



I
ARTÍCULO

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

La creciente urbanización latinoamericana de las últimas décadas ha inducido mayor demanda de vehículos y, en consecuencia, 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 en Bogotá, 2008, con la medida denominada Pico y Placa). Para juzgar su impacto 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 de la familia 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.

*Por: Carlos Alberto Medina
Carlos Eduardo Vélez***

En Latinoamérica el nivel creciente de urbanización y la mayor productividad asociada con el proceso de aglomeración económica

han inducido una mayor demanda de vehículos por parte de los hogares y de los negocios para llevar a cabo sus actividades económicas,

* Los comentarios expresados son responsabilidad de los autores y no comprometen al Banco de la República ni a 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 eMetro-información y de Catastro Distrital, así como la asistencia de Carlos Alberto Castañeda, Jorge Eliécer Giraldo, Sebastián Londoño y Arlen Guarín.

** Los autores son, en su orden, subgerente regional de Estudios Económicos e investigador del Banco de la República, sucursal Medellín, y consultor independiente y Profesor visitante de la Escuela de Gobierno de la Universidad de los Andes.

lo cual, en casos como el colombiano, no ha sido acompañado 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 (por ejemplo, México en 1988, y Bogotá en 2008), equivalentes a la prohibición de un 20% o 40% del flujo de vehículos, según el caso. Cabe anotar que este tipo de medidas extremas de regulación no se han tomado en economías desarrolladas con alta densidad vehicular, en las cuales, en cambio, se han implementado alternativas menos ineficientes económicamente (por ejemplo, peajes por circulación en zonas más congestionadas en ciudades como Londres, Estocolmo o Melbourne).

Las medidas de restricción vehicular han ocasionado protestas y debates públicos en Bogotá y Medellín, que invitan a preguntarse en qué magnitud aquellas políticas 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 por 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 las cuales la situación vehicular es más crítica, con lo cual se encuentra que el barrio El Poblado de Medellín, es la zona más congestionada de ambas ciudades. Posteriormente, se realiza un análisis de la congestión en el transporte urbano en el contexto de las economías de aglomeración urbanas asociadas con su mayor densidad

poblacional, y estrechamente vinculadas 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*). Las estimaciones revelan que la restricción en el uso del vehículo particular por un día a la semana en el caso de Bogotá trae un perjuicio considerable para los hogares del orden de 2,1% y 6,4% del ingreso per cápita de los hogares de estratos bajos y altos respectivamente, y de 3,1% y 7,5% del ingreso per cápita de los hogares de estratos bajos y altos, en su orden, en Medellín. Es decir, se afectan no solo los grupos de altos ingresos sino también 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, esta restricción radical de la circulación resultaría desaconsejable y deberían considerarse alternativas como los peajes por congestión en zonas céntricas.

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 conceptos relevantes para analizar el tema, y posteriormente se exponen los hechos estilizados del transporte vehicular en Colombia, y en particular, en Bogotá y Medellín. La segunda sección muestra algunos hechos del tráfico vehicular en Colombia y en las dos ciudades. La tercera compara dos experiencias internacionales que sirven como punto de referencia frente a lo que pueden implicar las medidas estudiadas. La cuarta sección expone las alternativas metodológicas para cuantificar los perjuicios de restringir el tráfico vehicular. La quinta 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 se ofrecen algunas conclusiones y recomendaciones.

I. 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 asociadas¹. 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 que las intervenciones dirigidas a disminuir la congestión pueden ocasionar, a su vez, la pérdida de recorridos 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 plazos.

Para poder tener 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 del transporte y de congestión.

A. Desarrollo, economía urbana y aglomeración

En los últimos años la agenda internacional del desarrollo ha demostrado un interés

¹ Por ejemplo, en las ciudades de Medellín y Bogotá la contaminación atmosférica medida en PM10 (partículas menores o iguales a diez microgramos) en 2008 superaba 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ —tres veces el nivel máximo recomendado por la OMS—, ocasionando significativos incrementos de la mortalidad y morbilidad para niños y adultos. Según Medellín Cómo Vamos (2008) y UN Agencia de Noticias (2009), por cada 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ adicionales, se incrementa la mortalidad general en 4%, la consulta por enfermedad respiratoria para niños lo hace en 8%, las complicaciones en niños con asma en 50% (quienes corresponden al 18% de la población escolar).

creciente por el papel 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 2006 a Paul Krugman por sus trabajos en geografía económica, sino también el Reporte Mundial de Desarrollo del Banco Mundial para 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 vinculada con la 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 cómo los crecimientos en los niveles de urbanización de 40% a 50% conllevan incrementos de \$2.000 per cápita, los aumentos de urbanización de 50% a 60% traen incrementos de \$4.000 per cápita, y así continúa esta secuencia de “rendimientos crecientes” con el nivel de urbanización de las economías.

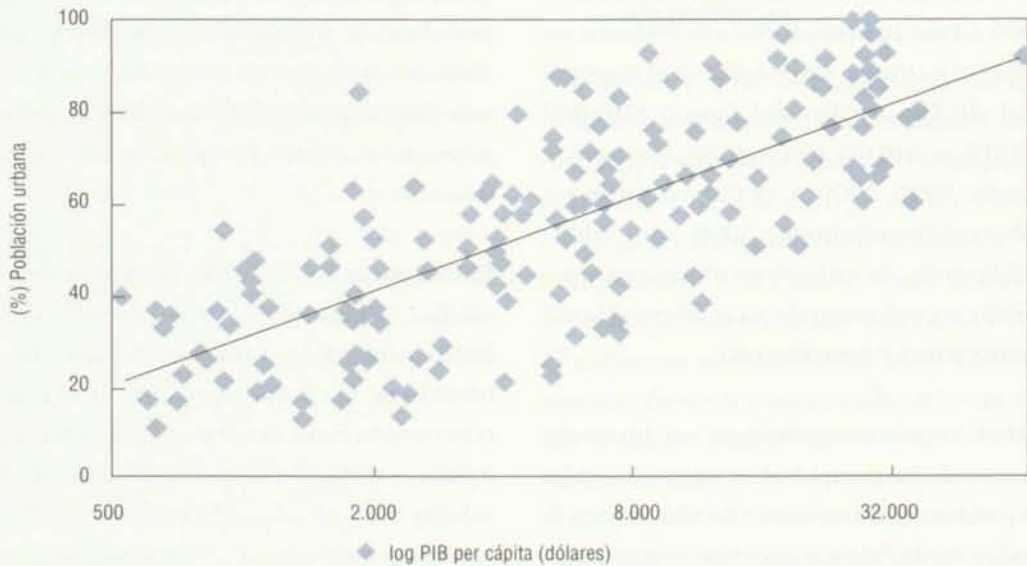
El análisis de la economía urbana logra explicar cómo la preponderancia de la actividad económica aglomerada espacialmente está asociada con incrementos de productividad, pues la estructura productiva de la urbe pre-

senta rendimientos crecientes de escala (RCE) por tres mecanismos principales (Duranton, 2008): 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, por una mayor facilidad de aprendizaje (*learning*) sobre tecnologías y organización de la producción.

El Diagrama 1 nos ilustra el modelo básico de ciudad (Henderson, 1974), donde 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 C². El tamaño de la ciudad (N_c) en equilibrio se da en el punto donde se cortan la curva de salario neto (curva de salario menos curva de costo de vida) y la curva de oferta laboral (panel C), por su

² Estimaciones preliminares con base en la Gran encuesta integrada de hogares del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, GEIH, 2006) indican que los diferenciales salariales interurbanos por aglomeración en Colombia tienden a crecer con el tamaño de las ciudades y oscilan en un rango entre un 13% a 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% a 32% entre la cabecera urbana del Q1 y la cabecera urbana del percentil 90 (P90) (correspondiente a Bogotá).

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



Fuente: Banco Mundial (WDI, 2006); indicadores de desarrollo mundial para 160 países.

parte, el beneficio o salario neto es positivo e igual a $Wc - Hc$.

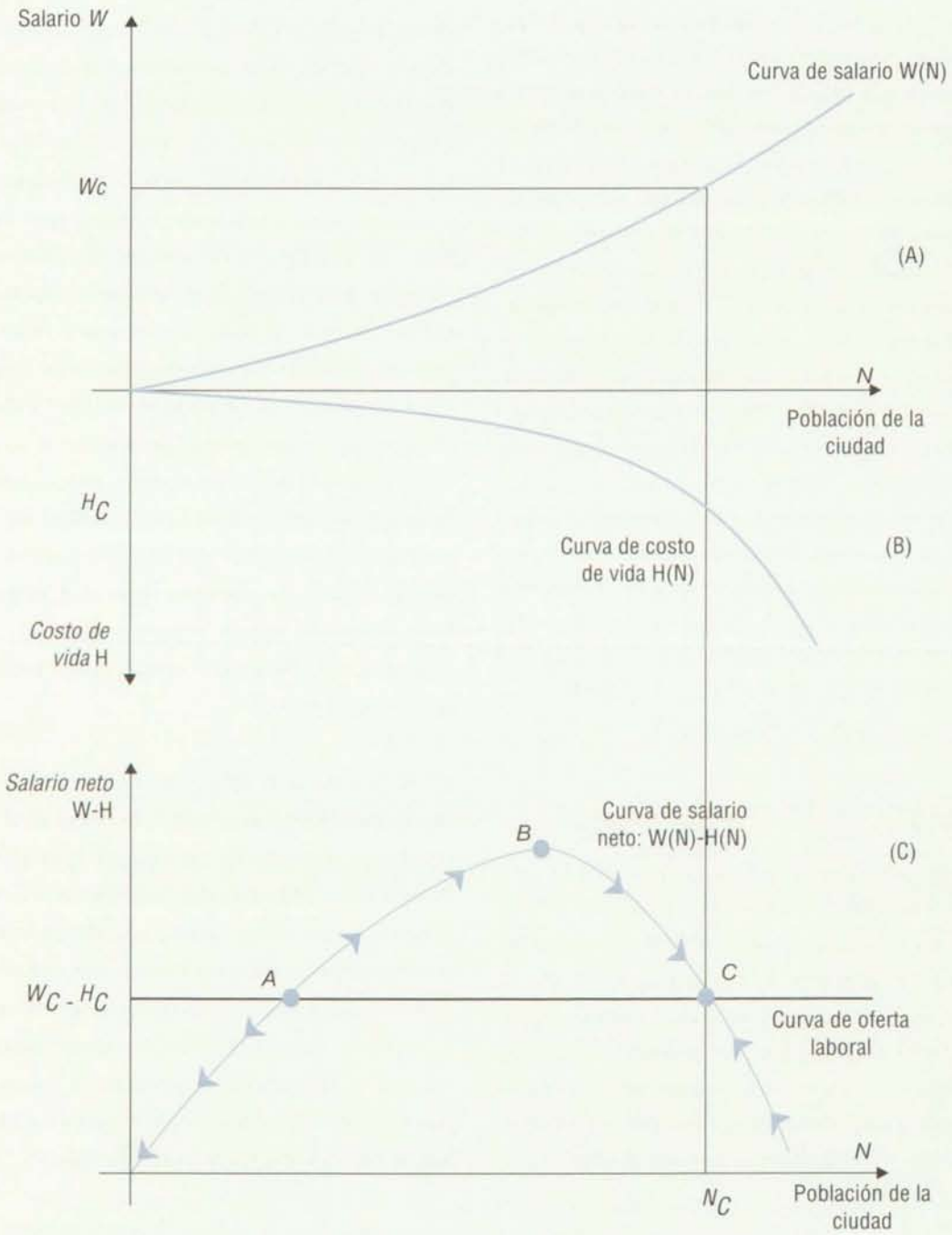
Una de las funciones determinantes del tamaño y el nivel de bienestar de la ciudad, la curva de costo de vida, $H(N)$, está estrechamente ligada a las dimensiones de la congestión de tránsito y a sus efectos ambientales en la misma ciudad. La curva de costo de vida de la ciudad incorpora tanto los costos de congestión del transporte privado³ —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; es decir, los costos del *tiempo + esfuerzo* de acceso al transporte público. 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 servicios⁴. Todos los incrementos de costo de vida inducidos por la falta de movilidad tienden a hacer a la ciudad menos eficiente, a reducir el volumen de actividad económica y a disminuir el

³ Por ejemplo, la dificultad o facilidad de acceso a estaciones y plataformas de Metro en Medellín y Transmilenio en Bogotá; tiempo en las filas para compra de tiquetes; distancia a parqueaderos y a otras modalidades de transporte complementarias, entre otros.

⁴ Por ejemplo, restricciones ineficientes a la circulación de vehículos de carga y al parqueo de vehículos, con parquímetros ineficientes en zonas/horarios descongestionados, por motivos exclusivamente fiscales.

Diagrama 1
 Modelo básico de ciudad (Henderson, 1974)



Fuente: Duranton (2008).

bienestar y el salario del ciudadano promedio (empleado o trabajador).

En este contexto, las políticas recomendables para aprovechar 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 Diagrama 1), consisten en compensar eficientemente las externalidades positivas de producción y desincentivar las externalidades negativas de costo de vida. En primera medida estarían las políticas 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, así como promover la competencia en los mercados, removiendo cualquier limitación a la circulación de mercancías, servicios y personas, y estableciendo sistemas de información orientados a divulgar información de mercado para facilitar transacciones económicas.

B. 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 lograr un resultado eficiente tanto del transporte privado como del público urbanos (Jara-Díaz, 2008).

Con relación al transporte privado, se considera que en tanto los costos sociales del transporte excedan 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 tienen un cobro menor (o nulo) en zonas y horas menos congestionadas. Este cargo debe tener en cuenta una medida monetaria del valor del tiempo de usuarios de transporte o su costo de oportunidad, lo cual debe calcularse con base tanto en el salario por unidad de tiempo como en el valor del tiempo para realizar otras actividades productivas del hogar, de consumo o de esparcimiento, todo lo cual se conoce en la literatura como *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 (C_o) al costo del usuario (C_u). Y este último C_u resulta, a su vez, de sumar tres componentes: tiempo y esfuerzo del usuario para acceder al servicio (los cuales 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 público⁵.

⁵ 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 de servicio público genera incentivos perversos para que los propietarios de estas "inunden" las rutas de buses, generando más congestión y reduciendo la velocidad del servicio.

II. TRÁFICO VEHICULAR EN COLOMBIA: HECHOS ESTILIZADOS

En el contexto internacional y regional Colombia cuenta con un tráfico vehicular relativamente bajo: ocupa el puesto 98 entre 140 países, según su número de vehículos automotores por cada 1.000 habitantes, con cerca de 29 vehículos. De acuerdo con el Gráfico 2, la lista la encabeza los Estados Unidos, con 765 vehículos por cada 1.000 habitantes, y es seguido por países europeos, además de 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 2, lo cual sugiere que para Colombia el *VpH* podría estar en el rango que se encuentra la de países como Ecuador o El Salvador, esto es, alrededor de 50 vehículos por cada 1.000 habitantes. Es igualmente destacable que el nivel del *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).

A. La elasticidad entre el aumento del parque automotor y el 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 auge en la demanda de vehículos experimentado por el país. El Gráfico 3 ilustra el número de vehículos particulares nuevos por ciudad desde 1990 a 2008. El panel A presenta cifras en valores absolutos y el B en valores relativos frente a los registros de 1990⁶. Este gráfico nos muestra que el número de vehículos nuevos por año en Medellín y Cali en 2008 fue de 3,0 a 3,5 veces a lo observado en 1990, y de 8,0 veces para la ciudad de Bogotá.

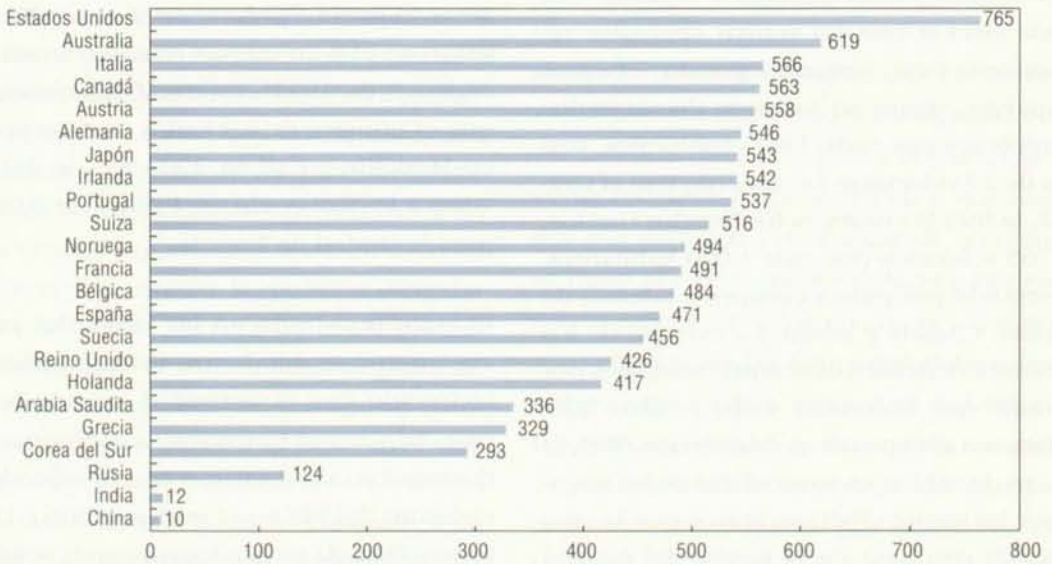
El auge registrado en las cifras del parque automotor se encuentra estrechamente relacionado con la actividad económica del país, tal y como se evidencia al comparar las fluctuaciones del mismo con la cifra de crecimiento del PIB en el mismo gráfico. De esa forma, la caída en la adquisición de vehículos nuevos registrada en 1999 y 2000 coincide con la desaceleración del PIB en 1999, así como coincide con 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, 2003, p. 6) 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 período". Ante esta situación y 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

⁶ 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 matriculados en esa ciudad sino en otros municipios del área metropolitana.

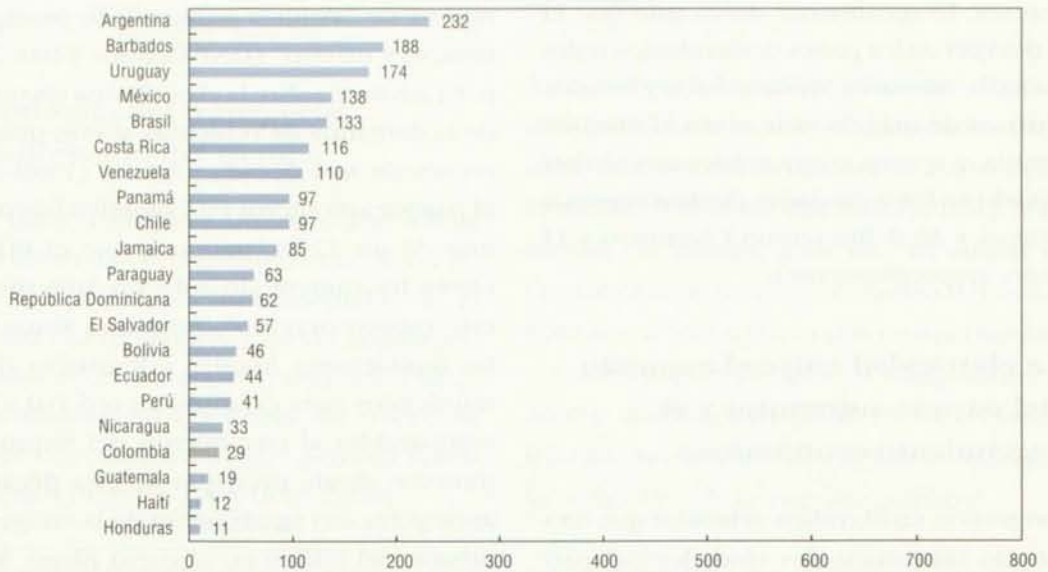
Gráfico 2

Vehículos automotores por cada 1.000 habitantes

A. Países desarrollados

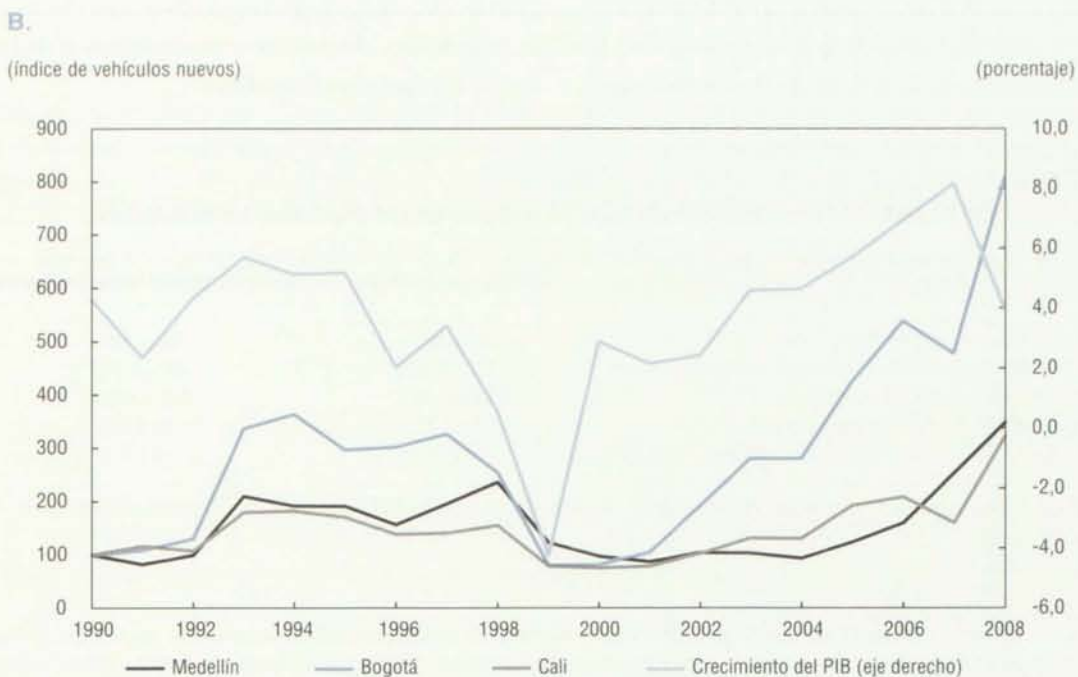
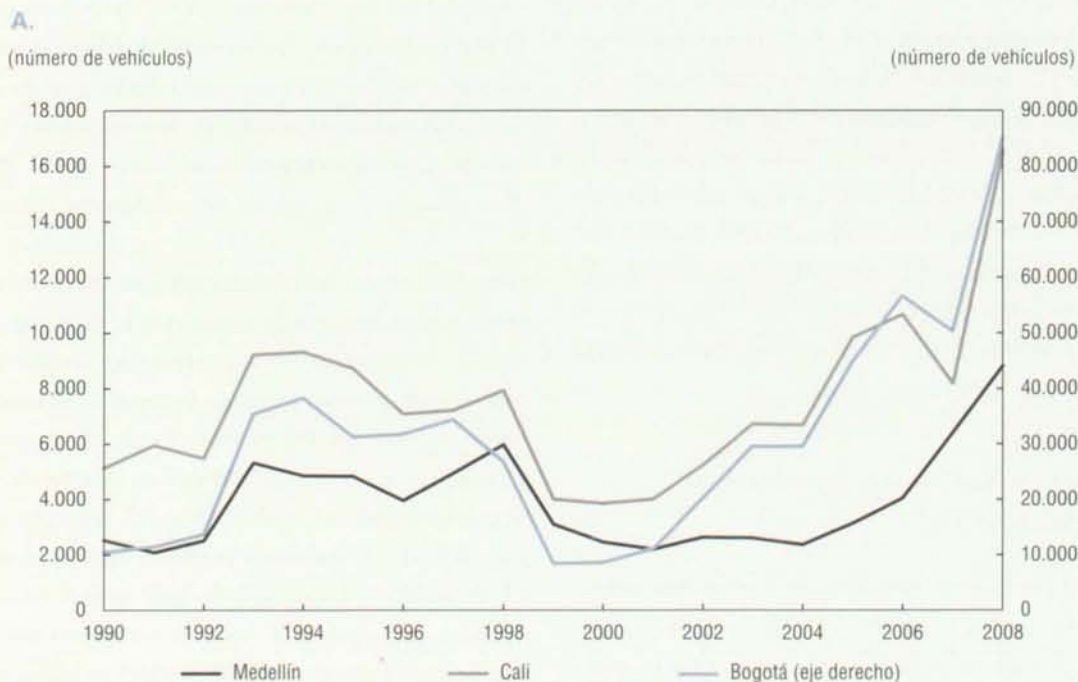


B. Latinoamérica y el Caribe



Fuente: Banco Mundial (WDI, 2002).

Gráfico 3
Automóviles, camionetas y camperos particulares nuevos por ciudad
(1990 a 2008)



Fuentes: Ministerio de Transporte y DANE.

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 poco óptimo de las principales rutas de buses. En aquel documento también se 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 además se podrían introducir sistemas integrados de transporte público urbano que resolvieran la ineficiencia del *statu quo*.

B. Ineficiencia del transporte público

De acuerdo con el documento en mención (DNP-Conpes 3260, 2003), hay cuatro aspectos que caracterizan la operación claramente ineficiente del transporte público en las principales ciudades del país cuando se les compara con otras urbes de América Latina,

tales como Buenos Aires, Recife, Sao Paulo, Curitiba y Santiago, frente al 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 los 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 accidentalidad⁷.

Cuadro 1
Principales indicadores del transporte público en las ciudades colombianas

Indicador	Ciudades colombianas	Ciudades modelo latinoamericanas ^{a/}
Ocupación media (pasajeros/bus por día)	280 a 320	500 a 800
Vehículos de transporte público colectivo/millón de habitantes	1.500 a 3.400	700 a 1.500
Kilómetros de rutas/millón de habitantes	2.200 a 5.100	400 a 2.000
Velocidad de corredores principales (km/h)	8 a 12	20 a 25
Edad media de los vehículos de transporte público colectivo (años)	10 a 18	4 a 9

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

⁷ El documento Conpes 3260 (2003, p. 7) 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 estas, a su vez, afilian los vehículos requeridos, sin ejercer mayor control durante la prestación del servicio y devengan de acuerdo con 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".

C. Patrones de localización del transporte privado en Bogotá y Medellín

Ahora bien, ¿dónde se concentra principalmente el crecimiento del transporte privado en ciudades como Medellín y Bogotá? La exploración de la distribución espacial del transporte privado revela un patrón de localización claramente asociado con la distribución del ingreso. En efecto, el Gráfico 4 nos muestra cómo la población de mayores ingresos y mayor capacidad para demandar vehículos tiende a vivir en los vecindarios menos densos y más exclusivos de Medellín y Bogotá. En otras palabras, 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 7.000 habitantes por kilómetro cuadrado) tienen vehículo con una probabilidad de 40%, casi el doble de la que tienen los hogares que viven en sectores censales con densidades alrededor de 20.000 habitantes por kilómetro cuadrado (24%). Para Medellín el pico se encuentra en sectores censales con densidades de 5.000 habitantes por kilómetro cuadrado cuya probabilidad de tener vehículo es del 80%; lo cual es más de tres veces la probabilidad de tener vehículo de los hogares que viven en sectores censales con densidades máximas cercanas a 20.000 habitantes por kilómetro cuadrado⁸.

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 Anexo 2. Como se puede observar, entre las 7:00 a.m. y las 6:00 p.m. en ocho de los cruces más importantes de la ciudad se observa un nivel de uso de las vías que supera su capacidad en todos los casos: en cuatro de ellos su ocupación es del 120%, en dos de ellos es del 140% y en uno de ellos de más del 200%.

III. RACIONAMIENTO O PEAJE PARA ALIVIAR LA CONGESTIÓN: DOS EXPERIENCIAS INTERNACIONALES

El grupo 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 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, regular la circulación de vehículos (o “Pico y Placa”), etc.

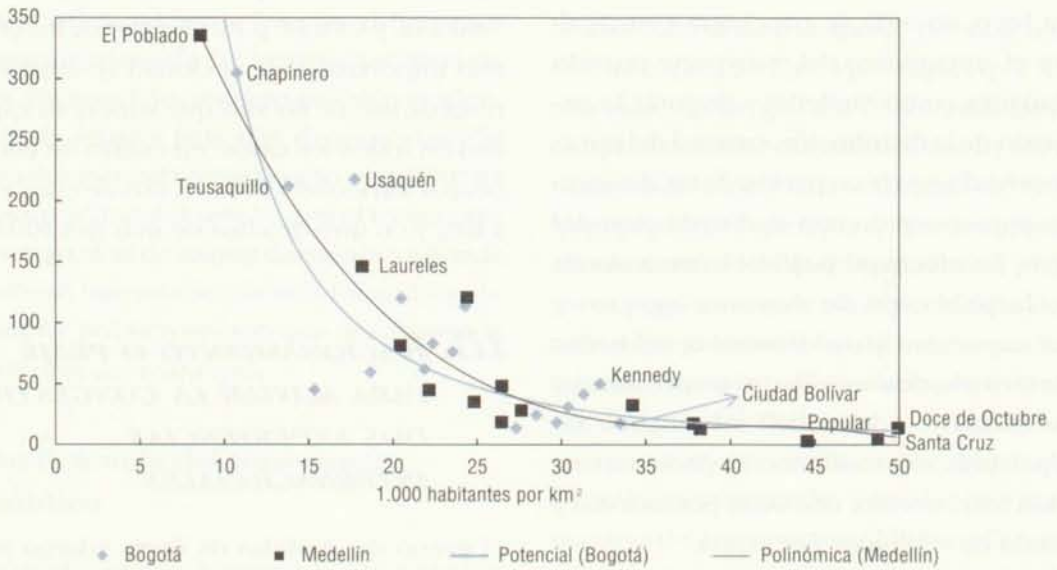
Esta sección busca presentar un contraste entre dos medidas alternativas de restricción al tráfico vehicular que pretenden aliviar la congestión: la primera, por la vía de la regulación o expropiación parcial del flujo de servicios del automóvil —por ejemplo, en México D. F.

⁸ Para más detalles véase el Anexo 1, donde se presentan los gráficos y mapas detallados sobre densidad poblacional y vehicular por comunas y localidades en las ciudades de Medellín y Bogotá.

Gráfico 4

Densidad de población y vehículos por habitante por barrio, 2005

(1.000 vehículos por habitante)



Fuentes: DANE (ECV Bogotá, 2007), Medellín (ECV, 2007), DANE (censo de población, 2005). Cartografía Municipio de Medellín y Catastro Distrital; cálculos de los autores.

el programa “Hoy No Circula”, implementado 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 en la ciudad de Londres desde 2000 —denominado *Central London Congestion Charge*—.

La restricción a la circulación de vehículos fue adoptada hace ya dos décadas en la ciudad de México, D. F., cuya evaluación de impacto 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 usados, sin aliviar la congestión y, en consecuencia, agravó los problemas de la contaminación (Davis, 2008). Estos estudios revelan cómo, luego de

la medida adoptada en 1988: i) los pasajeros no incrementaron su uso del transporte público; ii) aumentó la compra de gasolina (por encima de lo esperado), y iii) crecieron los niveles de contaminación de acuerdo con los registros ambientales (hora por hora) en la ciudad de México, D. F.

De otro lado, el uso 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 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*, que impone un cargo de £5 por día para circular entre las 7:00 a.m. y las 6:30 p.m. en un área de 21 km². En dicha zona se monitorean electrónicamente 200.000 vehículos día y se cobran los respectivos peajes. La adopción de esta política hizo parte del debate electoral y el candidato que resultó elegido defendió esta propuesta, la cual disminuyó la congestión y mejoró la circulación de vehículos.

El reporte de Deloitte Research (2003) señala los principales beneficios de la medida: aumento sustancial de la velocidad de circulación en un 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 más rápida y predecible de los buses. El mismo reporte indica que el 72% de las urbes europeas considera seriamente adoptar este tipo de medidas y cerca del 80% de estas lo haría en los próximos diez años.

¿Cómo explicar resultados tan dispares de estas dos restricciones alternativas al tráfico vehicular? La economía del transporte y la de la congestión ofrecen la base analítica para entender 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.).

A. Londres: cargo por congestión

El análisis económico básico para explicar el resultado exitoso del peaje de Londres

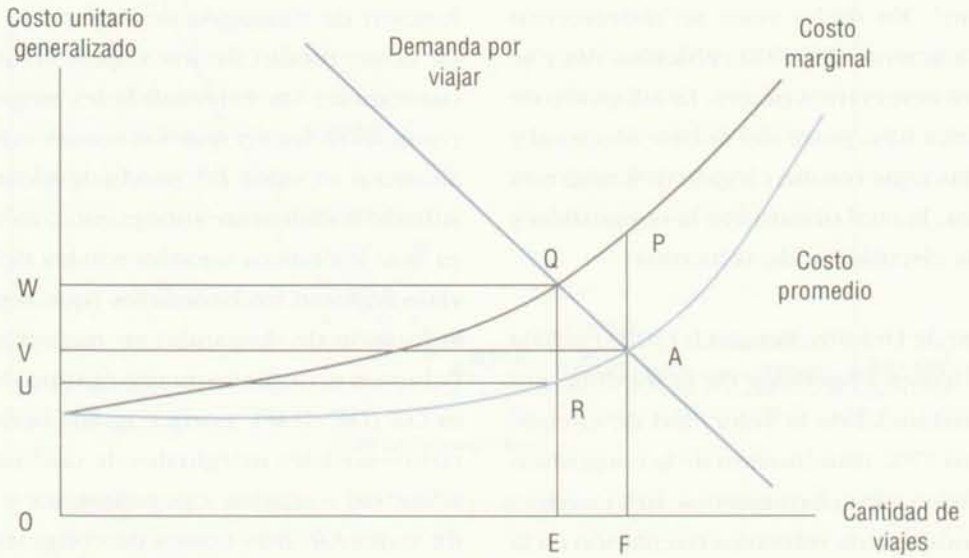
sería el siguiente. El Diagrama 2 (panel A) nos muestra que en un sistema de transporte urbano *sin restricciones* se produce un volumen de tráfico *OF* a un costo medio por viaje *FA*, que resultan del equilibrio entre la función de demanda de viajes y la función de costo medio de los viajes. En estas circunstancias las externalidades negativas de congestión hacen que los costos marginales alcancen el valor *FP*, produciéndose un resultado socialmente subóptimo 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*, más 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.

No obstante, si observamos el Gráfico 5, que describe los volúmenes de tráfico durante el día en la ciudad de Estocolmo —donde se establecieron 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, aun después de aplicar peajes óptimos de descongestión? El Diagrama 2 (panel B) 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 cuando se realizan los viajes más valiosos

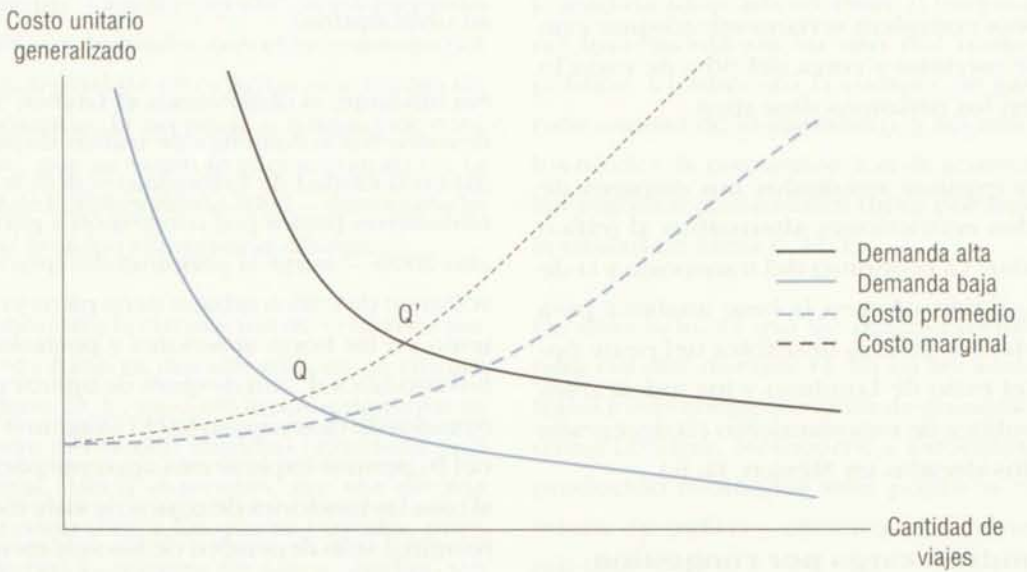
Diagrama 2

Economía de los costos de congestión: modelo básico

A.



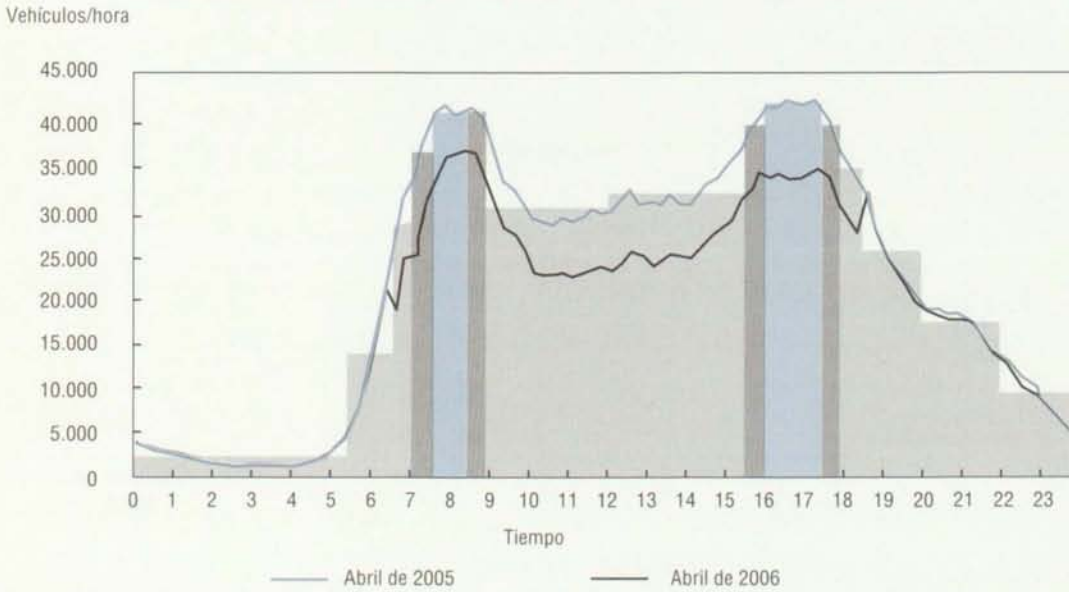
B.



Fuente: Bureau of Transport and Regional Economics (2007).

Gráfico 5

Estocolmo: volumen de circulación durante el día, antes y después de la introducción del cargo o peaje por circular en automóvil privado



Fuente: Johanson (2006).

hacia y desde el trabajo (entre las 7:00-9:00 a.m. y las 5:00-7:00 p.m.) y, por tanto, a estas horas aun con el cargo por peaje y mayores tiempos de viaje se observa un mayor volumen de 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.

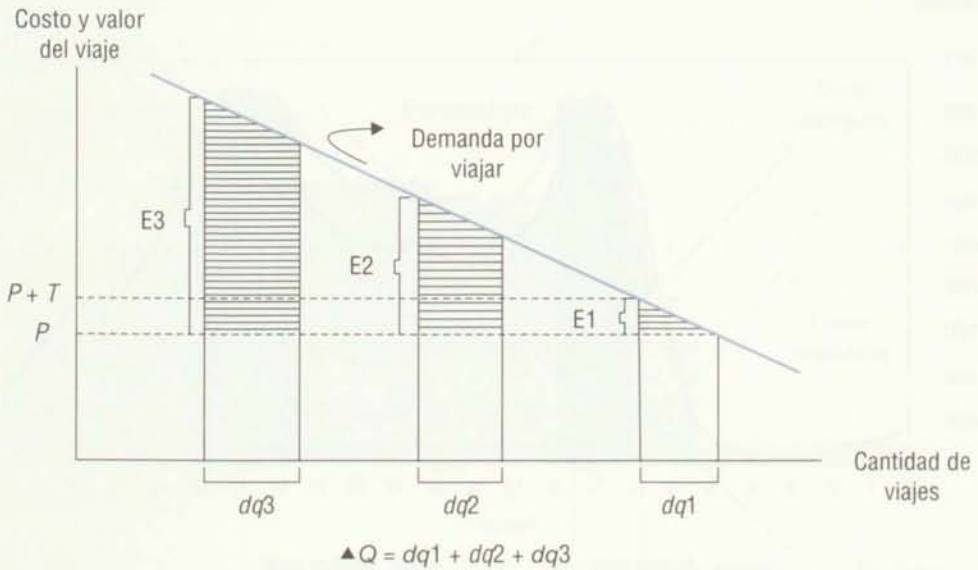
B. México, D. F., 1988: “Hoy No Circula”

Como se mencionó, 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. Si hacemos referencia al transporte privado, en el Diagrama 3 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 del auto y valor del tiempo de viaje (aun 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 Diagrama 3 también nos muestra que una restricción de tráfico vehicular por racionamiento ΔQ impide en

Diagrama 3

**Pérdidas de excedente del consumidor en escenarios alternativos:
peaje vs. racionamiento por 1 o 2 días**



Fuente: Eskeland y Feyzioğlu (1995)

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 (Eskeland y Feyzioğlu, 1995). En efecto, mientras que 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 en 1988, y que el racionamiento puede terminar siendo contraproducente. Además 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 cuando se realizan los viajes más valiosos y, por tanto, la curva óptima de tráfico durante el día laboral tendría la forma de una meseta con dos picos en cada extremo. Por ende, 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 con el beneficio económico que le reporta.

Recuadro 1

COMUNA EL POBLADO (MEDELLÍN): PERÍODO DE PLANEACIÓN URBANA DEFICIENTE DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL

La comuna 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 más altos ingresos de la ciudad, con la más baja densidad de población y el más alto número de vehículos por hogar, presenta una insuficiente red vial, que además 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 sí lo había logrado décadas atrás en otras zonas de altos ingresos de la ciudad —por ejemplo, entre 1950-1960 en la comuna Laureles—.

La comuna El Poblado tiene la menor densidad por habitante de cualquier zona o localidad de Medellín y Bogotá, pues su población es de 7.000 a 8.000 habitantes por km², la cual es inferior a cualquier localidad de Bogotá (incluida Chapinero, que tiene de 9.000 a 10.000 habitantes por 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% [Anexo 1].

Se podría contemplar la alta capacidad de pago de los habitantes de esta comuna, 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.

Aún resta por dilucidar cuáles 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 podría ser de utilidad para evitar que se repitan las dificultades actuales de movilidad de El Poblado en el valle de San Nicolás, 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.

IV. 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 presenta 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 reveladas. No obstante, a la luz de las limitaciones de estas alternativas convencionales y de los datos disponibles, consideramos que la metodología de calidad de vida (*life satisfaction*) puede mostrar estimaciones más precisas sobre el orden de magnitud de los perjuicios de la medida DSAS sobre los hogares.

A. Tres metodologías alternativas

Si bien el uso del vehículo particular por parte de las personas es de beneficio privado, el mismo impone importantes externalidades de la 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 con 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 públicos⁹; 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 se enfrentan a 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 les acarrearía

⁹ 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 véase Portney (1994). Una posición a favor de la valoración contingente puede ser vista en Hanemann (1994) y Carson *et al.* (2001).

e, inclusive, los beneficios de la misma como usuarios del transporte público ante un escenario de menor congestión.

List *et al.* (2004) identifican la segunda dimensión sobre la cual se han demostrado limitaciones en la metodología de la valoración contingente: el denominado *aislamiento social*, con el cual se ha estimado que podría llevar a sesgos en las valoraciones de dimensión similares a aquellos producidos por el sesgo conjetural.

Más allá del *sesgo conjetural*, una tercera limitación que 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, en especial, teniendo en cuenta que quienes responden la encuesta no tienen nada que perder al escoger esta opción¹⁰.

Adicionalmente, existe una restricción empírica para implementar la metodología de valoración contingente; lo que significa límites para estimar adecuadamente la valoración que los hogares hacen de características diferenciales frente a 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 ponderación le asigna a esa opción en relación con 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, 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 bedónicos*, la cual en nuestro contexto podría ser útil para cuantificar costos como los de congestión, en lugar de 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 para considerar con el fin de 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 relacionadas con el uso de medios de transporte alternativos, como la exclusividad, la privacidad, la seguridad, entre otros.

B. Metodología adoptada: calidad de vida (*life satisfaction*)

En este trabajo se utiliza la metodología de calidad de vida o *life satisfaction* para cuantificar

¹⁰ Es decir, 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.

el costo privado para los hogares que tendría una medida de restricción en el uso del carro. Esta metodología emplea las respuestas de los hogares a preguntas sobre su satisfacción personal, para estimar su relación con las principales variables 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—véanse Van Praag (2007), Layard (2005), y Frey y Stutzer (2002), entre otros—.

Claramente, el alcance de esta metodología depende en forma crucial de la confiabilidad que pueda tener la respuesta de los hogares sobre su satisfacción personal, un aspecto sobre el cual cabe esperar 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 (véanse Davidson, 1992 y 2000; Davidson *et al.*, 2000). Esta evidencia se repite cuando se estudia a diferentes personas, y cuando se hace con la misma persona en determinados momentos. 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 calidad de vida¹¹.

A continuación se presenta un modelo de calidad de vida, en la línea expuesta por Frey

et al. (2004), haciendo una extensión del modelo utilizado por Medina, Núñez y Morales (2008), con base en la cual se elabora una estimación de los costos privados de un racionamiento de tráfico vehicular.

Como se mencionó, el modelo explica la calidad de 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 por 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 calidad de vida (o *life satisfaction*) del hogar i que habita en el sector censal j , como 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), la propiedad del automóvil (A_{ij}), y el ingreso per cápita de dicho hogar en tal sector censal (Y_{ij}). Una vez se obtienen los estimadores de los parámetros de la ecuación (1), se procede a calcular el precio implícito del vehículo y la pérdida de bienestar, que se miden como la compensación monetaria *ex ante* para contrarrestar el perjuicio que recaería sobre los 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):

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

¹¹ Ver también la evidencia en favor de este método presentada por Di Tella y MacCulloch (2008), Kahneman, Diener y Schwartz (1999), Sutton y Davidson (1997).

Si A_o es la tasa media de propiedad del 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 de tal familia (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 restablezca 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 0. 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 inicial¹². 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.

V. COSTOS DEL RACIONAMIENTO AL TRÁFICO VEHICULAR PARA LOS HOGARES: UNA ESTIMACIÓN EX ANTE

Esta sección presenta los resultados de utilizar la metodología de calidad de vida 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 cómo 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.

¹² Esta última propiedad está vinculada con 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.

A. Distribución de los perjuicios del racionamiento

La medida DSAS (uno o dos días) equivale a la restricción del 20% o 40% del flujo de automóviles durante la semana laboral. ¿A quién perjudicaría el DSAS? ¿Cómo se distribuyen los perjuicios? En Medellín y Bogotá hay 91.000 y 441.000 hogares, respectivamente, que poseen al menos un automóvil¹³. Esto quiere decir que el 15% y 23% de los hogares en Medellín y Bogotá se ven perjudicados por aquella medida. El Cuadro 2 nos muestra claramente que en Bogotá y Medellín se afectan tanto los hogares de altos ingresos como los de bajos ingresos. Una cuarta parte de los hogares de Medellín con automóvil pertenecen a los estratos de ingresos bajos (1, 2 y 3) y en Bogotá más de la mitad (53%)¹⁴. Lo anterior, debido a que, a pesar de que los estratos más bajos tienen una probabilidad mucho menor de tener automóvil (9% y 22% para el estrato

3 contra 63% y 75% para los estratos 5 y 6, en Medellín y Bogotá, en su orden), 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.

Estos hogares y la economía urbana en general resultan perjudicados por el DSAS en distintas formas: la mayoría de integrantes 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,

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

Estrato	Medellín		Bogotá	
	Hogares con auto dentro del estrato	Autos por estrato	Hogares con auto dentro del estrato	Autos por estrato
(porcentaje)				
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: Medellín (ECV, 2006), DANE (ECV, 2003); cálculos de los autores.

¹³ Tomado de la encuesta de calidad de vida para Medellín (2006), y Bogotá (DANE, 2003).

¹⁴ 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.

que para Bogotá representan el 20% 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).

Por otro lado, ¿qué tanto puede afectar el DSAS a 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 con el Metro en Medellín), bus o vehículo particular, y con menor frecuencia a pie, en bicicleta, motocicleta, o en taxi¹⁵. 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 serían los ocupados que se desplazan en transporte público colectivo —quienes

Cuadro 3
Medio de transporte para ocupados y costo de oportunidad
(Bogotá, 2003 y Medellín, 2006)

Medio de transporte	Principal medio de transporte al sitio donde trabaja				Tiempo de viaje vs. tiempo de trabajo ^{a/}	Salario medio	Costo de oportunidad ^{b/}
	Medellín, 2006		Bogotá, 2003				
	Pasajeros × 10 ³ (porcentaje)	Pasajeros × 10 ³ (porcentaje)	Pasajeros × 10 ³ (porcentaje)	Pasajeros × 10 ³ (porcentaje)			
	(1)	(2)	(3)	Valor (\$ × 10 ³) (4)	Valor (\$ × 10 ³) [(3) × (4)]/100		
A pie	183	20,6	422	17	5,1	471	24
Bicicleta	6	0,7	93	4	9,6	464	45
Moto	46	5,2					
Bus o buseta	464	52,2	1.368	54	17,6	573	101
Transporte informal	6	0,7	1	0	9,2	246	23
Taxi o colectivo	35	3,9	47	2	8,1	1.477	119
Vehículo particular	91	10,3	315	13	10,5	2.257	238
Metro/Transmilenio	43	4,8	191	8	17,1	907	155
Otro	8	0,9	79	3	13,5	1.349	182
No sabe/no responde	7	0,8	0				
Total	889	100	2.516	100	14,1	808	114

a/ El porcentaje muestra el cociente entre el tiempo que se demora yendo y viniendo del trabajo, y el tiempo que pasa trabajando.

b/ Se asume jornada de trabajo de cinco días a la semana.

Fuentes: DANE (ECV, 2003), y municipio de Medellín (ECV, 2006).

¹⁵ 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.

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 Bogotá los ocupados que más se demoran trasladándose al trabajo en relación con el tiempo que laboran son aquellos que se transportan en bus o en Metro/Transmilenio, ya que dedican más del 17% del tiempo que laboran en trasladarse a sus lugares de trabajo¹⁶. 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, a sus respectivos salarios, estos duplican el costo de oportunidad per cápita de los que viajan en bus o en transporte colectivo.

B. Resultados de la estimación de la ecuación de calidad de vida

1. 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, aplicada por el DANE. Las encuestas se aplicaron a 12.769 y 19.910 hogares para Bogotá y Medellín, respectivamente. En el Anexo 3 cuadros A3.1 y A3.2 se presentan las estadísticas descriptivas de las variables utili-

zadas en la estimación de los modelos para Bogotá y Medellín. Por cuanto la encuesta de Medellín originalmente no incluyó la pregunta de calidad de vida (*life satisfaction*), se procedió a encuestar a una muestra aleatoria de 1.900 hogares, de los cuales se obtuvo información para 1.898. La muestra es aleatoria por estratos y, de hecho, la distribución de la población por estratos de la muestra a la cual se le hizo la pregunta y aquella a la cual no se le hizo es estadísticamente similar¹⁷.

2. 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 1 si en el hogar i del sector censal j la calidad de vida es calificada como “muy buena” o “buena”, y si, por el contrario, es calificada como “regular” o “mala” toma el valor de 0. 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

¹⁶ 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.

¹⁷ No obstante, la segunda muestra reencuestada 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 en lugar de apartamentos.

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, así como del número de automóviles del hogar en la ciudad de Medellín. El segundo grupo de variables (Y) 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 sociodemográficas (*H*) (con 58 variables para la especificación de Bogotá y 17 para la de Medellín) 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 o no de la casa, entre otros).

Con base en los resultados de la estimación en la ecuación (1) para las ciudades de Bogotá y Medellín respectivamente, los cuadros 4 y 5 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 muestran 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”,

además del “Número de vehículos en el hogar” para Medellín¹⁸. Los resultados se presentan en tres paneles: A para toda la muestra, 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), 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), 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.

Los resultados de las estimaciones de los parámetros de interés para el cálculo de la compensación monetaria por racionamiento

¹⁸ Los resultados completos de la estimación de la ecuación (1) se presentan en el Anexo 4, en los cuadros A4.1 y A4.2.

Cuadro 4
Estimación del modelo de calidad de vida de Bogotá, 2003

Variable	Todos los hogares		Hogares con jefe ocupado	
	(1)	(2)	(3)	(4)
	Coficiente	Coficiente	Coficiente	Coficiente
A. Toda la población				
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	12.555	12.555	9.120	9.120
Pseudo R ²	0,189	0,190	0,194	0,195
B. Estratos bajos ^{a/}				
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	7.500	7.500	6.505	6.505
Pseudo R ²	0,155	0,156	0,159	0,160
C. Estratos altos ^{a/}				
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	1.171	1.171	1.142	1.142
Pseudo R ²	0,365	0,368	0,379	0,382

a/ Los estratos bajos incluyen al 1, 2 y 3, y los altos al 4, 5 y 6.
 * Significativo al 90%.
 ** Significativo al 95%.
 *** Significativo al 99%.
 Fuente: cálculos de los autores.

se presentan en el Cuadro 4 para Bogotá y en el Cuadro 5 para Medellín. Para 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 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 4 en los cuadros A4.1 y A4.2 para Bogotá y Medellín, respectivamente.

Los resultados para 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

Cuadro 5
Estimación del modelo de calidad de vida de Medellín, 2006

Variable	Modelos	
	(6) Coeficiente	(7) Coeficiente
A. Toda la población		
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	1.501	1.501
Pseudo R ²	0,123	0,123
B. Estratos bajos ^{a/}		
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	1.206	
Pseudo R ²	0,091	
C. Estratos altos ^{a/}		
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	

a/ Los estratos bajos incluyen al 1, 2 y 3, y los altos al 4, 5 y 6.

* Significativo al 90%.

** Significativo al 95%.

*** Significativo al 99%.

Fuente: cálculos de los autores.

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 que 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 signi-

ficativos 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, en su orden.

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. Mientras que para los modelos de toda la población de Bogotá el Pseudo R² está entre 19% y 38%, para Medellín dicha medida está entre 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) 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.

C. 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, parámetros claves para el cómputo de la compensación monetaria (Cuadro 5) no resultan estadísticamente significantes —únicamente el parámetro del ingreso resultó significativo al 90%¹⁹—. 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 simultáneamente²⁰. La compensación monetaria total calculada con el método marginal (ecuación 3) resulta ser de 6,4% del ingreso, que equivale a \$269.000 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 \$672.000 al año (ecuación 2)

¹⁹ En el caso de Bogotá (Cuadro 4) todos los parámetros relevantes resultan significativos al 90% para los dos modelos de toda la población. El cálculo de la compensación monetaria en el caso de Medellín, que se reporta en el Cuadro A.5 del anexo 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%.

²⁰ Esta última es la medida más relevante, pues a los perjuicios de no poder desplazarse al trabajo en el medio más conveniente, agrega los perjuicios de no poder utilizar el auto en ninguna otra actividad valiosa para la familia.

—pesos del año 2003—. En términos agregados las pérdidas de bienestar por el DSAS equivalen a \$503.000 millones por año de los ciudadanos de Bogotá²¹.

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 por año para cada ciudadano de ingresos medios y altos —o casi \$8 millones por año para una familia de cuatro personas—²².

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 para el ciudadano promedio y para el ciudadano de estratos bajos es relativamente moderada, aunque no despreciable

(3,2%). No obstante, este sesgo es más significativo para los estratos altos y alcanza 6,3% para el efecto total²³.

Otra fuente de un posible sesgo en la medición de la compensación monetaria debe tomarse en cuenta. La compensación monetaria por racionamiento también estaría sobreestimada 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 semana²⁴. Para un jefe de hogar que se traslada al empleo 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% inferior²⁵. Más aún, si consideramos los usos alternativos del automóvil (diferentes al transporte al trabajo) que afectan a una 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%, pero no de 40%. En estas circunstancias la compensación monetaria correspondiente sería 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

²¹ Para tener una idea de la 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 cinco años, con un tasa de interés efectiva anual del 18%.

²² Esta es una suma importante, 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).

²³ Agregando “Jefe no puede asistir al trabajo en auto” y “No poder utilizar el auto de ningún otro modo”.

²⁴ El parámetro R = 40% representa dos días de pico y placa en una semana laboral de cinco días.

²⁵ 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).

Cuadro 6
Compensación monetaria por restricción a la circulación
de vehículos dos días por semana: Bogotá, 2003

	Compensación (porcentaje del ingreso)		Diferencia porcentual
	Marginal	Curva de indiferencia (porcentaje)	
A. Toda la población urbana			
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
B. Estratos bajos ^{a/}			
Jefe va al trabajo en su carro	1,2	1,2	0,6
Tener auto	3,0	3,1	1,5
Total	4,3	4,3	2,1
C. Estratos medios-altos ^{a/}			
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

a/ Los estratos bajos incluyen al 1, 2 y 3, los medios-altos el 4, 5 y 6.

Nota: compensación por racionamiento de dos días a la semana o 40%, calculada con dos métodos: el método de aproximación marginal (ecuación 3), y con el 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).

Fuente: DANE (ECV, 2003).

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 tanto, asignar el costo de oportunidad del tiempo laboral a ese

tiempo perdido podría resultar en una sobrestimación 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 con desplazarse en automóvil al trabajo²⁶.

La evidencia resultante de este ejercicio es consistente con otras mediciones para Colombia basadas en valoración contingente²⁷. En

²⁶ 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 o facilitan la gestión de la economía local. Por ejemplo, compras de bienes y recepción de servicios, transporte a la escuela, visitas a los familiares y amigos, etc.

²⁷ Desarrolladas por el equipo de Ingeniería del Transporte que dirige el profesor Iván Sarmiento Ordosgoitia en la Facultad de Minas (Universidad Nacional, sede Medellín).

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 la semana), establecen que para Medellín el valor subjetivo del tiempo (VST) de los conductores de automóvil es de \$300 por minuto y \$18.000 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 \$8.000 por anticipar el viaje al trabajo, o \$23.000 por retrasarlo.

VI. 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 o tuviera una evolución sin traumatismos.

Si bien la densidad de vehículos en el país ha crecido, esta aún es relativamente baja en comparación con la de nuestros vecinos y con 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 con 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% 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, pues alcanzan el 13,7% del ingreso de aquellos hogares 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 al 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, lo que a su vez incrementó el consumo de combustible por automóvil y la contaminación atmosférica (Davis, 2008; Eskeland y Feyzioglu, 1995). 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, lo cual excede los costos individuales y sociales derivados de la restricción de circulación.

No sería extraño 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 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, así como mejoras en la eficiencia del sistema de transporte público, tales como la integración de sistemas tradicionales y masivos del Metro o Transmilenio, por ejemplo; además de la erradicación de los incentivos perversos que actualmente propician la llamada "guerra del centavo", las cuales producen mayor congestión. La implementación de peajes en zonas congestionadas durante el día, y 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 y México, especialmente) para lograr una 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*. Investigaciones que anticipen, en la medida de lo posible, los patrones de sustitución de los usuarios de automóviles y otros medios de transporte, es decir, identificando comportamientos que podrían ser eventualmente perversos, los cuales se evitarían con las políticas implementadas. En otras palabras, superar los esquemas inmediatistas 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, J. (2005). "Curso gestión urbana transporte" (mimeo), Instituto SER de Investigación, Universidad de los Andes, Bogotá, junio 1 al 11.
- Álvarez, C. (2009). "Modelación de la elección de modo y hora de salida ante Pico y Placa combinado con peaje urbano", tesis de maestría en Ingeniería, Infraestructura y Sistemas de Transporte, Facultad de Minas, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.
- Ardila, A. (2006). "Bogotá: lecciones para la regulación del transporte público", presentación en el Seminario de Economía de la Sucursal Medellín del Banco de la República, Universidad de los Andes, agosto.

-
- Baarsma, B.; Van Praag, B. (2005). "Using Happiness Surveys to Value Intangibles: The Case of Airport Noise", SEO discussion paper, núm. 36, enero.
- Bureau of Transport and Regional Economics [BTRE] (2007). "Estimating Urban Traffic and Congestion Cost Trends for Australian Cities, working paper, núm. 71, BTRE, Canberra ACT.
- Carson, R. T.; Flores, N. E.; Meade, N. F. (2001). "Contingent Valuation: Controversies and Evidence", *Environmental and Resource Economics*, vol. 19, núm. 2, pp. 173-210.
- Cummings, R. G.; Taylor, L. O. (1999). "Unbiased Value Estimates for Environmental Goods: A Cheap Talk Design for the Contingent Valuation Method", *The American Economic Review*, vol. 89, núm. 3, pp. 649-665, junio.
- Davidson, R. (1992). "Emotion and Affective Style: Hemispheric Substrates", *Psychological Science*, núm. 3, pp. 39-43.
- Davidson, R. (2000). "Affective Style, Psychopathology and Resilience: Brain Mechanisms and Plasticity", *American Psychologists*, núm. 55, pp. 1196-1214.
- Davidson, R.; Jackson, D.; Kalin, N. (2000). "Emotion, Plasticity, Context and Regulation: Perspectives from Affective Neuroscience", *Psychological Bulletin*, núm. 126, pp. 890-906.
- Davis, L. (2008). "The Effect of Driving Restrictions on Air Quality México", *Journal of Political Economy*, vol. 116, mes 1, pp. 38-81.
- Deloitte Research (2003). *Pricing Roads Can Ease Congestion*, presentación, Deloitte.
- Departamento Nacional de Planeación [DNP] (2003). "Política nacional de transporte urbano y masivo", Documento Conpes, núm. 3260, diciembre.
- Di Tella, R.; MacCulloch, R. (2008). "Gross National Happiness as an Answer to the Easterlin Paradox?", *Journal of Development Economics*, vol. 86, núm. 1, pp. 22-42, abril.
- Diamond, P. A.; Hausman, J. A. (1994). "Contingent Valuation: Is Some Number Better than No Number?", *Journal of Economic Perspectives*, vol. 8, núm. 4, pp. 45-64, Fall.
- Duranton, G. (2008). "Viewpoint: From Cities to Productivity and Growth in Developing Countries", *Canadian Journal of Economics*, vol. 41, pp. 689-736, agosto.
- Echeverry, J. C.; Ibáñez, A. M.; Moya, A.; Hillon, L. C. (2005). "The Economics of Transmilenio, a Mass Transit System for Bogotá", *Economía*, vol. 5, núm. 2, pp. 151-196, Spring.
- Esceland, G. S.; Feyzioglu, T. (1997). "Rationing Can BackFire: The 'Day Without Car' in Mexico City", *World Bank Economic Review*, Oxford University Press, vol. 11, núm. 3, pp. 383-408, septiembre.
- European Conference of Ministers of Transport (2004). "Managing Urban Traffic Congestion" (resumen), Organización Económica para la Cooperación y el Desarrollo.
- Frey, B. S.; Stutzer, A. (2002). "What Can Economists Learn from Happiness Research?", *Journal of Economic Literature*, vol. 40, núm. 2, pp. 402-435, junio.
- Frey, B. S.; Luechinger, S.; Stutzer, A. (2004). "Valuing Public Goods: The Life Satisfaction Approach", Working Paper, núm. 184, Institute for Empirical Research in Economics, University of Zurich, marzo.
- Hanemann, W. Michael (1994). "Valuing the Environment Through Contingent Valuation", *Journal of Economic Perspectives*, vol. 8, núm. 4, pp. 19-43.
- Henderson, J. V. (1974) "Road Congestion: A Reconsideration of Pricing Theory", *Journal of Urban Economics*, vol. 1, núm. 3, pp. 346-365, julio, Elsevier.
- Jara-Díaz, S. (2008). *Transport Economic Theory*, Amsterdam: Elsevier.
- Kahneman, D.; Diener, E.; Schwartz, N. (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, J. A. (2001). "Do Explicit Warnings Eliminate the Hypothetical Bias in Elicitation Procedures? Evidence from Field Auctions for Sportscards", *The American Economic Review*, vol. 91, núm. 5, pp. 1498-1507, diciembre.
-

-
- List, J. A.; Berrens, R. P.; Bohara, A. K.; Kerkvliet, J. (2004). "Examining the Role of Social Isolation on Stated Preferences", *The American Economic Review*, vol. 94, núm. 3, pp. 741-752, junio.
- McKinley, G.; Zuk, M.; Hojer, M.; Ávalos, M.; González, I.; Hernández, M.; Iniestra, R.; Laguna, I.; Martínez, M. A.; Osnaya, P.; Reynales, L. M.; Valdés, R.; Martínez, J. (2003). *The Local Benefits of Global Air Pollution Control in Mexico*, Final Report of the Second Phase of the Integrated Environmental Strategies Program in Mexico, Instituto Nacional de Ecología e Instituto Nacional de Salud Pública, México.
- Medina, C.; Morales, L.; Núñez, J. (2008). "Quality of Life in Urban Neighborhoods in Colombia: The Cases of Bogotá and Medellín, Colombia", en E. Lora, A. Powell, B. Praag y P. Sanguinetti (eds.), *The Quality of Life in Latin American Cities: Markets and Perceptions*, pp. 117-160, Washington, D. C.: Inter-American Development Bank and the World Bank.
- Penner, R. G. (2006). "For What the Tolls Pay Fair and Efficient Highway Charges", *Issues in Science and Technology*, abril.
- Portney, P. R. (1994). "The Contingent Valuation Debate: Why Economists Should Care", *Journal of Economic Perspectives*, vol. 8, núm. 4, pp. 3-17.
- Prud'homme, R.; Bocajero, J. P. (2005). "The London Congestion Charge: A Tentative Economic Appraisal", *Transport Policy*, vol. 12, núm. 3, pp. 279-287.
- Quddus, M.; Carmel, A.; Bell, M. G. H. (2006). "The Impact of the Congestion Charge on Retail: the London Experience", documento de trabajo, Centre for Transport Studies, Imperial College, Londres.
- Ramírez, H. A.; Zuleta, T.; Álvarez, C. (2008). "Pico y Placa en la ciudad de Medellín" (mimeo), Secretaría de Transportes y Tránsito, municipio de Medellín.
- Rosen, S. (1974). "Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition", *Journal of Political Economy*, núm. 82, pp. 34-55.
- Richards, M. (2006). *Congestion Charging in London. The Policy and the Politics*, Palgrave: Macmillan.
- Salazar, Y. A. (2008). "Modelación de la elección del modo de viaje ante la restricción «Pico y Placa» en automóviles: aplicación a una zona en la ciudad de Medellín", tesis maestría en Ingeniería, Infraestructura y Sistemas de Transporte, Escuela de Ingeniería Civil, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.
- Santos, G.; Fraser G. (2006). "Road Pricing: Lessons from London", *Economic Policy*, vol. 21, núm. 46, pp. 264-310.
- Sarmiento, I. (2009). "Modelación, hora y modo de viaje ante «Pico y Placa» y peaje en Medellín", presentación, Universidad Nacional de Colombia.
- Small, K. A. (2005). "Unnoticed Lessons from London: Road Pricing and Public Transit", record number 5993, *UC Berkeley Transportation Library*, BTRIS-University of California Transportation Center, pp. 10-15.
- Soderholm, G. (2006). "The Stockholm Trial: Congestion Charging and Improved Public Transport Aimed At Reducing Traffic Jams and Creating a Better Environment", presentación, Congestion Charge Secretariat, Estocolmo.
- Spence, M.; Annez, P. C.; Buckley, R. M. (2009). "Urbanization and Growth", Commission on Growth and Development, The World Bank, Washington, D. C.
- Sutton, S.; Davidson, R. (1997). "Prefrontal Brain Symmetry: A Biological Substrate of the Behavioral Approach and Inhibition System", *Psychological Science*, vol. 8, núm., 3, pp. 204-210.
- Texas A&M, Transportation Institute (2007). *The 2007 Urban Mobility Report*, Texas.
- Transport for London (2007). *Central London Congestion Charging Impact Monitoring*, Fifth Annual Report, junio, Londres.
- Transport for London (2006). *Congestion Charging Impacts Monitoring*, Fourth Annual Report, Londres.
- Van Praag, B. M. S. (2007). "Perspectives from the Happiness Literature and the Role of New Instruments for Policy Analysis", documento de trabajo, Institute for the Study of Labor, enero.
- Vickrey, W. (1992). *Principles of Efficient Congestion Pricing*, Columbia: Columbia University, junio.
- World Bank (2009). *World Development Report, 2009: "Reshaping Economic Geography"*, Banco Mundial.
-

ANEXOS

Anexo 1

Mapas y gráficos sobre densidad poblacional y vehicular en las ciudades de Medellín y Bogotá

El Mapa 1 ilustra la relación presentada en el Gráfico A.1.1 en forma espacial para el caso de Medellín. En la comuna menos densa, El Poblado (con menos de 11.000 habitantes por kilómetro cuadrado), los hogares tienen

en promedio más vehículos por hogar (entre 1,05 y 2,2), le sigue Laureles, mientras que el norte de la ciudad, donde vive la población más pobre, los hogares tienen en promedio menos de 0,1 vehículos.

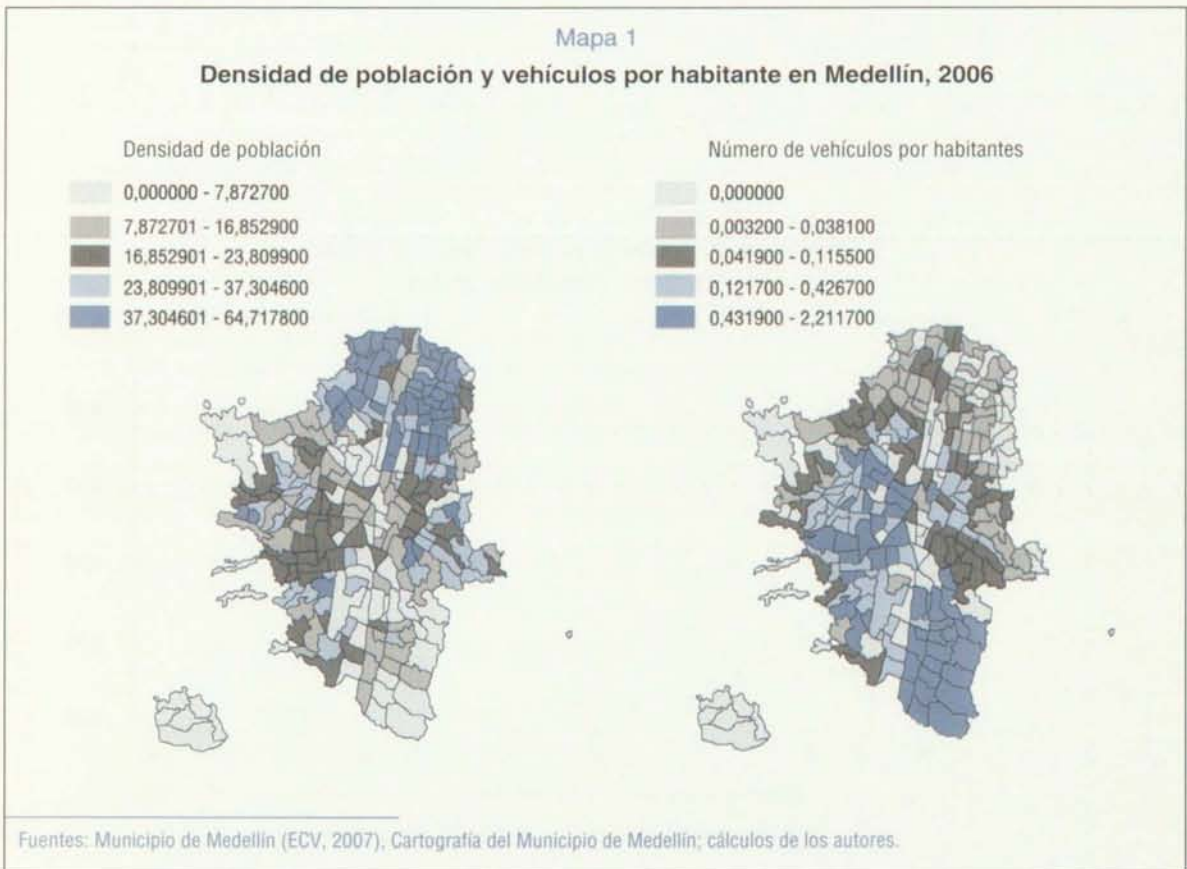
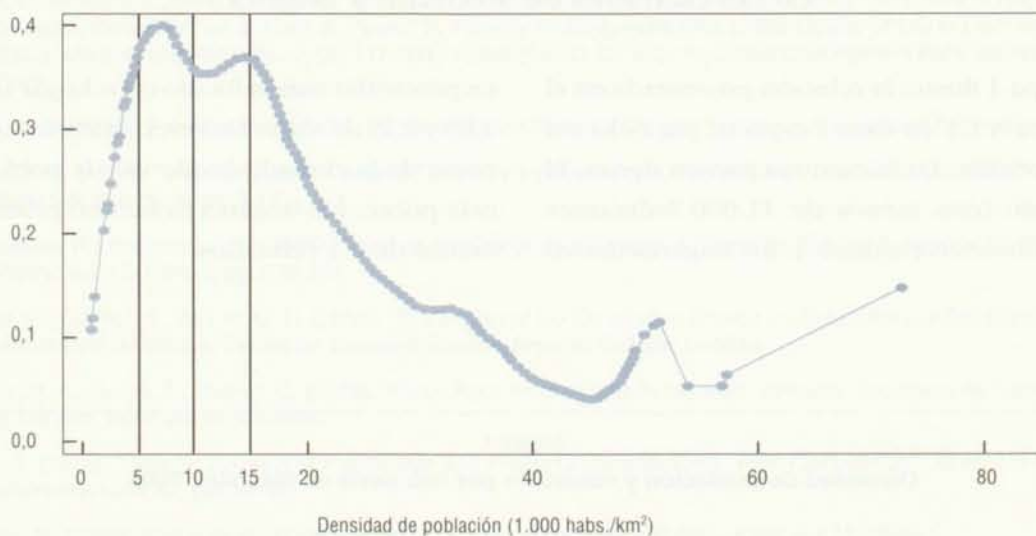


Gráfico A1

**A. Densidad de población y vehículos por hogar
(Bogotá, 2003, y Medellín, 2006)**

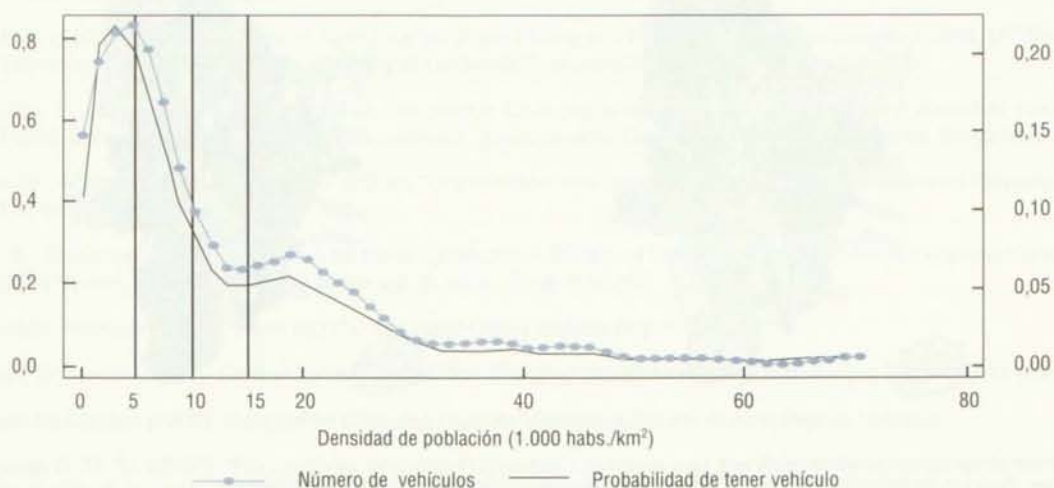
$E(\text{tiene vehículo} \mid \text{densidad de población})$



**B. Densidad de población y vehículos por hogar
(Bogotá, 2003, y Medellín, 2006)**

$E(\text{número de vehículos en el hogar} \mid \text{densidad de población})$

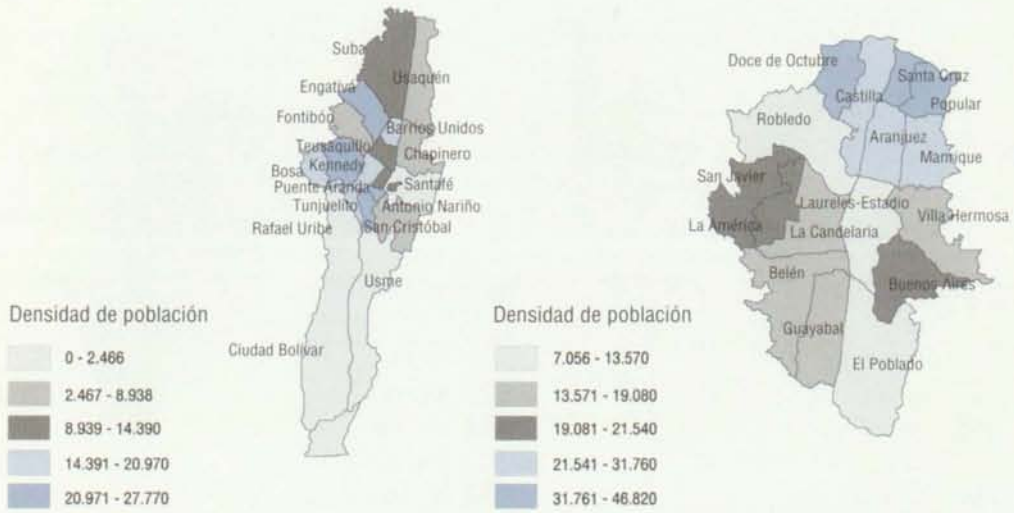
$E(\text{tiene vehículo} \mid \text{densidad de población})$



Fuentes: Censo de población (DANE, 2005), Metroinformación, Departamento Administrativo de Planeación, Municipio de Medellín (ECV, 2006) y DANE (ECV, 2003).

Mapa 2

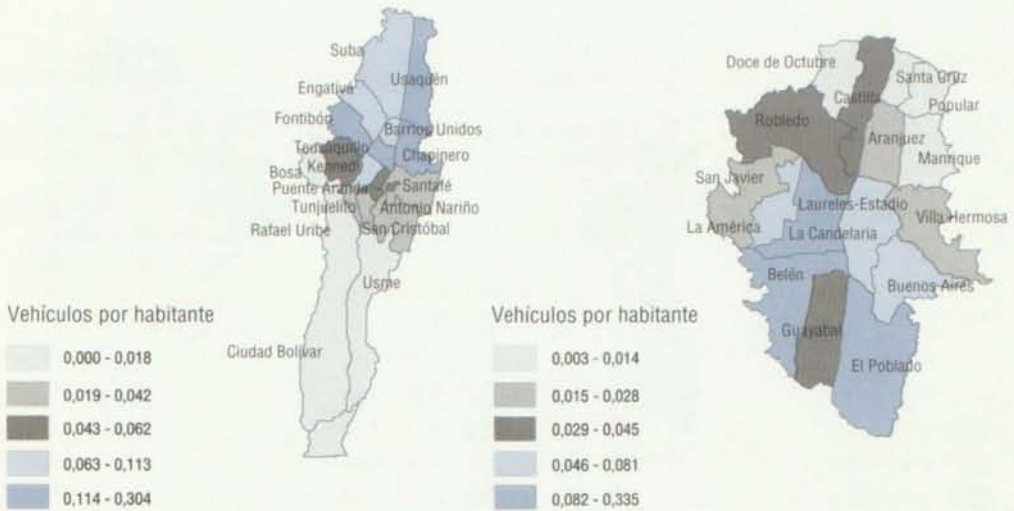
Densidad de población. Boacotá y Medellín, por localidades v comunas



Fuentes: Censo de población (DANE, 2005), Cartografía del Municipio de Medellín, Metroinformación y Catastro Distrital; cálculos de los autores.

Mapa 3

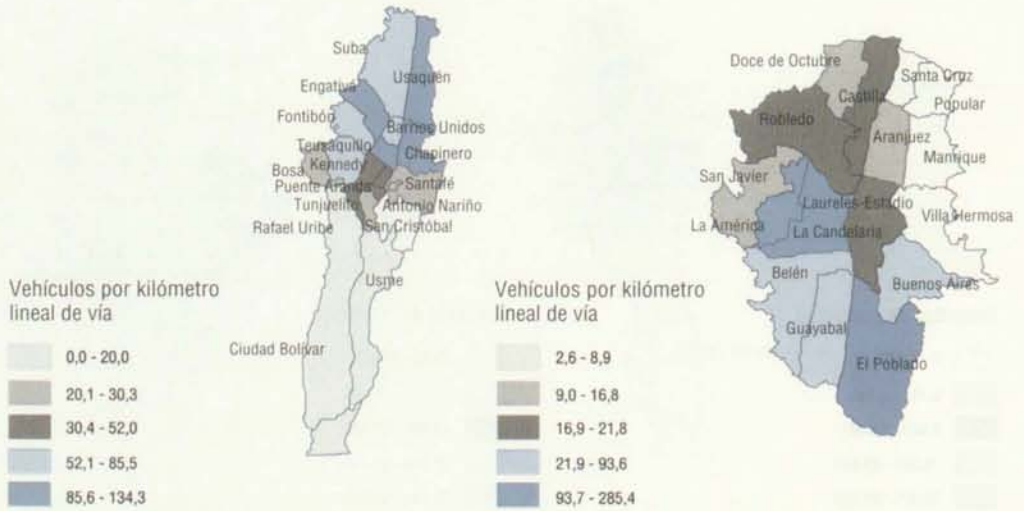
Vehículos por habitante, Bogotá y Medellín



Fuentes: Censo de población (DANE, 2005), Medellín (ECV, 2006), DANE (ECV, Bogotá 2003), Cartografía del Municipio de Medellín, Metroinformación y Catastro Distrital; cálculos de los autores.

Mapa 4

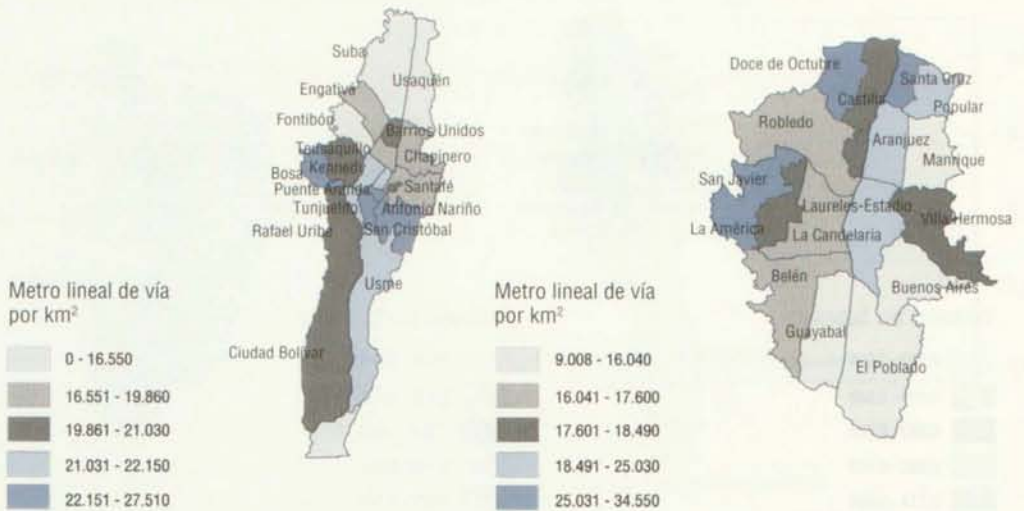
Vehículos por kilómetro lineal de vía. Bogotá v Medellín



Fuentes: Censo de población (DANE, 2005), Medellín (ECV, 2006), DANE (ECV, Bogotá 2003), Cartografía del Municipio de Medellín, Metroinformación y Catastro Distrital; cálculos de los autores.

Mapa 5

Metro de vía por kilómetro cuadrado. Bogotá y Medellín, por localidades y comunas



Fuentes: Cartografía del Municipio de Medellín, Metroinformación, Catastro Distrital y Departamento Administrativo de Planeación (Medellín); cálculo de los autores.

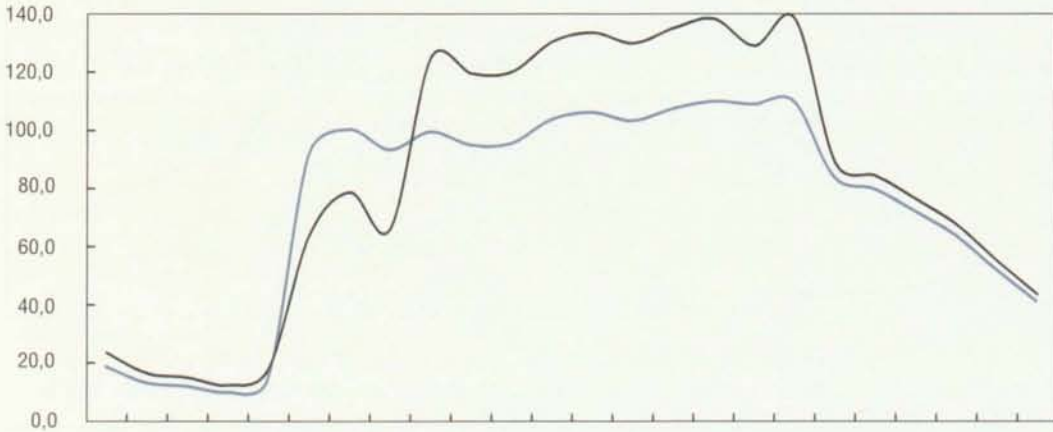
Anexo 2

Gráfico A2.1

Saturación en ocho cruces viales (Medellín, 2007)

A. Carrera 45 (El Palo) con calle 57 (Argentina)

(porcentaje)



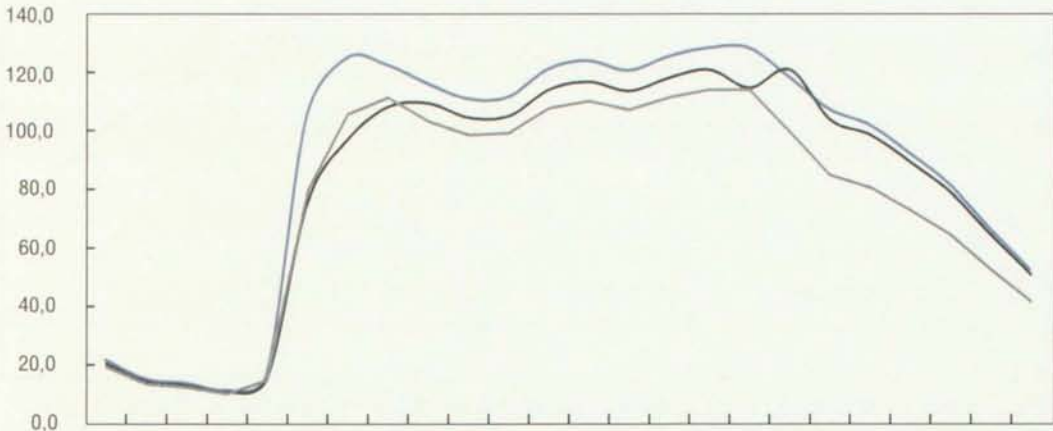
1 a. m. - 3 a. m. - 5 a. m. - 7 a. m. - 9 a. m. - 11 a. m. 1 p. m. - 3 p. m. - 5 p. m. - 7 p. m. - 9 p. m. - 11 p. m. -
2 a. m. 4 a. m. 6 a. m. 8 a. m. 10 a. m. -12 m. 2 p. m. 4 p. m. 6 p. m. 8 p. m. 10 p. m. 12 p. m.

— Acceso occidente-oriente

— Acceso sur-norte

B. Carrera 46 (Avenida Oriental) con calle 49 (Ayacucho)

(porcentaje)



1 a. m. - 3 a. m. - 5 a. m. - 7 a. m. - 9 a. m. - 11 a. m. 1 p. m. - 3 p. m. - 5 p. m. - 7 p. m. - 9 p. m. - 11 p. m. -
2 a. m. 4 a. m. 6 a. m. 8 a. m. 10 a. m. -12 m. 2 p. m. 4 p. m. 6 p. m. 8 p. m. 10 p. m. 12 p. m.

— Acceso norte-sur

— Acceso occidente-oriente

— Acceso sur-norte

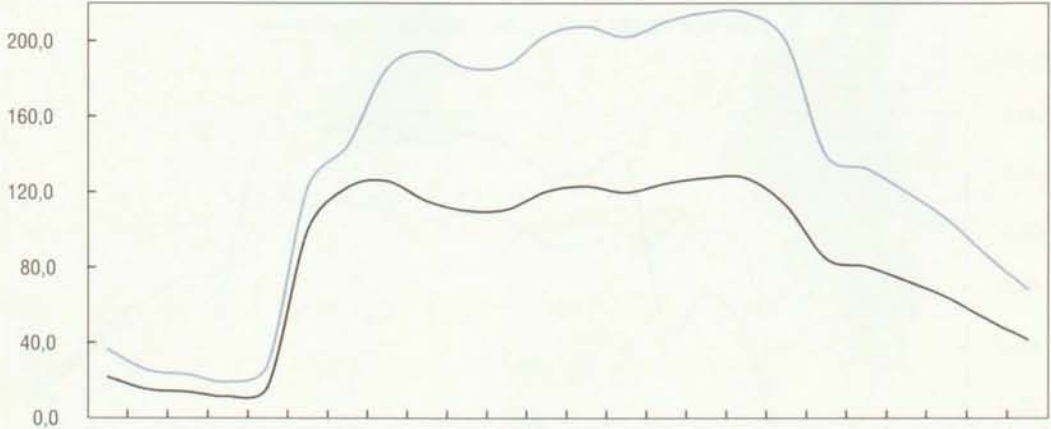
Fuente: Ramírez, Zuleta y Álvarez (2008).

Gráfico A2.1 (continuación)

Saturación en ocho cruces viales (Medellín, 2007)

C. Calle 41 (Los Huesos) con carrera 46 (Av. Oriental)

(porcentaje)



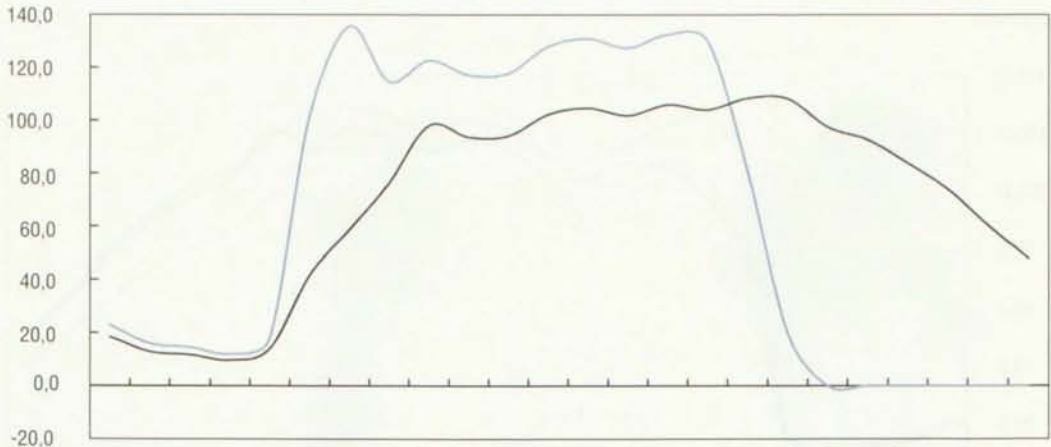
1 a. m. - 3 a. m. - 5 a. m. - 7 a. m. - 9 a. m. - 11 a. m. 1 p. m. - 3 p. m. - 5 p. m. - 7 p. m. - 9 p. m. - 11 p. m. -
2 a. m. 4 a. m. 6 a. m. 8 a. m. 10 a. m. - 12 m. 2 p. m. 4 p. m. 6 p. m. 8 p. m. 10 p. m. 12 p. m.

— Acceso occidente-oriente

— Acceso oriente-occidente

D. Carrera 74 con calle 50

(porcentaje)



1 a. m. - 3 a. m. - 5 a. m. - 7 a. m. - 9 a. m. - 11 a. m. 1 p. m. - 3 p. m. - 5 p. m. - 7 p. m. - 9 p. m. - 11 p. m. -
2 a. m. 4 a. m. 6 a. m. 8 a. m. 10 a. m. - 12 m. 2 p. m. 4 p. m. 6 p. m. 8 p. m. 10 p. m. 12 p. m.

— Acceso occidente-oriente

— Acceso sur-norte

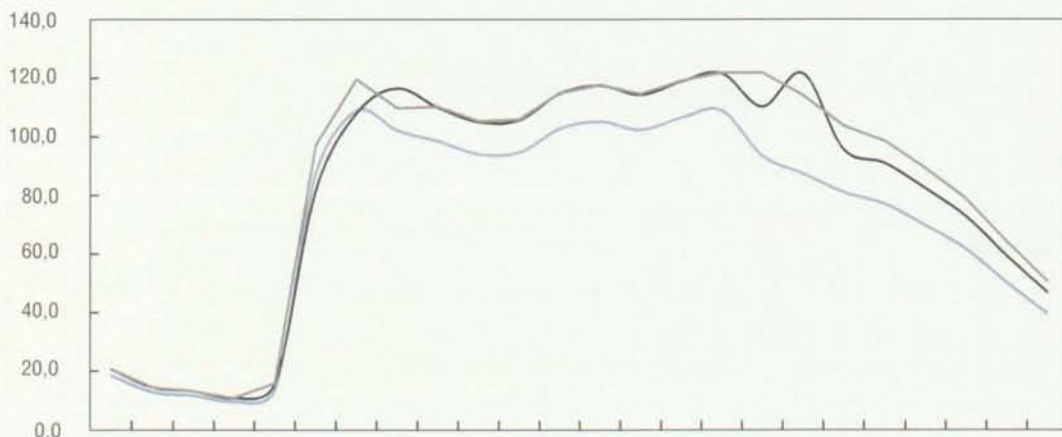
Fuente: Ramírez, Zuleta y Álvarez (2008).

Gráfico A2.1 (continuación)

Saturación en ocho cruces viales (Medellín, 2007)

E. Carrera 46 (Avenida Oriental) con calle 52 (La Playa)

(porcentaje)



1 a. m. - 3 a. m. - 5 a. m. - 7 a. m. - 9 a. m. - 11 a. m. 1 p. m. - 3 p. m. - 5 p. m. - 7 p. m. - 9 p. m. - 11 p. m. -
2 a. m. 4 a. m. 6 a. m. 8 a. m. 10 a. m. - 12 m. 2 p. m. 4 p. m. 6 p. m. 8 p. m. 10 p. m. 12 p. m.

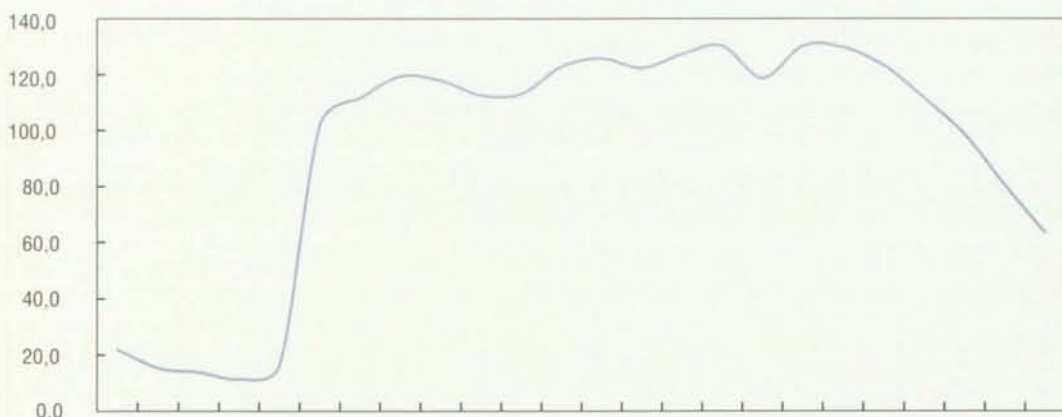
— Acceso norte-sur

— Acceso sur-norte

— Acceso oriente-occidente

F. Carrera 46 (Avenida Oriental) con calle 57 (Argentina)

(porcentaje)



1 a. m. - 3 a. m. - 5 a. m. - 7 a. m. - 9 a. m. - 11 a. m. 1 p. m. - 3 p. m. - 5 p. m. - 7 p. m. - 9 p. m. - 11 p. m. -
2 a. m. 4 a. m. 6 a. m. 8 a. m. 10 a. m. - 12 m. 2 p. m. 4 p. m. 6 p. m. 8 p. m. 10 p. m. 12 p. m.

— Acceso sur-norte

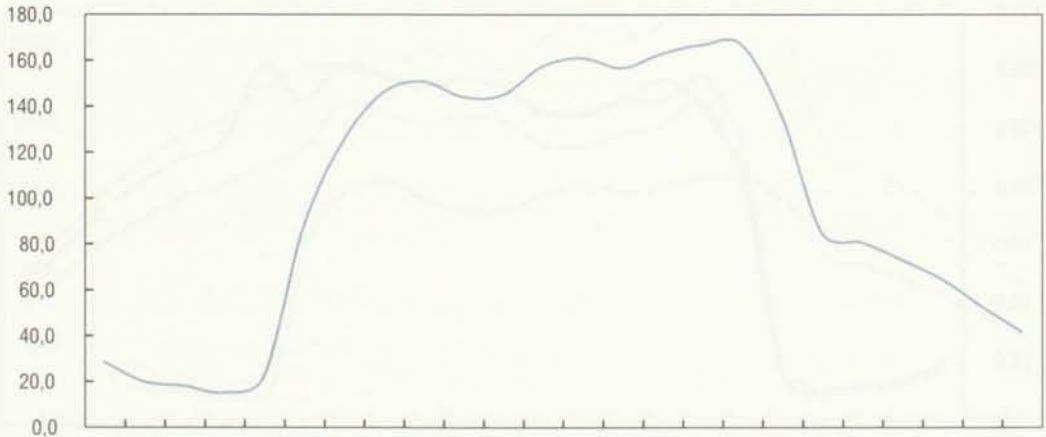
Fuente: Ramírez, Zuleta y Álvarez (2008).

Gráfico A2.1 (continuación)

Saturación en ocho cruces viales (Medellín, 2007)

G. Calle 41 (Los Huesos) con carrera 48

(porcentaje)

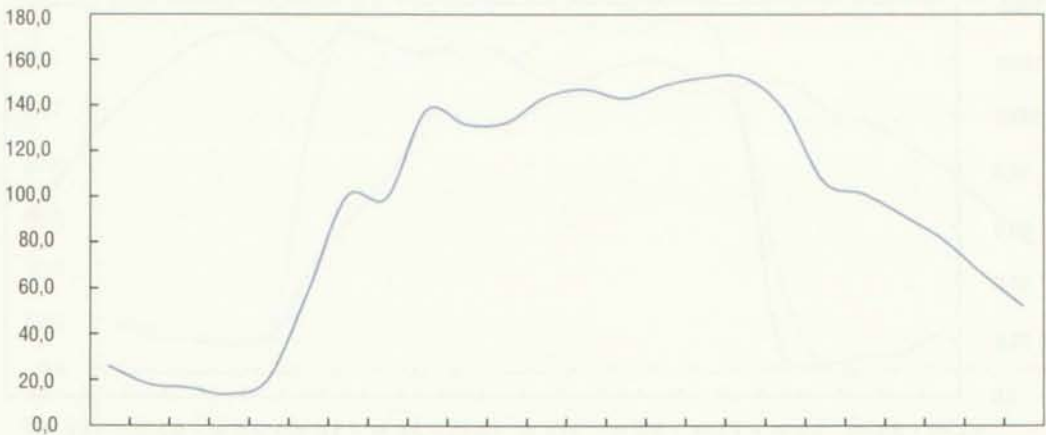


1 a. m. - 3 a. m. - 5 a. m. - 7 a. m. - 9 a. m. - 11 a. m. 1 p. m. - 3 p. m. - 5 p. m. - 7 p. m. - 9 p. m. - 11 p. m. -
2 a. m. 4 a. m. 6 a. m. 8 a. m. 10 a. m. - 12 m. 2 p. m. 4 p. m. 6 p. m. 8 p. m. 10 p. m. 12 p. m.

— Acceso occidente-oriente

H. Carrera 65 con avenida Bolívariana

(porcentaje)



1 a. m. - 3 a. m. - 5 a. m. - 7 a. m. - 9 a. m. - 11 a. m. 1 p. m. - 3 p. m. - 5 p. m. - 7 p. m. - 9 p. m. - 11 p. m. -
2 a. m. 4 a. m. 6 a. m. 8 a. m. 10 a. m. - 12 m. 2 p. m. 4 p. m. 6 p. m. 8 p. m. 10 p. m. 12 p. m.

— Acceso oriente-occidente

Fuente: Ramírez, Zuleta y Álvarez (2008).

Anexo 3
Estadísticas descriptivas para Bogotá y Medellín

Cuadro A3.1
Bogotá, 2003

	Variable	Media	Desv. est.	Número de observaciones
LS	Buenas condiciones de vida	0,62	0,49	12.769
A	Se va en vehículo particular al trabajo Tiene carro	0,10	0,3	12.769
Y	Logaritmo del ingreso per cápita del hogar	12,77	1,08	12.702
	Ingreso per cápita del hogar	678.734	3.318.847	12.769
	Ingreso per cápita del hogar (ocupados)	685.526	1.181.007	9.222
V	Número de cuartos	3,42	1,51	12.769
	Vivienda con gas domiciliario	0,70	0,46	12.769
	Hogar cocina con gas domiciliario	0,66	0,47	12.769
	Vivienda con fallas en el suministro de energía eléctrica	0,02	0,15	12.769
	Vivienda con jardín	0,43	0,49	12.769
	Vivienda con patio	0,05	0,21	12.769
	Vivienda con garaje	0,30	0,46	12.769
	Vivienda con terraza	0,23	0,42	12.769
	Vivienda en zona vulnerable a desastres	0,07	0,26	12.769
	Pisos de buena calidad	0,82	0,38	12.769
	Estrato 1	0,06	0,24	12.769
	Estrato 2	0,34	0,47	12.769
	Estrato 3	0,43	0,49	12.769
	Estrato 4	0,10	0,30	12.769
	Estrato 5	0,04	0,20	12.769
	Estrato 6	0,03	0,17	12.769
	Vive en casa (en lugar de apartamento/otro)	0,41	0,49	12.769
	Recolección de basuras de mala calidad	0,03	0,17	12.769
	Servicio de telefonía de mala calidad	0,05	0,22	12.769
S	Parques en el vecindario	0,15	0,36	12.769
	Densidad de población	0,02	0,14	12.769
	Fábricas en el vecindario	0,10	0,30	12.769
	Recolección de basuras en el vecindario	0,02	0,15	12.769
	Plazas de mercado en el sector censal	0,06	0,24	12.769
	Aeropuertos en el vecindario	0,04	0,19	12.769
	Terminales de transporte en el vecindario	0,04	0,19	12.769
	Recolección de basuras en el vecindario	0,12	0,32	12.769
	Se siente seguro en su vecindario	0,69	0,46	12.769

Cuadro A3.1 (continuación)

Bogotá, 2003

Variable	Media	Desv. est.	Número de observaciones
Tasa de robo de objetos en el sector censal	0,56	1,29	12.759
Tasa de robo a personas en el sector censal	1,89	3,47	12.759
Tasa de robo a viviendas en el sector censal	2,03	3,00	12.759
Tasa de hurto de vehículos en el sector censal	1,66	2,83	12.759
Tasa de homicidios en el sector censal	0,38	0,61	12.759
Ataques	0,32	0,47	12.769
Índice de condiciones de vida en el sector censal	81,80	6,93	12.769
Coefficiente Gini de la educación en el sector censal	0,05	0,01	12.759
Número de ataques contra la vida por cada 1.000 habitantes	0,40	0,79	12.759
Número de ataques contra la riqueza por cada 1.000 habitantes	0,59	0,90	12.759
Número de bares por cada 1.000 habitantes	0,62	1,07	12.759
Prostibulos en el sector censal por cada 1.000 habitantes	0,23	0,92	12.759
Número de casinos/sitios de apuestas por cada 1.000 habitantes	0,11	0,61	12.759
Número de lugares donde se venden drogas por cada 1.000 habitantes	0,49	0,85	12.759
Distancia al lugar más cercano de bienestar social (km)	285	203	12.768
Distancia al colegio más cercano (km)	209	144	12.768
Distancia a universidad más cercana (km)	1.524	1.068	12.768
Distancia a sitio cultural más cercano (km)	385	309	12.768
Distancia a lugar más cercano de atención básica (km)	685	431	12.768
Distancia a hospital más cercano (km)	1.307	922	12.768
Distancia a recinto de culto más cercano (km)	587	524	12.768
Distancia a puesto de seguridad más cercano (km)	670	421	12.768
Distancia a lugar más cercano de defensa o justicia (km)	1.737	1.050	12.768
Distancia a lugar más cercano de provisión de alimentos (km)	1.973	1.353	12.768
Distancia a lugar más cercano de administración pública (km)	1.023	700	12.768
Distancia a río o corriente más cercana (km)	1.260	834	12.768
Distancia a estación de Transmilenio más cercana (km)	1.894	1.242	12.768
Distancia a lugares de recreación o deportes (km)	1.588	1.015	12.768
Distancia a recinto de ferias más cercano (km)	5.552	3.177	12.768
Núm. de lugares de provisión de alimentos por 1.000 habitantes	0,00	0,03	12.769
Núm. de lugares de administración pública por 1.000 habitantes	0,11	0,66	12.769
Núm. de lugares de bienestar social por 1.000 habitantes	0,19	0,25	12.769
Zonas verdes (m ²) por 1.000 habitantes	138	2.756	12.769
Núm. de colegios por 1.000 habitantes	0,29	0,30	12.769
Núm. de iglesias/lugares de oración por 1.000 habitantes	0,07	0,14	12.769
Núm. de sitios culturales por 1.000 habitantes	0,13	0,37	12.769
Núm. de sedes de defensa/justicia por 1.000 habitantes	0,02	0,13	12.769
Núm. de universidades por 1.000 habitantes	0,05	0,29	12.769
Núm. de recintos de ferias por 1.000 habitantes	0,00	0,03	12.769
Núm. de camas disponibles en hospitales por 1.000 habitantes	1,42	10,26	12.769
Núm. de hospitales por 1.000 habitantes	0,02	0,07	12.769

Cuadro A3.1 (continuación)

Bogotá, 2003

	Variable	Media	Desv. est.	Número de observaciones
	Lagos (m ²) por 1.000 habitantes	541	2.982	12.769
	Parques (m ²) por 1.000 habitantes	3.015	7.302	12.769
	Núm. de lugares de recreación/deportes por 1.000 habitantes	0,01	0,05	12.769
	Núm. de lugares de atención básica por 1.000 habitantes	0,03	0,08	12.769
	Núm. de lugares de vigilancia por 1.000 habitantes	0,03	0,08	12.769
	Tasa de desempleo en el sector censal	0,08	0,02	12.769
	Tasa de analfabetismo en el sector censal	0,08	0,05	12.769
H	Jefe de hogar separado	0,66	0,47	12.769
	Jefe de hogar viudo	0,00	0,02	12.759
	Educación del jefe de hogar	8,29	1,88	12.759
	Fracción de mujeres cabeza de hogar en el sector censal	0,10	0,02	12.769
	Fracción de población minoría étnica en el sector censal	0,02	0,01	12.769
	Cobertura de gas domiciliario en el sector censal	0,80	0,14	12.769
	Uso de suelo es vivienda productiva	0,41	0,49	12.769
	Uso de suelo es residencial o comercial	0,29	0,45	12.769
	Suelo de conservación	0,03	0,16	12.769
	Suelo de consolidación	0,64	0,48	12.769
	Suelo de mejoramiento integral	0,28	0,45	12.769
	Suelo de renovación	0,03	0,16	12.769
	Número de personas en el hogar	3,49	1,64	12.769
	Puntaje del Sisbén	4,39	2,61	12.567
	Puntaje del Sisbén 2	26,10	19,80	12.567
	Jefe de hogar con primaria completa	0,16	0,37	12.769
	Jefe de hogar con secundaria incompleta	0,20	0,40	12.769
	Jefe de hogar con secundaria completa	0,17	0,38	12.769
	Jefe de hogar con universidad incompleta	0,14	0,35	12.769
	Jefe de hogar con universidad completa	0,18	0,39	12.769
	Edad del jefe de hogar	47,10	14,80	12.769
	Edad del jefe de hogar al cuadrado	2.442	1.514	12.769
	Hay niños entre 0 y 4 años en el hogar	0,21	0,41	12.769
	Hay niños entre 5 y 18 años en el hogar	0,48	0,50	12.769
	Jefe de hogar en unión libre	0,24	0,43	12.769
	Jefe de hogar casado	0,39	0,49	12.769
	Jefe de hogar viudo	0,09	0,29	12.769
	Jefe de hogar separado	0,15	0,36	12.769
	Jefe de hogar soltero	0,13	0,33	12.769
	Jefe de hogar ocupado	0,72	0,45	12.769
	Jefe de hogar desempleado	0,06	0,24	12.769
	Vive en casa propia	0,53	0,50	12.769
	Jefe de hogar tiene algún seguro de salud	0,81	0,39	12.769

Cuadro A3.1 (continuación)
Bogotá, 2003

Variable	Media	Desv. est.	Número de observaciones
Jefe de hogar tiene alguna enfermedad grave	0,19	0,39	12.769
Jefe de hogar se enfermó durante los últimos 30 días	0,11	0,31	12.769
Jefe de hogar fue hospitalizado en los últimos 12 meses	0,07	0,26	12.769
Número de hijos menores de 5 años en el hogar	0,29	0,55	12.769
Número de hijos menores de 5 años que asisten a guardería	0,11	0,34	12.769
Número de hijos menores de 5 años que permanecen en casa	0,13	0,38	12.769
Al menos un niño entre 5 y 11 años colaboró con los oficios del hogar	0,16	0,36	12.769
Al menos un niño entre 5 y 11 años trabajó o ayudó a alguien con trabajo	0,01	0,10	12.769
Promedio de diferencia entre edad y educación para menores de 25 años	4,92	3,96	12.769
Porcentaje de menores de 25 años que asisten a colegio o universidad pública	0,30	0,44	12.769
Jefe de hogar nació en zona urbana	0,73	0,44	12.769
Educación del padre del jefe de hogar es primaria completa	0,23	0,42	12.769
Educación del padre del jefe de hogar es secundaria incompleta	0,07	0,26	12.769
Educación del padre del jefe de hogar es secundaria completa	0,08	0,27	12.769
Educación del padre del jefe de hogar es formación técnica	0,02	0,14	12.769
Educación del padre del jefe de hogar es univ. incompleta o más	0,08	0,27	12.769
Hogar con menores de 25 años	0,69	0,46	12.769
Educación de la madre del jefe de hogar es primaria completa	0,26	0,44	12.769
Educación de la madre del jefe de hogar es secundaria incompleta	0,09	0,28	12.769
Educación de la madre del jefe de hogar es secundaria completa	0,10	0,29	12.769
Educación de la madre del jefe de hogar es formación técnica	0,02	0,13	12.769
Educación de la madre del jefe de hogar es univ. incompleta o más	0,03	0,16	12.769
Jefe de hogar con primaria inc. o más × núm. de hijos menores de 18 años	0,52	0,66	12.769
Edad del jefe de hogar × número de hijos menores de 18 años	0,59	0,66	12.769
Jefe de hogar desempleado	25,10	6,26	8.795

Fuente: DANE (ECV, 2003).

Cuadro A3.2
Medellín, 2006

	Variable	Media	Desv. est.	Número de observaciones
LS	Buenas condiciones de vida	0,95	0,22	1.898
A	Se va en vehículo particular al trabajo	0,08	0,27	21.808
	Número de vehículos en el hogar	0,18	0,47	21.808
Y	Logaritmo del ingreso per cápita del hogar	12,20	1,00	17.012
	Ingreso per cápita del hogar	268.097	501.171	21.808
	Ingreso per cápita del hogar (ocupados)	277.015	537.988	13.530
V	Casa con garaje	0,18	0,39	21.808
	Número de cuartos	4,18	1,55	21.808
	Vivienda con televisión satelital	0,55	0,50	21.808
S	Pisos de buena calidad	0,75	0,43	21.808
	Estratos 1 y 2	0,47	0,50	21.808
	Estrato 3	0,30	0,46	21.808
	Estrato 4	0,11	0,31	21.808
	Estrato 5	0,08	0,27	21.808
	Estrato 6	0,04	0,19	21.808
	Distancia al centro cultural más cercano (km)	716	474	19.655
	Distancia al establecimiento de admón. púb. más cercano (km)	1.146	602	19.655
	Distancia al camino intermunicipal más cercano (km)	4.444	2.143	19.655
	Núm. de cárceles por cada 1.000 habitantes	0,00	0,06	19.465
	Núm. de centros culturales por cada 1.000 habitantes	0,03	0,09	19.465
	Núm. de centros atención a menores/ancianos por cada 1.000 habitantes	0,06	0,18	19.465
	Núm. de empresas de servicios públicos por cada 1.000 habitantes	0,03	0,09	19.465
	Núm. de lugares de atención a desastres por cada 1.000 habitantes	0,00	0,03	19.465
	Suelo rural	0,01	0,10	21.808
	Suelo de uso residencial	0,73	0,45	21.808
	Tasa de desempleo en el sector censal	0,08	0,03	19.465
	Densidad de población	56,00	123,00	19.465
H	Edad del jefe de hogar	51,00	17,00	21.808
	Edad del jefe de hogar al cuadrado	2.895	6.947	21.808
	Jefe de hogar con primaria	0,29	0,45	21.808
	Jefe de hogar con secundaria incompleta	0,12	0,33	21.808
	Jefe de hogar con secundaria completa	0,22	0,42	21.808
	Jefe de hogar con universidad incompleta	0,17	0,38	21.808
	Jefe de hogar con universidad completa o más	0,12	0,33	21.808
	Número de hijos menores de 18 años	0,77	1,05	21.808
	Casado	0,45	0,50	21.808
	Viudo	0,14	0,35	21.808
	Jefe con universidad × hijos menores de 4 años	0,16	0,44	21.808
	Porcentaje de menores de 25 años que asisten a colegio o universidad pública	0,40	0,48	21.808
	Edad del jefe × hijos menores de 18 años	0,20	0,65	21.808
	Jefe con secundaria completa × hijos menores de 18 años	0,20	0,62	21.808
	Jefe con universidad × hijos menores de 18 años	0,24	0,66	21.808
	Diferencia de edad entre la madre y el hijo mayor	0,75	0,43	21.764
	Jefe de hogar ocupado	0,62	0,49	21.808

Fuente: Medellín (ECV, 2006).

Anexo 4

Resultados de estimación de la ecuación de calidad de vida: Bogotá y Medellín

Cuadro A4.1
Bogotá, 2003

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 × núm. de hijos menores de 18 años			0,072	1,5			0,057	0,9	
	Vive en casa propia	-0,114	-2,9	-0,12	-3,1	-0,076	-1,6	-0,083	-1,7	
V	Vivienda con garaje	-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	0,07	4,0	
	Vivienda con gas domiciliario	0,095	1,2	0,092	1,2	0,122	1,3	0,12	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 elevada calidad	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	-0,1	-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	
Núm. de ataques contra la riqueza por cada 1.000 habitantes		-0,041	-1,6	-0,039	-1,5	-0,042	-1,4	-0,041	-1,3	
Número de bares por cada 1.000 habitantes		0,048	1,9	0,047	1,9	0,042	1,5	0,041	1,5	
Número de lugares donde se venden drogas por cada 1.000 habitantes		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	-0,0003	-2,8	-0,00031	-2,8	
Distancia a lugar más cercano de atención básica (km)		0,00005	0,9	0,00005	0,9	0,0001	1,6	0,0001	1,6	
Distancia a recinto de culto más cercano (km)		0,00010	2,1	0,0001	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	
Núm. de colegios por cada 1.000 habitantes		0,109	1,6	0,11	1,6	0,162	1,9	0,164	1,9	
Núm. de sedes de defensa/justicia por cada 1.000 habitantes		-0,268	-2,2	-0,27	-2,2	-0,235	-1,6	-0,238	-1,6	
Parques (m ²) por cada 1.000 habitantes		0,000	-0,2	0,000	-0,2	0,000	-0,7	0,000	-0,8	
Núm. de lugares de vigilancia por cada 1.000 habitantes		-0,454	-3,3	-0,464	-3,4	-0,349	-1,9	-0,365	-2,0	

Cuadro A4.1 (continuación)

Bogotá, 2003

Variable	Todos los hogares				Hogares jefe ocupado			
	(1)		(2)		(3)		(4)	
	coeficiente	Z	coeficiente	Z	coeficiente	Z	coeficiente	Z
H Jefe de hogar separado	0,049	1,1	0,05	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	5,7	0	3,9	0	3,9
Hay niños entre 0 y 4 años en el hogar	-0,154	-1,6	-0,16	-1,7	-0,295	-2,4	-0,301	-2,5
Jefe de hogar viudo	0,120	1,5	0,135	1,6	0	0,0	-0,104	-0,9
Jefe de hogar separado	-0,036	-0,5	-0,021	-0,3	-0,178	-1,7	-0,177	-1,7
Jefe de hogar soltero	0,005	0,1	0,024	0,4	-0,121	-1,0	-0,117	-1,0
Jefe de hogar ocupado	-0,113	-2,3	-0,109	-2,2				
Jefe de hogar desempleado	-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 años	-0,022	-2,8	-0,022	-2,8	-0,018	-2,0	-0,017	-2,0
Porcentaje de menores de 25 años que asisten a colegio o universidad pública	-0,084	-2,1	-0,08	-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 incompleta o más × núm. de hijos menores de 18 años	0,067	1,3	-0,08	-1,2	0,054	0,9	0,001	0,0
Constante	-3,885	-3,9	-3,78	-3,8	-4,752	-4,2	-4,651	-4,2
Número de observaciones	12.556				9.119			
Pseudo R ²	0,189		0,183		0,194		0,187	

Fuente: DANE (ECV-Bogotá, 2003); cálculos de los autores.

Cuadro A4.2
Medellín, 2006

Variable	Todos los hogares				
	1		2		3
	Coef.	Z	Coef.	Z	Coef.
Se va en vehículo particular al trabajo			0,326	1,5	0,218
Número de vehículos en el hogar					
Tiene carro					
Logaritmo del ingreso per cápita del hogar	0,124	2,7	0,171	4,2	0,122
Casa con garaje					
Número de cuartos	0,046	1,5	-0,339	-4,0	0,044
Vivienda con televisión satelital	0,174	2,0	0,292	4,0	0,174
Estrato 3	0,123	1,4			0,116
Estrato 4	0,591	3,6	0,507	3,2	0,589
Estrato 6	0,613	2,0			0,582
Distancia al establecimiento de administración pública más cercano (km)	0,000	2,2			0,000
Distancia al camino intermunicipal más cercano (km)	0,000	-2,2			0,000
Número de cárceles por cada 1.000 habitantes	2,973	4,1			2,981
Número de centros culturales por cada 1.000 habitantes	0,209	0,6			0,212
Número de centros de atención a menores o ancianos por cada 1.000 habitantes	-0,626	-2,7	-0,533	-2,3	-0,636
Número de lugares de atención a desastres por cada 1.000 habitantes	3,144	2,5			3,101
Suelo rural	-0,844	-4,9			-0,835
Suelo de uso residencial	-0,134	-1,3			-0,130
Tasa de desempleo en el sector censal	-2,519	-1,6	-4,487	-3,4	-2,491
Edad del jefe de hogar	-0,037	-2,3	-0,007	-2,4	-0,037
Edad del jefe de hogar al cuadrado	0,000	1,7			0,000
Jefe de hogar con primaria	0,144	1,3			0,143
Jefe de hogar con secundaria completa	0,166	1,2			0,164
Jefe de hogar con universidad incompleta	0,336	1,4			0,325
Jefe de hogar con universidad completa o más	0,506	2,4	0,433	2,5	0,486
Número de hijos menores de 18 años	-0,265	-2,8			-0,271
Casado	0,127	1,7			0,125
Viudo	0,240	2,1			0,242
Buenas condiciones de vida	0,376	2,2			0,376
Jefe con universidad × hijos menores de 4 años	-0,149	-1,7			-0,148
Porcentaje de menores de 25 años que asisten a colegio o universidad pública	-0,055	-0,7			-0,048
Edad del jefe × hijos menores de 18 años	0,145	1,2	0,241	2,6	0,150

									8. Hogares con jefe ocupado	
3	4		5		6		7			
Z	Coef.	Z	Coef.	Z	Coef.	Z	Coef.	Z	Coef.	Z
1,0	0,230	1,0	0,168	0,7	0,175	0,7	0,163	0,7	0,166	0,6
			0,065	0,5	0,074	0,5				
							0,108	0,6		
2,7	0,122	2,7	0,121	2,6	0,121	2,6	0,120	2,6	0,167	2,4
	-0,058	-0,4			-0,069	-0,5	-0,073	-0,5	0,001	0,0
1,5	0,044	1,5	0,044	1,5	0,044	1,5	0,044	1,5	-0,001	0,0
2,0	0,176	2,1	0,173	2,0	0,174	2,0	0,174	2,0	0,223	2,0
1,3	0,119	1,3	0,116	1,3	0,119	1,3	0,119	1,3	0,222	1,6
3,6	0,607	3,6	0,584	3,6	0,604	3,6	0,604	3,6	0,591	1,8
1,9	0,633	1,9	0,512	1,6	0,581	1,7	0,581	1,7	1,061	1,9
2,2	0,000	2,2	0,000	2,2	0,000	2,2	0,000	2,2	0,000	1,4
-2,2	0,000	-2,2	0,000	-2,2	0,000	-2,2	0,000	-2,2	0,000	-1,1
4,1	3,032	4,4	2,935	4,0	2,964	4,2	2,964	4,2	0,000	0,0
0,6	0,191	0,5	0,216	0,6	0,197	0,5	0,197	0,5	-0,717	-1,3
-2,8	-0,633	-2,8	-0,637	-2,8	-0,635	-2,8	-0,635	-2,8	-0,041	-0,1
2,5	3,104	2,5	3,119	2,5	3,137	2,5	3,137	2,5	1,817	0,6
-4,9	-0,809	-4,5	-0,833	-4,9	-0,799	-4,5	-0,799	-4,5	-0,624	-2,5
-1,3	-0,131	-1,3	-0,130	-1,3	-0,129	-1,3	-0,129	-1,3	-0,084	-0,6
-1,6	-2,487	-1,6	-2,482	-1,6	-2,477	-1,6	-2,477	-1,6	-3,296	-1,6
-2,3	-0,038	-2,3	-0,037	-2,3	-0,037	-2,3	-0,037	-2,3	-0,006	-0,2
1,7	0,000	1,7	0,000	1,7	0,000	1,7	0,000	1,7	0,000	-0,4
1,3	0,142	1,3	0,143	1,3	0,143	1,3	0,143	1,3	0,088	0,4
1,1	0,165	1,2	0,161	1,1	0,162	1,1	0,162	1,1	0,020	0,1
1,3	0,329	1,4	0,326	1,3	0,330	1,4	0,330	1,4	0,219	0,6
2,4	0,491	2,4	0,474	2,3	0,478	2,3	0,478	2,3	0,681	2,3
-2,8	-0,271	-2,8	-0,272	-2,8	-0,272	-2,8	-0,272	-2,8	-0,245	-2,2
1,7	0,126	1,7	0,123	1,6	0,124	1,6	0,124	1,6	0,153	1,5
2,1	0,243	2,2	0,242	2,1	0,244	2,2	0,244	2,2	0,380	1,5
2,2	0,378	2,2	0,376	2,2	0,379	2,2	0,379	2,2	0,522	2,3
-1,7	-0,149	-1,7	-0,147	-1,6	-0,148	-1,7	-0,148	-1,7	-0,137	-1,1
-0,6	-0,050	-0,6	-0,047	-0,6	-0,049	-0,6	-0,049	-0,6	-0,066	-0,6
1,3	0,150	1,3	0,150	1,3	0,150	1,3	0,150	1,3	0,139	0,9

Cuadro A4.2 (continuación)

Medellín, 2006

Variable	Todos los hogares				
	1		2		3
	Coef.	Z	Coef.	Z	Coef.
Jefe con secundaria completa × hijos menores de 18 años	0,172	1,5	0,295	3,0	0,176
Jefe con universidad × hijos menores de 18 años	0,232	1,9	0,346	3,5	0,230
Diferencia de edad entre la madre y el hijo mayor	0,349	3,7	0,317	3,6	0,344
Constante	-0,660	-0,9	-1,251	-2,3	-0,617
Número de observaciones	1.501				
Pseudo R ²	0,122		0,100		0,123

Nota: las estimaciones de ambas ciudades incluyen variables de control adicionales, que no se presentan por su baja significancia en las diferentes especificaciones.
Fuente: Medellín (ECV, 2006)

Cuadro A5

**Compensación monetaria por restricción de un día
a la semana de circulación de vehículos; Medellín, 2007**

	Compensación (porcentaje del ingreso) Metodología marginal
A. Toda la población urbana	
Jefe va al trabajo en su carro	4,1
Número de vehículos en el hogar	1,9
Total	5,9
B. Estratos bajos (1, 2 y 3)	
Jefe va al trabajo en su carro	0,3
Número de vehículos en el hogar	2,4
Total	2,7
C. Estratos medios - altos (4, 5 y 6)	
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 día a la semana o del 20%, calculada con dos métodos: el de aproximación marginal (ecuación 3) y el de curva de indiferencia (ecuación 3a), y con base en los parámetros estimados en el modelo 6, para Medellín.
Fuente: Medellín (ECV, 2007, y Metroinformación; cálculos de los autores.

									8. Hogares con jefe ocupado	
3	4		5		6		7			
Z	Coef.	Z	Coef.	Z	Coef.	Z	Coef.	Z	Coef.	Z
1,6	0,175	1,5	0,177	1,6	0,176	1,6	0,176	1,6	0,207	1,6
1,9	0,229	1,8	0,231	1,9	0,230	1,9	0,230	1,9	0,189	1,3
3,7	0,345	3,7	0,340	3,6	0,340	3,6	0,340	3,6	0,420	2,8
-0,9	-0,620	-0,9	-0,597	-0,8	-0,588	-0,8	-0,588	-0,8	-1,742	-1,7
									827	
	0,123		0,123		0,123		0,123		0,137	