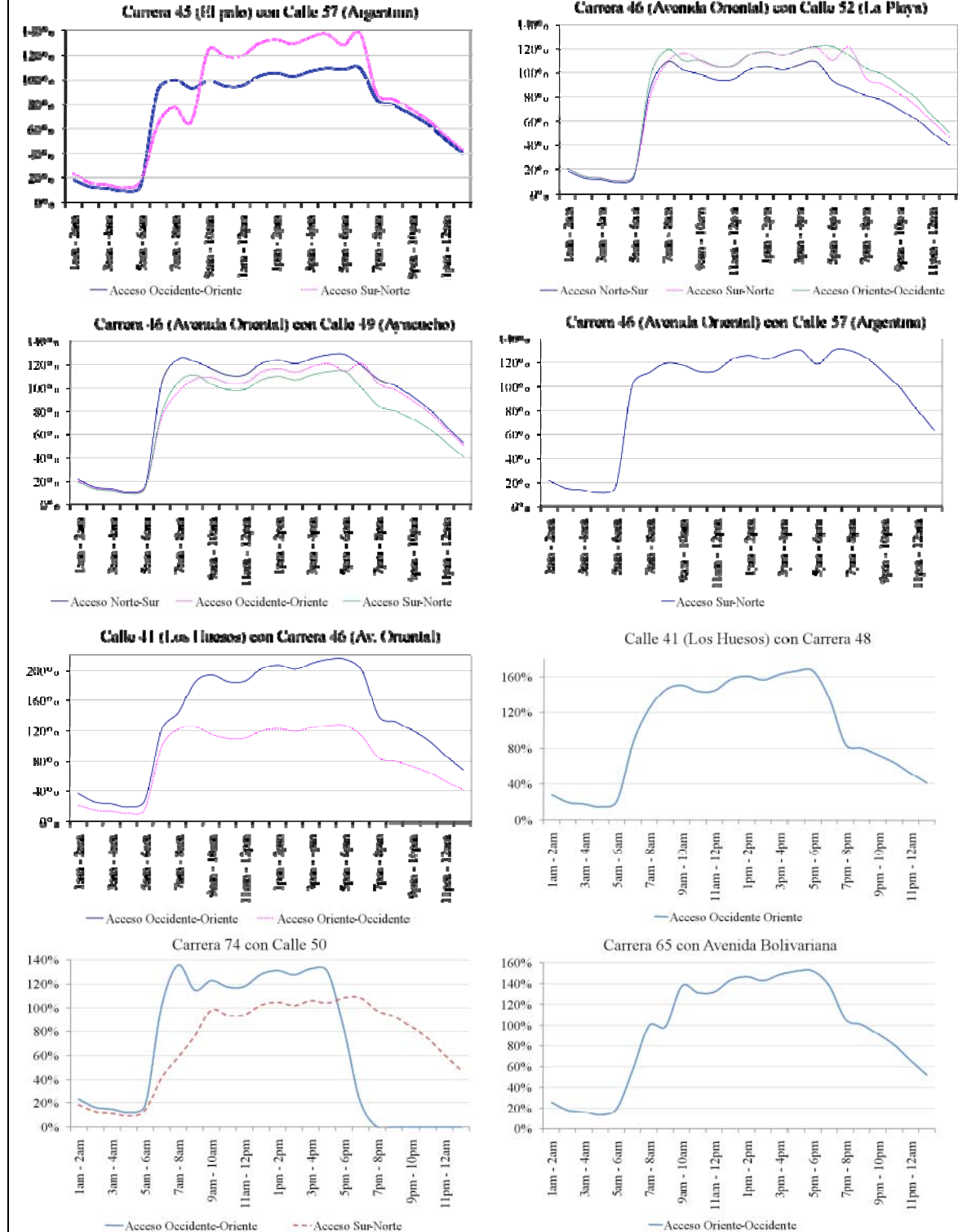
Mapa 5. Metro de vía por kilómetro Cuadrado, Bogotá y Medellín, por localidades y comunas.



Fuente: Cálculos autores con base en Cartografía Municipio de Medellín, Metroinformación, Catastro Distrital y Departamento Administrativo de Planeación, Medellín.

Anexo 2. Saturación Vial en Medellín

Gráfico A2.1. Saturación vial en ocho cruces viales. Medellín, 2007.



Fuente: Ramirez H.A., T. Zuleta y C. Alvarez. 2008. "Pico y Placa en la Ciudad de Medellín". Mimeo: Municipio de Medellín - Secretaría de Transportes y Tránsito.

Anexo 3. Estadísticas Descriptivas Bogotá y Medellín

Cuadro A3.1 Estadísticas Descriptivas Bogotá 2003

<i>Variable</i>		<i>Media</i>	<i>Desv. Est.</i>	<i>número de observaciones</i>
LS	Buenascondiciones de vida	0.62	0.49	12769
A	Se va en vehículo particular al trabajo	0.10	0.30	12769
	Tiene carro			
Y	Logaritmo del ingreso per cápita del hogar	12.77	1.08	12702
	Ingreso per cápita del hogar	678734	3318847	12769
	Ingreso per cápita del hogar (ocupados)	685526	1181007	9222
V	Número de cuartos	3.42	1.51	12769
	Vivienda con gas domiciliario	0.70	0.46	12769
	Hogar cocina con gas domiciliario	0.66	0.47	12769
	Vivienda con fallas en el suministro de energía eléctrica	0.02	0.15	12769
	Vivienda con jardín	0.43	0.49	12769
	Vivienda con patio	0.05	0.21	12769
	Vivienda con garage	0.30	0.46	12769
	Vivienda con terraza	0.23	0.42	12769
	Vivienda en zona vulnerable a desastres	0.07	0.26	12769
	Pisos de buenacalidad	0.82	0.38	12769
	Estrato 1	0.06	0.24	12769
	Estrato 2	0.34	0.47	12769
	Estrato 3	0.43	0.49	12769
	Estrato 4	0.10	0.30	12769
	Estrato 5	0.04	0.20	12769
	Estrato 6	0.03	0.17	12769
	Vive en casa (en lugar de apartamento/otro)	0.41	0.49	12769
	Recolección de basuras de mala calidad	0.03	0.17	12769
	Servicio de telefonía de mala calidad	0.05	0.22	12769
	S	Parques en el vecindario	0.15	0.36
Densidad de población		0.02	0.14	12769
Fábricas en el vecindario		0.10	0.30	12769
Recolección de basuras en el vecindario		0.02	0.15	12769
Plazas de mercado en el sector censal		0.06	0.24	12769
Aeropuertos en el vecindario		0.04	0.19	12769
Terminales de transporte en el vecindario		0.04	0.19	12769
Recolección de basuras en el vecindario		0.12	0.32	12769
Se siente seguro en su vecindario		0.69	0.46	12769
Tasa de robo de objetos en el sector censal		0.56	1.29	12759
Tasa de robo a personas en el sector censal		1.89	3.47	12759
Tasa de robo a viviendas en el sector censal		2.03	3.00	12759
Tasa de hurto de vehículos en el sector censal		1.66	2.83	12759
Tasa de homicidios en el sector censal		0.38	0.61	12759
Ataques		0.32	0.47	12769
Índice de Condiciones de Vida en el sector censal		81.8	6.93	12769
Coeficiente Gini de la educación en el sector censal		0.05	0.01	12759
Número de ataques contra la vida por 1000 hab.		0.40	0.79	12759
No. De ataques contra la riqueza por 1000 hab.		0.59	0.90	12759
Número de bares por 1000 hab.		0.62	1.07	12759
Prostíbulos en el sector censal por 1000 hab		0.23	0.92	12759
Número de casinos/sitios de apuestas por 1000 hab.		0.11	0.61	12759
Número de lugares donde se venden drogas por 1000 hab.		0.49	0.85	12759
Distancia a lugar más cercano de bienestar social (km)		285	203	12768
Distancia al colegio más cercano (km)		209	144	12768
Distancia a universidad más cercana (km)		1524	1068	12768

S	Distancia a sitio cultural más cercano (km)	385	309	12768
	Distancia a lugar más cercano de atención básica (km)	685	431	12768
	Distancia a hospital más cercano (km)	1307	922	12768
	Distancia a recinto de culto más cercano (km)	587	524	12768
	Distancia a puesto de seguridad más cercano (km)	670	421	12768
	Distancia a lugar más cercano de defensa o justicia (km)	1737	1050	12768
	Distancia a lugar más cercano de provisión de alimentos (km)	1973	1353	12768
	Distancia a lugar más cercano de administración pública (km)	1023	700	12768
	Distancia a río o corriente más cercana (km)	1260	834	12768
	Distancia a estación de transmilenio más cercana (km)	1894	1242	12768
	Distancia a lugares de recreación o deportes (km)	1588	1015	12768
	Distancia a recinto de ferias más cercano (km)	5552	3177	12768
	No. de lugares de provisión de alimentos por 1000 hab.	0.00	0.03	12769
	No. de lugares de administración pública por 1000 hab.	0.11	0.66	12769
	No. de lugares de bienestar social por 1000 hab.	0.19	0.25	12769
	Zonas verdes (M2) por 1000 hab.	138	2756	12769
	No. de colegios por 1000 hab.	0.29	0.30	12769
	No. de iglesias/lugares de oración por 1000 hab.	0.07	0.14	12769
	No. de sitios culturales por 1000 hab.	0.13	0.37	12769
	No. de sedes de defensa/justicia por 1000 hab.	0.02	0.13	12769
	No. de universidades por 1000 hab.	0.05	0.29	12769
	No. de recintos de ferias por 1000 hab.	0.00	0.03	12769
	No. de camas disponibles en hospitales por 1000 hab.	1.42	10.26	12769
	No. de hospitales por 1000 hab.	0.02	0.07	12769
	Lagos (M2) por 1000 hab.	541	2982	12769
	Parques (M2) por 1000 hab.	3015	7302	12769
	No. de lugares de recreación/deportes por 1000 hab.	0.01	0.05	12769
	No. de lugares de atención básica por 1000 hab.	0.03	0.08	12769
	No. de lugares de vigilancia por 1000 hab.	0.03	0.08	12769
	Tasa de desempleo en el sector censal	0.08	0.02	12769
Tasa de analfabetismo en el sector censal	0.08	0.05	12769	
H	Jefe de hogarseparado	0.66	0.47	12769
	Jefe de hogarviudo	0.00	0.02	12759
	Educación del jefe de hogar	8.29	1.88	12759
	Fracción de mujeres cabeza de hogar en el sector censal	0.10	0.02	12769
	Fracción de población minoría étnica en el sector censal	0.02	0.01	12769
	Cobertura de gas domiciliario en el sector censal	0.80	0.14	12769
	Uso de suelo es vivienda productiva	0.41	0.49	12769
	Uso de suelo es residencial o comercial	0.29	0.45	12769
	Suelo de conservación	0.03	0.16	12769
	Suelo de consolidación	0.64	0.48	12769
	Suelo de mejoramiento integral	0.28	0.45	12769
	Suelo de renovación	0.03	0.16	12769
	Número de personas en el hogar	3.49	1.64	12769
	Puntaje del Sisben	4.39	2.61	12567
	Puntaje del Sisben2	26.1	19.8	12567
	Jefe de hogar con primaria completa	0.16	0.37	12769
	Jefe de hogar con secundaria incompleta	0.20	0.40	12769
	Jefe de hogar con secundaria completa	0.17	0.38	12769
	Jefe de hogar con universidad incompleta	0.14	0.35	12769
	Jefe de hogar con universidad completa	0.18	0.39	12769
	Edad del jefe de hogar	47.1	14.8	12769
	Edad del jefe de hogar al cuadrado	2442	1514	12769
	Hay niños entre 0 y 4 años en el hogar	0.21	0.41	12769
	Hay niños entre 5 y 18 años en el hogar	0.48	0.50	12769
	Jefe de hogar en unión libre	0.24	0.43	12769
	Jefe de hogarcasado	0.39	0.49	12769

H	Jefe de hogarviudo	0.09	0.29	12769
	Jefe de hogarseparado	0.15	0.36	12769
	Jefe de hogarsoltero	0.13	0.33	12769
	Jefe de hogarocupado	0.72	0.45	12769
	Jefe de hogardeempleado	0.06	0.24	12769
	Vive en casa propia	0.53	0.50	12769
	Jefe de hogar tiene algún seguro de salud	0.81	0.39	12769
	Jefe de hogar tiene alguna enfermedad grave	0.19	0.39	12769
	Jefe de hogar se enfermó durante los últimos 30 días	0.11	0.31	12769
	Jefe de hogar fue hospitalizado en los últimos 12 meses	0.07	0.26	12769
	Número de hijos menores de 5 años en el hogar	0.29	0.55	12769
	Número de hijos menores de 5 años que asisten a guardería	0.11	0.34	12769
	Número de hijos menores de 5 años que permanecen en casa	0.13	0.38	12769
	Al menos un niño entre 5 y 11 colaboró con los oficios del hogar	0.16	0.36	12769
	Al menos un niño entre 5 y 11 trabajó o ayudó a alguien con trabajo	0.01	0.10	12769
	Promedio de diferencia entre edad y educación para menores de 25	4.92	3.96	12769
	% menores de 25 que asisten a colegio o universidad pública	0.30	0.44	12769
	Jefe de hogar nació en zona urbana	0.73	0.44	12769
	Educación del padre del jefe de hogar es primaria completa	0.23	0.42	12769
	Educación del padre del jefe de hogar es secundaria incompleta	0.07	0.26	12769
	Educación del padre del jefe de hogar es secundaria completa	0.08	0.27	12769
	Educación del padre del jefe de hogar es formación técnica	0.02	0.14	12769
	Educación del padre del jefe de hogar es univ. incompleta o más	0.08	0.27	12769
	Hogar con menores de 25 años	0.69	0.46	12769
	Educación de la madre del jefe de hogar es primaria completa	0.26	0.44	12769
	Educación de la madre del jefe de hogar es secundaria incompleta	0.09	0.28	12769
	Educación de la madre del jefe de hogar es secundaria completa	0.10	0.29	12769
	Educación de la madre del jefe de hogar es formación técnica	0.02	0.13	12769
	Educación de la madre del jefe de hogar es univ. incompleta o más	0.03	0.16	12769
	Jefe de hogar con primaria inc. o más * No. hijos menores de 18	0.52	0.66	12769
Edad del jefe de hogar * número de hijos menores de 18	0.59	0.66	12769	
Jefe de hogardeempleado	25.1	6.26	8795	
Fuente: Cálculos de los autores con base en la Encuesta de Calidad De Vida Bogotá 2003				

Cuadro A3.2 Estadísticas Descriptivas Medellín 2006

Variable		Media	Desv. Est.	número de observaciones
LS	Buenascondiciones de vida	0.95	0.22	1898
A	Se va en vehículo particular al trabajo	0.08	0.27	21808
	Número de vehículos en el hogar	0.18	0.47	21808
Y	Logaritmo del ingreso per cápita del hogar	12.2	1.0	17012
	Ingreso per cápita del hogar	268097	501171	21808
	Ingreso per cápita del hogar (ocupados)	277015	537988	13530
V	Casa con garage	0.18	0.39	21808
	Número de cuartos	4.18	1.55	21808
	Vivienda con televisiónsatelital	0.55	0.50	21808
S	Pisos de buenacalidad	0.75	0.43	21808
	Estratos 1 y 2	0.47	0.50	21808
	Estrato 3	0.30	0.46	21808
	Estrato 4	0.11	0.31	21808
	Estrato 5	0.08	0.27	21808
	Estrato 6	0.04	0.19	21808
	Distancia al centro cultural más cercano (km)	716	474	19655
	Dist. al establecim. de admon. Púb. máscercano (km)	1146	602	19655
	Distancia al camino intermunicipal más cercano (km)	4444	2143	19655
	Número de cárceles por 1000 hab.	0.003	0.060	19465
	Número de centros culturales por 1000 habitantes	0.03	0.09	19465
	No. centros atención a menores/ancianos por 1000 hab.	0.06	0.18	19465
	No. empresas de SSPP por 1000 hab.	0.03	0.09	19465
	No. de lugares de atención a desastres por 1000 hab.	0.004	0.025	19465
	Suelo rural	0.01	0.10	21808
	Suelo de usoresidencial	0.73	0.45	21808
	Tasa de desempleo en el sector censal	0.08	0.03	19465
	Densidad de población	56	123	19465
H	Edad del jefe de hogar	51	17	21808
	Edad del jefe de hogar al cuadrado	2895	6947	21808
	Jefe de hogar con primaria	0.29	0.45	21808
	Jefe de hogar con secundaria incompleta	0.12	0.33	21808
	Jefe de hogar con secundaria completa	0.22	0.42	21808
	Jefe de hogar con universidad incompleta	0.17	0.38	21808
	Jefe de hogar con universidad completa o más	0.12	0.33	21808
	Número de Hijos Menores de 18	0.77	1.05	21808
	Casado	0.45	0.50	21808
	Viudo	0.14	0.35	21808
	Jefe con universidad * hijos menores de 4	0.16	0.44	21808
	Porcentaje de menores de 25 que asisten a colegio o univ. pública	0.40	0.48	21808
	Edad del Jefe * hijos menores de 18	0.20	0.65	21808
	Jefe con secundaria completa * hijos menores de 18	0.20	0.62	21808
	Jefe con universidad * hijos menores de 18	0.24	0.66	21808
	Diferencia de edad entre la madre y el hijo mayor	0.75	0.43	21764
	Jefe de hogarocupado	0.62	0.49	21808

Fuente: Cálculos de los autores con base en la Encuesta de Calidad De Vida Medellín 2006

Anexo 4. Resultados estimación ecuación de Calidad de Vida. Bogotá y Medellín

Variable		Todos los hogares				Hogares jefe ocupado			
		(1)		(2)		(3)		(4)	
		coeficiente	Z	coeficiente	Z	coeficiente	Z	coeficiente	Z
A	Se va en vehículo particular al trabajo	0.310	4.4	0.222	3.0	0.307	4.3	0.209	2.8
	Tiene Carro			0.152	2.9			0.163	2.5
Y	Logaritmo del ingreso per cápita del hogar	0.362	12.3	0.353	12.0	0.405	11.0	0.395	10.8
	Ingreso per cápita del hogar/10e6 * No. Hijos menores de 18			0.072	1.5			0.057	0.9
	Vive en casa propia	-0.114	-2.9	-0.120	-3.1	-0.076	-1.6	-0.083	-1.7
V	Vivienda con garage	-0.023	-0.4	-0.042	-0.8	-0.082	-1.4	-0.101	-1.8
	Número de cuartos	0.080	5.3	0.078	5.2	0.072	4.0	0.070	4.0
	Vivienda con gas domiciliario	0.095	1.2	0.092	1.2	0.122	1.3	0.120	1.3
	Vivienda con fallas en el suministro de energía eléctrica	-0.252	-2.3	-0.247	-2.2	-0.283	-2.1	-0.277	-2.1
	Recolección de basuras de mala calidad	-0.252	-2.7	-0.251	-2.7	-0.162	-1.5	-0.164	-1.5
	Servicio de televisión de mala calidad	-0.185	-2.9	-0.186	-3.0	-0.243	-3.4	-0.243	-3.4
	Uso de suelo es vivienda productiva	-0.110	-2.3	-0.107	-2.3	-0.159	-3.0	-0.158	-3.0
	Pisos de elevación	0.126	2.9	0.126	2.9	0.137	2.7	0.137	2.6
S	Estrato 2	0.049	0.6	0.049	0.6	-0.009	-0.1	-0.006	-0.1
	Estrato 3	-0.013	-0.1	-0.013	-0.1	-0.100	-1.0	-0.096	-0.9
	Estrato 4	-0.148	-1.2	-0.163	-1.3	-0.186	-1.3	-0.194	-1.3
	Estrato 5	-0.186	-1.2	-0.205	-1.3	-0.232	-1.3	-0.237	-1.3
	Estrato 6	-0.039	-0.2	-0.061	-0.3	-0.233	-1.1	-0.237	-1.1
	Parques en el vecindario	0.115	1.9	0.116	1.9	0.122	1.8	0.123	1.8
	Se siente seguro en su vecindario	0.416	11.8	0.418	11.9	0.421	10.2	0.421	10.2
	No. De ataques contra la riqueza por 1000 hab.	-0.041	-1.6	-0.039	-1.5	-0.042	-1.4	-0.041	-1.3
	Número de bares por 1000 hab.	0.048	1.9	0.047	1.9	0.042	1.5	0.041	1.5
	Número de lugares donde se venden drogas por 1000 hab.	0.052	2.3	0.053	2.3	0.054	2.1	0.054	2.1
	Distancia a lugar más cercano de bienestar social (km)	-0.00023	-2.4	-0.00024	-2.5	-0.00030	-2.8	-0.00031	-2.8
	Distancia a lugar más cercano de atención básica (km)	0.00005	0.9	0.00005	0.9	0.00010	1.6	0.00010	1.6
	Distancia a recinto de culto más cercano (km)	0.00010	2.1	0.00010	2.1	0.00003	0.6	0.00003	0.7
	Distancia a recinto de ferias más cercano (km)	-0.00002	-1.8	-0.00002	-1.7	-0.00001	-1.3	-0.00001	-1.3
	No. De colegios por 1000 hab.	0.109	1.6	0.110	1.6	0.162	1.9	0.164	1.9
No. De sedes de defensa/justicia por 1000 hab.	-0.268	-2.2	-0.270	-2.2	-0.235	-1.6	-0.238	-1.6	

	Parques (M2) por 1000 hab.	0.00000	-0.2	0.00000	-0.2	0.00000	-0.7	0.00000	-0.8
(Continuación) Cuadro A4.1 Resultados estimación ecuación de Calidad de Vida. Bogotá 2003									
S	No. De lugares de vigilancia por 1000 hab.	-0.454	-3.3	-0.464	-3.4	-0.349	-1.9	-0.365	-2.0
H	Jefe de hogarseparado	0.049	1.1	0.050	1.1	0.057	1.1	0.047	0.9
	Jefe de hogar con primaria completa	0.121	1.7	0.122	1.7	0.077	0.8	0.077	0.8
	Jefe de hogar con secundaria incompleta	0.120	1.7	0.119	1.7	-0.009	-0.1	-0.009	-0.1
	Jefe de hogar con secundaria completa	0.206	2.7	0.202	2.6	0.097	0.9	0.095	0.9
	Jefe de hogar con universidad incompleta	0.271	3.4	0.262	3.2	0.192	1.7	0.185	1.7
	Jefe de hogar con universidad completa	0.291	3.1	0.275	2.9	0.193	1.6	0.182	1.5
	Edad del jefe de hogar	-0.047	-7.2	-0.048	-7.4	-0.053	-5.5	-0.053	-5.5
	Edad del jefe de hogar al cuadrado	0.000	5.5	0.000	5.7	0.000	3.9	0.000	3.9
	Hay niños entre 0 y 4 años en el hogar	-0.154	-1.6	-0.160	-1.7	-0.295	-2.4	-0.301	-2.5
	Jefe de hogarviudo	0.120	1.5	0.135	1.6	0.000	0	-0.104	-0.9
	Jefe de hogarseparado	-0.036	-0.5	-0.021	-0.3	-0.178	-1.7	-0.177	-1.7
	Jefe de hogarsoltero	0.005	0.1	0.024	0.4	-0.121	-1.0	-0.117	-1.0
	Jefe de hogarocupado	-0.113	-2.3	-0.109	-2.2				
	Jefe de hogardesepleado	-0.469	-5.5	-0.475	-5.5				
	Jefe de hogar tiene algún seguro de salud	0.242	4.4	0.242	4.4	0.256	3.8	0.255	3.8
	Jefe de hogar tiene alguna enfermedad grave	-0.175	-4.3	-0.173	-4.2	-0.201	-3.6	-0.201	-3.6
	Jefe de hogar se enfermó durante los últimos 30 días	-0.174	-3.4	-0.176	-3.5	-0.226	-3.3	-0.226	-3.3
	Jefe de hogar fue hospitalizado en los últimos 12 meses	-0.136	-2.2	-0.141	-2.3	-0.149	-1.7	-0.154	-1.7
	Promedio de diferencia entre edad y educación para menores de 25	-0.022	-2.8	-0.022	-2.8	-0.018	-2.0	-0.017	-2.0
	% menores de 25 que asisten a colegio o universidad pública	-0.084	-2.1	-0.080	-1.9	-0.056	-1.2	-0.051	-1.1
	Educación del padre del jefe de hogar es secundaria completa	0.065	0.9	0.067	1.0	0.035	0.4	0.035	0.4
	Hogar con menores de 25 años	0.227	2.5	0.218	2.4	0.168	1.5	0.174	1.7
	Educación de la madre del jefe de hogar es primaria completa	0.084	1.9	0.083	1.9	0.128	2.4	0.129	2.4
Jefe de hogar con primaria inc. O más * No. Hijos menores de 18	0.067	1.3	-0.080	-1.2	0.054	0.9	0.001	0.0	
Constante	-3.885	-3.9	-3.780	-3.8	-4.752	-4.2	-4.651	-4.2	
Número de observaciones	12556					9119			
Pseudo R2	0.189			0.183		0.194		0.187	
Fuente: Cálculos de los autores con base en la Encuesta de calidad de Vida Bogotá 2003									

Cuadro A4.2 Resultados estimación ecuación de Calidad de Vida. Medellín 2006

Variable	Todos los Hogares														8-Hogares con Jefe Ocupado	
	1		2		3		4		5		6		7		Coef.	Z
	Coef.	Z	Coef.	Z	Coef.	Z	Coef.	Z	Coef.	Z	Coef.	Z	Coef.	Z		
Se va en vehículo particular al trabajo			0.326	1.5	0.218	1.0	0.230	1.0	0.168	0.7	0.175	0.7	0.163	0.7	0.166	0.6
Número de vehículos en el hogar									0.065	0.5	0.074	0.5				
TieneCarro													0.108	0.6		
Logaritmo del ingreso per cápita del hogar	0.124	2.7	0.171	4.2	0.122	2.7	0.122	2.7	0.121	2.6	0.121	2.6	0.120	2.6	0.167	2.4
Casa con garage							-0.058	-0.4			-0.069	-0.5	-0.073	-0.5	0.001	0.0
Número de cuartos	0.046	1.5	-0.339	-4.0	0.044	1.5	0.044	1.5	0.044	1.5	0.044	1.5	0.044	1.5	-0.001	0.0
Vivienda con 49elevisionsatelital	0.174	2.0	0.292	4.0	0.174	2.0	0.176	2.1	0.173	2.0	0.174	2.0	0.174	2.0	0.223	2.0
Estrato 3	0.123	1.4			0.116	1.3	0.119	1.3	0.116	1.3	0.119	1.3	0.119	1.3	0.222	1.6
Estrato 4	0.591	3.6	0.507	3.2	0.589	3.6	0.607	3.6	0.584	3.6	0.604	3.6	0.604	3.6	0.591	1.8
Estrato 6	0.613	2.0			0.582	1.9	0.633	1.9	0.512	1.6	0.581	1.7	0.581	1.7	1.061	1.9
Distancia al establecimiento de administración pública más cercano (km)	0.000	2.2			0.000	2.2	0.000	2.2	0.000	2.2	0.000	2.2	0.000	2.2	0.000	1.4
Distancia al camino intermunicipal más cercano (km)	0.000	-2.2			0.000	-2.2	0.000	-2.2	0.000	-2.2	0.000	-2.2	0.000	-2.2	0.000	-1.1
Número de cárceles por 1000 hab.	2.973	4.1			2.981	4.1	3.032	4.4	2.935	4.0	2.964	4.2	2.964	4.2	0.000	0.0
Número de centros culturales por 1000 habitantes	0.209	0.6			0.212	0.6	0.191	0.5	0.216	0.6	0.197	0.5	0.197	0.5	-0.717	-1.3
Número de centros de atención a menores o ancianos por 1000 hab.	-0.626	-2.7	-0.533	-2.3	-0.636	-2.8	-0.633	-2.8	-0.637	-2.8	-0.635	-2.8	-0.635	-2.8	-0.041	-0.1
Número de lugares de atención a desastres por 1000 hab.	3.144	2.5			3.101	2.5	3.104	2.5	3.119	2.5	3.137	2.5	3.137	2.5	1.817	0.6
Suelo rural	-0.844	-4.9			-0.835	-4.9	-0.809	-4.5	-0.833	-4.9	-0.799	-4.5	-0.799	-4.5	-0.624	-2.5
Suelo de usosresidencial	-0.134	-1.3			-0.130	-1.3	-0.131	-1.3	-0.130	-1.3	-0.129	-1.3	-0.129	-1.3	-0.084	-0.6
Tasa de desempleo en el sector censal	-2.519	-1.6	-4.487	-3.4	-2.491	-1.6	-2.487	-1.6	-2.482	-1.6	-2.477	-1.6	-2.477	-1.6	-3.296	-1.6
Edad del jefe de hogar	-0.037	-2.3	-0.007	-2.4	-0.037	-2.3	-0.038	-2.3	-0.037	-2.3	-0.037	-2.3	-0.037	-2.3	-0.006	-0.2
Edad del jefe de hogar al cuadrado	0.000	1.7			0.000	1.7	0.000	1.7	0.000	1.7	0.000	1.7	0.000	1.7	0.000	-0.4
Jefe de hogar con primaria	0.144	1.3			0.143	1.3	0.142	1.3	0.143	1.3	0.143	1.3	0.143	1.3	0.088	0.4
Jefe de hogar con secundaria completa	0.166	1.2			0.164	1.1	0.165	1.2	0.161	1.1	0.162	1.1	0.162	1.1	0.020	0.1
Jefe de hogar con universidad incompleta	0.336	1.4			0.325	1.3	0.329	1.4	0.326	1.3	0.330	1.4	0.330	1.4	0.219	0.6
Jefe de hogar con universidad completa o más	0.506	2.4	0.433	2.5	0.486	2.4	0.491	2.4	0.474	2.3	0.478	2.3	0.478	2.3	0.681	2.3

Número de Hijos Menores de 18	-0.265	-2.8			-0.271	-2.8	-0.271	-2.8	-0.272	-2.8	-0.272	-2.8	-0.272	-2.8	-0.245	-2.2
(Continuación) Cuadro 4.2 Resultados estimación ecuación de Calidad de Vida. Medellín 2006																
Casado	0.127	1.7			0.125	1.7	0.126	1.7	0.123	1.6	0.124	1.6	0.124	1.6	0.153	1.5
Viudo	0.240	2.1			0.242	2.1	0.243	2.2	0.242	2.1	0.244	2.2	0.244	2.2	0.380	1.5
Buenascondiciones de vida	0.376	2.2			0.376	2.2	0.378	2.2	0.376	2.2	0.379	2.2	0.379	2.2	0.522	2.3
Jefe con universidad * hijos menores de 4	-0.149	-1.7			-0.148	-1.7	-0.149	-1.7	-0.147	-1.6	-0.148	-1.7	-0.148	-1.7	-0.137	-1.1
Porcentaje de menores de 25 que asisten a colegio o univ. Pública	-0.055	-0.7			-0.048	-0.6	-0.050	-0.6	-0.047	-0.6	-0.049	-0.6	-0.049	-0.6	-0.066	-0.6
Edad del Jefe * hijos menores de 18	0.145	1.2	0.241	2.6	0.150	1.3	0.150	1.3	0.150	1.3	0.150	1.3	0.150	1.3	0.139	0.9
Jefe con secundaria completa * hijos menores de 18	0.172	1.5	0.295	3.0	0.176	1.6	0.175	1.5	0.177	1.6	0.176	1.6	0.176	1.6	0.207	1.6
Jefe con universidad * hijos menores de 18	0.232	1.9	0.346	3.5	0.230	1.9	0.229	1.8	0.231	1.9	0.230	1.9	0.230	1.9	0.189	1.3
Diferencia de edad entre la madre y el hijo mayor	0.349	3.7	0.317	3.6	0.344	3.7	0.345	3.7	0.340	3.6	0.340	3.6	0.340	3.6	0.420	2.8
Constante	-0.660	-0.9	-1.251	-2.3	-0.617	-0.9	-0.620	-0.9	-0.597	-0.8	-0.588	-0.8	-0.588	-0.8	-1.742	-1.7
Número de observaciones	1501														827	
Pseudo R2	0.122		0.100		0.123		0.123		0.123		0.123		0.123		0.137	
Fuente: Cálculos de los autores con base en la Encuesta de Calidad de Vida Medellín 2006																

Nota: Las estimaciones de ambas ciudades incluyen variables de control adicionales que no se presentan por su baja significancia en las diferentes especificaciones.

Cuadro A.5. Compensación Monetaria por restricción de un día la circulación de vehículos, Medellín, 2007.

	<i>Compensación (% del ingreso)</i>
	<i>Metodología Marginal</i>
<i>A-Toda la población urbana</i>	
Jefe va al trabajo en su carro	4.1%
Número de vehículos en el hogar	1.9%
Total	5.9%
<i>B-Estratos Bajos 1-2-3</i>	
Jefe va al trabajo en su carro	0.3%
Número de vehículos en el hogar	2.4%
Total	2.7%
<i>C-Estratos Medios-Altos, 4-5-6</i>	
Jefe va al trabajo en su carro	6.2%
Número de vehículos en el hogar	3.5%
Total	9.7%

Nota: Compensación por racionamiento de 1 días a la semana o 20%, calculada con dos métodos -el método de aproximación marginal (ecuación, 3) y con el método de Curva de Indiferencia (ecuación 3a)-, y con base en los parámetros estimados en el modelo #6, para Medellín.

Fuente: Cálculos de los autores con base en la Encuesta de Calidad de Vida, Metroinformación, 2007.