

La motorización, el número de viajes y la distribución modal en Bogotá: pasado y posible futuro

Motorization: the number of trips and modal distribution in Bogota: past and possible future

Julián Andrés Gómez Gélvez^{(1)*}, Catalina Obando Forero^{(2)*}

⁽¹⁾ M.Sc. en Transporte. Profesor instructor. ja.gomez@uniandes.edu.co

⁽²⁾ B.Sc. en Matemáticas. Profesora de cátedra. c.obando85@uniandes.edu.co

* Universidad de los Andes, Bogotá D.C., Colombia.

Recibido 29 de mayo de 2013. Modificado 13 de febrero de 2014. Aprobado 26 de febrero de 2014.

Palabras clave

Carros, motocicletas, movilidad, transporte urbano, viajes.

Key words

Cars, mobility, motorcycles, trips, urban transportation.

Resumen

A partir de las encuestas de movilidad de Bogotá de 1995 y 2011, realizamos una comparación de los indicadores de motorización, el número de viajes y la distribución modal en la ciudad en estos años. Esta comparación muestra un incremento moderado en los niveles de tenencia de carro y un cambio modal pequeño de transporte público a vehículos particulares. Sin embargo, un escenario tendencial muestra que en las próximas dos décadas estos cambios podrían ser mucho más significativos, amenazando la sostenibilidad de la movilidad urbana en la ciudad.

Abstract

Based on the mobility surveys applied in Bogotá in 1995 and 2011, we compared the levels of motorization, number of trips and modal distribution in these years in the city. This comparison shows a moderate increase in the levels of car ownership and a small modal change from public transportation to private vehicles. However, a trend analysis shows that in the following two decades these changes may be more significant, threatening the sustainability of urban transportation in the city.

INTRODUCCIÓN

Las encuestas de movilidad de Bogotá de 1995 y 2011 proporcionan una caracterización detallada de la movilidad urbana de la ciudad en estos años, lo que permite observar el cambio ocurrido en diferentes indicadores clave. En el presente artículo analizamos el cambio en tres indicadores: la tasa de motorización (definida como el número de carros o motos por hogar), el número total de viajes en un día típico entre semana y la distribución modal de estos viajes. Estos indicadores dan buena muestra de la situación de movilidad urbana en una ciudad en términos de su sostenibilidad. Desafortunadamente, no utilizamos los resultados de la encuesta de movilidad realizada en 2005 debido a que no incluye información sobre el nivel de ingreso de los hogares (información que, como se verá más adelante, es esencial para el análisis) y a que presenta varios resultados inconsistentes (Santana, 2009).

Además de analizar el cambio ocurrido en la pasada década y media, planteamos un escenario tendencial de evolución de estos indicadores en las próximas dos décadas (2011-2030).

Este escenario considera un incremento esperado en el nivel de ingreso de los hogares bogotanos y la forma como este incremento afectará los indicadores y el cambio tendencial de los indicadores dentro de un mismo rango de ingreso de acuerdo a la tendencia presentada entre 1995 y 2011.

El resto del artículo está organizado de la siguiente forma: la segunda sección analiza el cambio en los indicadores entre 1995 y 2011. La tercera sección presenta la proyección del nivel de ingreso de los hogares bogotanos a 2030. Esta proyección sirve de base para la proyección de los indicadores en el escenario tendencial, cuyos resultados se presentan en la cuarta sección. La última sección analiza los resultados y presenta las principales conclusiones del ejercicio.

CAMBIO 1995-2011

En países en desarrollo, uno de los factores que más influye en los indicadores planteados es el nivel de ingreso de la población (Button, Ngoe y Hine, 1993; Gómez y Obando, 2013; Pongthanasawan y Sorapipatana, 2010; Zegras y

Chen, 2010). En general, hogares con mayor ingreso tienen un mayor nivel de motorización, realizan más viajes y su distribución modal está dominada por vehículos particulares.

Con esto en mente, no realizamos la comparación de indicadores entre 1995 y 2011 simplemente a nivel agregado para toda la ciudad. Desagregamos la comparación de acuerdo al nivel de ingreso de los hogares. Esto permite observar qué tanto influyó el aumento de ingreso en el cambio de los indicadores y qué tanto influyeron otros factores, como pueden ser la estructura urbana y la calidad y cobertura del transporte público.

La encuesta de movilidad de 1995 (EM95) incluye información sobre el ingreso mensual de los hogares encuestados. La encuesta de 2011 (EM2011) incluye también esta información, sin embargo, esta se encuentra especificada de acuerdo a rangos de ingreso. Para poder hacer una comparación entre las dos encuestas, el ingreso de los hogares encuestados en 1995 se asoció con cada uno de los rangos definidos en la encuesta de 2011, teniendo en cuenta la inflación entre estos dos años.

Es importante aclarar que aunque la EM2011 incluye información sobre hogares que residen en Bogotá y sus 17 municipios vecinos, solo utilizamos información de los hogares residentes en Bogotá (12.610 hogares encuestados). Adicionalmente, para todos los cálculos en ambas encuestas se tuvieron en cuenta los factores de expansión asociados a cada hogar encuestado.

MOTORIZACIÓN

La figura 1 presenta el número de carros¹ por hogar en 1995 y 2011 según el rango de ingreso del hogar. La figura 1 muestra en ambos años un incremento en el número de carros por hogar conforme aumenta el ingreso de los hogares, así como un incremento general entre 1995 y 2011 para todos los rangos de ingreso. Según los resultados de las encuestas, el número de carros por hogar en Bogotá aumentó de 0,31 en 1995 a 0,384 en 2011, mientras el número total de carros aumentó de 361.520 a 825.111. Este aumento del 24% en la tasa de motorización en un periodo de 16 años es un aumento relativamente moderado.

Es importante contrastar la cifra del número total de carros de la EM2011 con la cifra oficial de 1'162.514 carros registrados en Bogotá (nuevamente incluyendo automóviles, camionetas y camperos) dada por la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. (2011). A menos que la EM2011 haya tenido graves errores metodológicos, esta discrepancia indica que el registro oficial sobrestima significativamente este indicador. Esto probablemente es resultado de la no cancelación de la matrícula de vehículos que ya no son utilizados o de vehículos que fueron matriculados en Bogotá pero circulan en otras ciudades de Colombia. Es probable que este fenómeno también se encuentre en las cifras de 1995, sin embargo, la información oficial para 1995 no se encontraba disponible en el momento de finalizar el presente artículo.

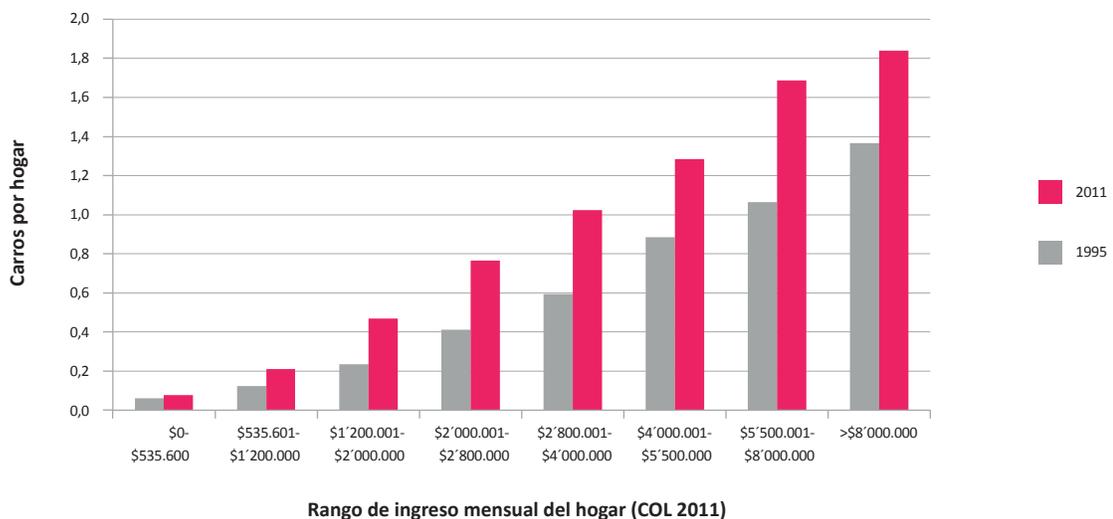


Figura 1. Número promedio de carros por hogar según rango de ingreso
Fuente. Encuestas de movilidad 1995 y 2011

1 A lo largo del artículo se utiliza la palabra carro de forma general, incluyendo las categorías automóvil, campero y camioneta. Adicionalmente, se consideran solo los carros que son propiedad del hogar y no los que son propiedad de una empresa o entidades del gobierno.

Los resultados indican que un aumento en el nivel de ingreso de los hogares a futuro tenderá, como es natural, a incrementar la tasa de motorización de carros. Adicionalmente, se puede deducir de la figura 1 que factores diferentes al ingreso incrementaron entre 1995 y 2011 la tasa de motorización, ya que esta aumentó de forma significativa dentro de un mismo rango de ingreso. Entre estos factores puede estar la reducción en los costos de compra de carro y la necesidad por parte de algunos hogares de evadir la política de pico-y-placa adquiriendo un segundo carro.

La figura 2 presenta el número de motos por hogar en 1995 y 2011 según el rango de ingreso del hogar. En este caso, el número de motos por hogar no tiene una relación directa con el nivel de ingreso del hogar en ninguno de los dos años. Adicionalmente, el incremento en el número de motos por hogar entre 1995 y 2011 para todos los rangos de ingreso es bastante significativo, lo que indica que el crecimiento del número de motos en la ciudad entre estos años se debió principalmente a factores diferentes al ingreso. Entre estos factores, la reducción en los costos de compra es seguramente un factor fundamental (Acevedo et al., 2009).

Según los resultados de las encuestas, el número de motos por hogar en Bogotá se incrementó de 0,024 en 1995 a 0,101 en 2011, mientras el número total de motos pasó de 27.776 a 217.912. Nuevamente, el número total de motos registradas en Bogotá en 2011, según cifras oficiales, es de 269.452 motos que es significativamente superior a lo reportado por la EM2011.

NÚMERO DE VIAJES Y DISTRIBUCIÓN MODAL

La figura 3 presenta el número de viajes al día por persona en 1995 y 2011 según rango de ingreso del hogar y modo de

transporte principal del viaje. El modo de transporte es analizado en tres categorías: carros y motos (vehículos motorizados particulares), transporte público (incluye transporte público colectivo tradicional y TransMilenio) y otros (incluye viajes a pie, en bicicleta, en taxi y en bus escolar, entre otros). El número de viajes se analiza a partir del nivel de personas y no de hogares, de forma opuesta a como se analizó la motorización, ya que las decisiones de número de viajes y modo son generalmente realizadas a nivel personal. Para mantener coherencia entre los resultados de las encuestas, en ambos años se consideraron únicamente los viajes a pie de duración mayor a tres minutos.

De acuerdo a las encuestas, el total de viajes al día (día típico entre semana) era de 9,3 millones en 1995 y de 15,3 millones en 2011. Esto implica que el número de viajes por persona creció de 1,63 a 2,08, lo cual representa un aumento bastante significativo. Es importante notar, sin embargo, que buena parte de este aumento se debió al crecimiento en el número de viajes en otros modos. Es posible que las diferencias metodológicas entre las encuestas, en especial la identificación de viajes a pie, sean en parte responsables de este aumento.

En términos de la distribución modal de los viajes, la figura 3 muestra que en todos los rangos de ingreso el porcentaje de viajes en carro y moto y en otros modos se incrementó de 1995 a 2011, mientras el porcentaje de viajes en transporte público disminuyó. Sin tener en cuenta los viajes en otros modos y considerando el porcentaje de hogares en cada rango de ingreso en cada año, el porcentaje de viajes en carro y moto aumentó de 26,75% a 28,06% entre 1995 y 2011, mientras el porcentaje de viajes en transporte público disminuyó de 73,25% a 71,94%. Este resultado implica un cambio modal de vehículos particulares a transporte público bastante moderado.

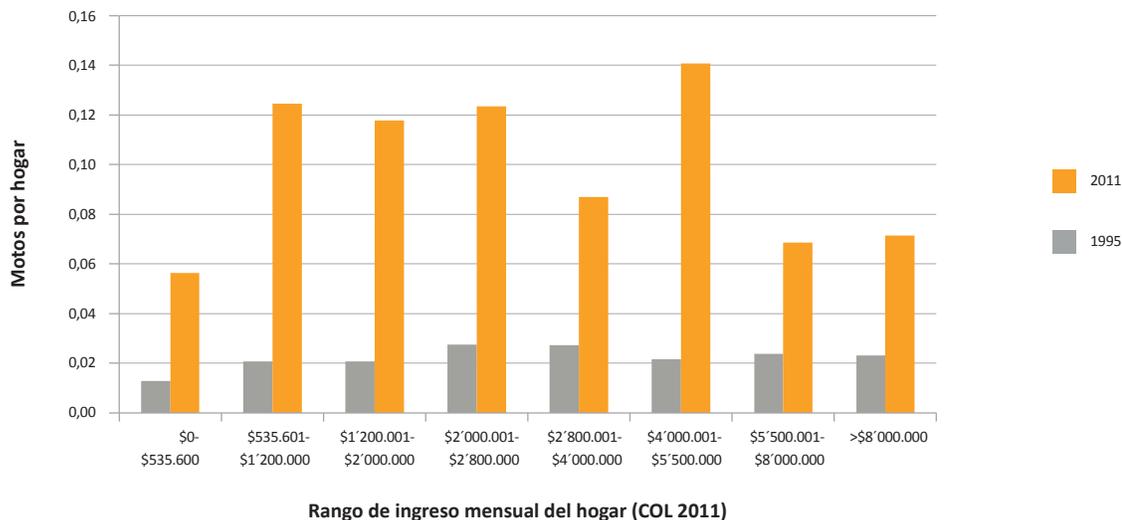


Figura 2. Número promedio de motos por hogar según rango de ingreso
Fuente. Encuestas de movilidad 1995 y 2011

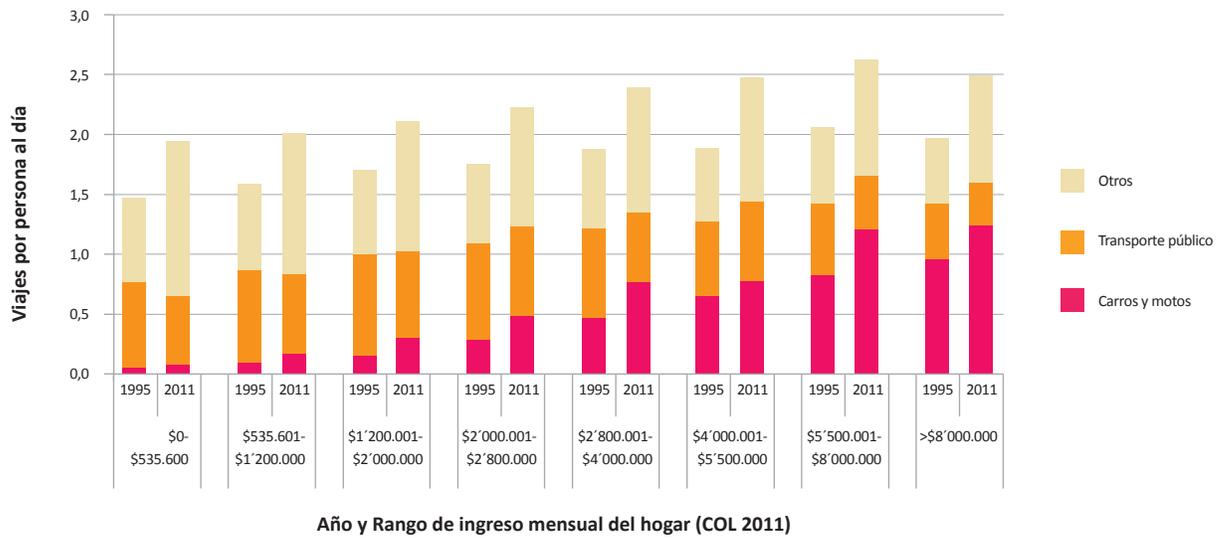


Figura 3. Número de viajes por persona al día según modo de transporte y rango de ingreso mensual del hogar
Fuente. Encuestas de movilidad 1995 y 2011

Como se observa en las figuras anteriores, el nivel de ingreso es un factor determinante para los indicadores analizados (con excepción de la tasa de motorización de motos). A medida que el nivel de ingreso de los hogares bogotanos se incrementa, es de esperar que aumente la tasa de motorización de carros, el número de viajes al día por persona y el porcentaje de viajes en carro. Sin embargo, plantear un escenario tendencial de evolución de los indicadores basado únicamente en la forma como crecerá el nivel de ingreso implicaría no considerar, o mantener constante, el impacto de otros factores. Este impacto se revela en las gráficas anteriores en la variación de los indicadores al interior de un mismo rango de ingreso.

Planteamos un escenario tendencial considerando tanto el crecimiento esperado en el ingreso de los hogares bogotanos, y cómo este crecimiento afectará los indicadores como el cambio tendencial de los indicadores dentro de un mismo rango de ingreso siguiendo la tendencia presentada entre 1995 y 2011.² Antes de presentar los resultados de este escenario, la siguiente sección resume la forma como se analizó el crecimiento en el nivel de ingreso de los hogares bogotanos a 2030.

PROYECCIÓN DEL NIVEL DE INGRESO

La tabla 1 muestra el porcentaje de hogares bogotanos en cada nivel de ingreso según la EM2011. Para analizar la forma como el aumento en el nivel de ingreso afectará los indicadores de movilidad seleccionados, se debe proyectar este

porcentaje de hogares en cada rango de ingreso de acuerdo al crecimiento económico esperado.

Rango de ingreso mensual (COL 2011)	Porcentaje
\$0 - \$535.600	27,76%
\$535.601 - \$1'200.000	38,64%
\$1'200.001 - \$2'000.000	15,56%
\$2'000.001 - \$2'800.000	7,12%
\$2'800.001 - \$4'000.000	5,17%
\$4'000.001 - \$5'500.000	3,02%
\$5'500.001 - \$8'000.000	1,51%
> \$8'000.000	1,22%

Tabla 1. Porcentaje de hogares según rango de ingreso
Fuente. Encuesta de movilidad de Bogotá 2011

El crecimiento económico esperado generalmente se expresa como un aumento porcentual en términos reales del Producto Interno Bruto per cápita (PIBpc, usado como medida del nivel de ingreso promedio). Por lo tanto, es necesario aplicar una metodología que permita relacionar el crecimiento porcentual del ingreso promedio con el cambio en la distribución de hogares según rango de ingreso. La metodología que utilizamos para esto consiste en estimar la distribución del ingreso de los hogares en Bogotá en 2011 como una función de densidad de probabilidad (FDP), a partir de la información de la tabla 1, y proyectar esta distribución de acuerdo al crecimiento económico esperado.

² Para seguir la tendencia de cambio de un indicador dentro de un mismo rango de ingreso, la tasa anual promedio de crecimiento sucedida entre 1995 y 2011 se mantuvo para el periodo 2011-2030.

Utilizamos una estimación de densidad por kernels (Sheather, 2004) para estimar la distribución del ingreso a partir de la distribución porcentual de la tabla 1. Este procedimiento no impone una forma funcional específica a la FDP. En su lugar, aproxima la FDP sumando distribuciones individuales (kernels) centradas en las observaciones. En este caso, las observaciones corresponden a los ocho rangos de ingreso presentados en la tabla 1, con un peso equivalente al porcentaje de hogares en el rango.

Para realizar la estimación fue necesario definir un valor de ingreso promedio para cada rango de ingreso, un ancho de banda (parámetro relacionado a la varianza del kernel) y una forma funcional para las distribuciones individuales. La forma funcional utilizada es gaussiana con un ancho de banda inicial dado por la aproximación clásica propuesta por Silverman (1986). Sin embargo, el ancho de banda final y los valores de ingreso promedio para cada rango fueron utilizados como parámetros de calibración de forma que la distribución estimada concordara con los porcentajes presentados en la tabla 1. El ancho de banda final utilizado fue la mitad de la aproximación clásica de Silverman y el error en el porcentaje de hogares en cada rango de ingreso fue inferior al 4% para todos los rangos. La figura 4 presenta la distribución final estimada para 2011, la proyección de la distribución a 2030 y los umbrales que determinan los rangos de ingreso.

Para proyectar la curva de distribución asumimos un crecimiento porcentual anual del ingreso medio de 4,5% en términos reales.³ Este crecimiento porcentual anual fue aplicado a cada valor de ingreso promedio para cada rango. Esto implica asumir que la distribución del ingreso (nivel de desigualdad) se mantendrá constante durante el periodo de análisis.⁴ Adicionalmente, este procedimiento asume que el tamaño promedio de los hogares (número de personas por hogar) se mantendrá constante. La figura 5 presenta el porcentaje de hogares en cada rango de ingreso al 2030 de acuerdo a las distribuciones estimadas en la figura 4.

ESCENARIO TENDENCIAL

MOTORIZACIÓN

La figura 6 presenta los resultados del escenario tendencial planteado en términos del número de carros y motos por hogar. De acuerdo a este escenario, el número de carros por hogar se incrementaría de 0,384 en 2011 a 1,31 en 2030. Considerando el crecimiento esperado de la población y el número de hogares en Bogotá (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2009), esto implica que el número de carros se incrementaría de 825.111 a 3'570.000. De forma similar, el número de motos por hogar se incrementaría de 0,101 a 0,807, y el número total de motos de 217.912 a 2'200.000.

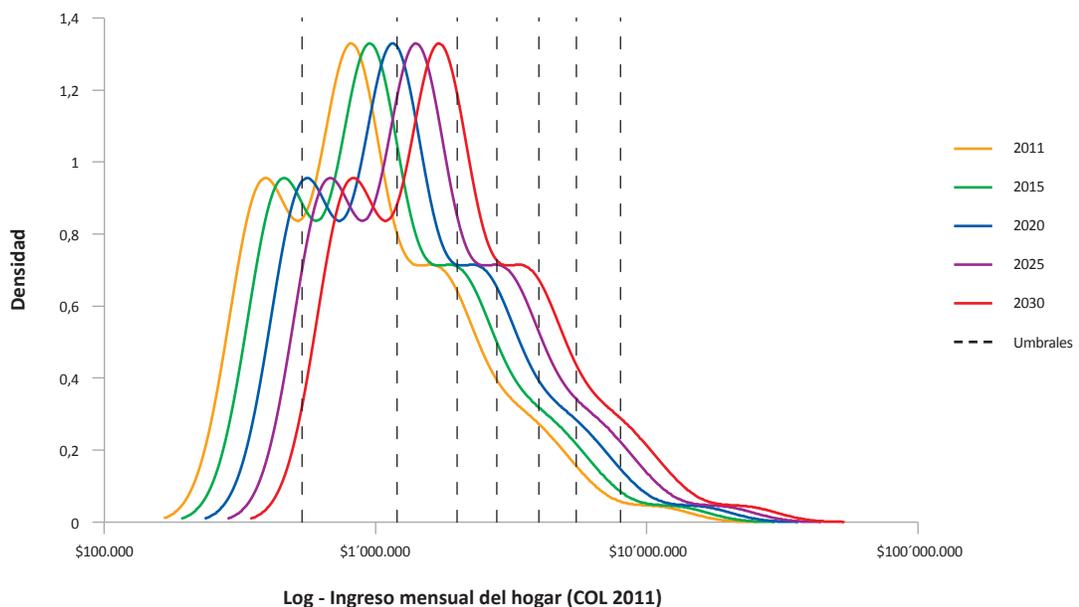


Figura 4. Proyección de la distribución del ingreso por hogares
Fuente. Elaboración de los autores

³ Este se puede considerar como un escenario de crecimiento económico optimista. El crecimiento porcentual anual del ingreso medio en términos reales en la última década en Bogotá estuvo cercano a 3%. Sin embargo, este periodo incluye una fuerte recesión económica a finales de siglo.

⁴ Como se muestra en Acevedo et al. (2009), la desigualdad del ingreso en Colombia ha tenido una tendencia decreciente en los últimos años. Sin embargo, esta tendencia es pequeña e impacta principalmente la proporción del ingreso del percentil de población más rico.

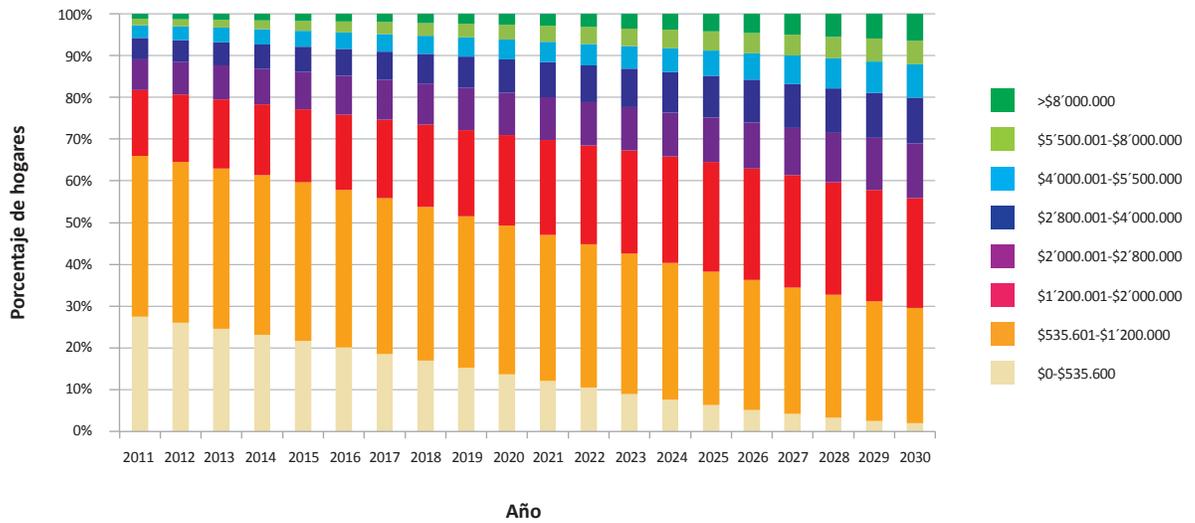


Figura 5. Proyección del número de hogares por rango de ingreso
Fuente. Elaboración de los autores

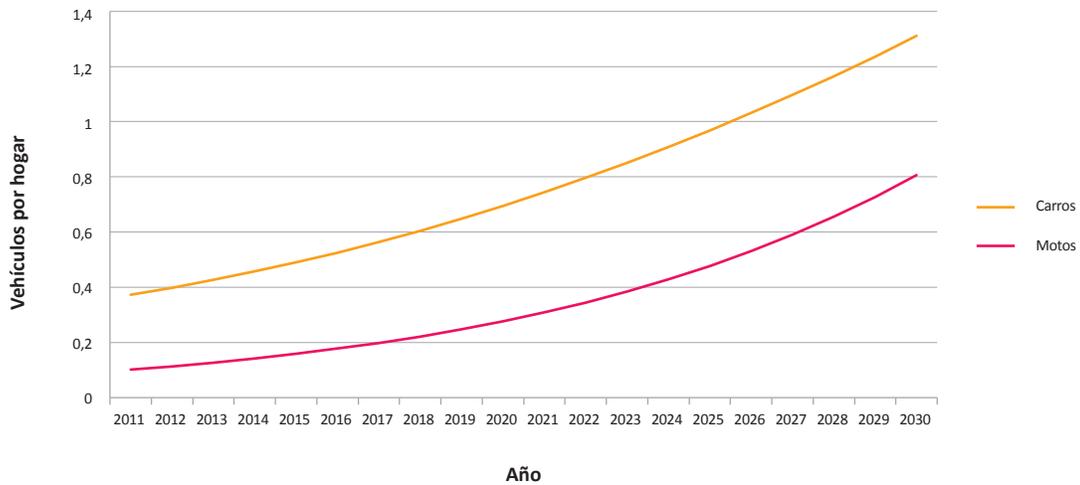


Figura 6. Proyecciones del número de vehículos por hogar
Fuente. Elaboración de los autores

NÚMERO DE VIAJES Y DISTRIBUCIÓN MODAL

Las figuras 7 y 8 muestran los resultados del escenario tendencial en términos del número de viajes al día y la distribución modal de estos viajes respectivamente. De acuerdo a este escenario, el número total de viajes se duplicaría entre 2011 y 2030, pasando de 15,3 a 30,6 millones al día, lo que implicaría un aumento en el número de viajes al día por persona de 2,08 a 3,24. Este crecimiento se debe principalmente al aumento del número de viajes en otros modos, los cuales pasarían de 8,6 a 17,7 millones. Como se mencionó anteriormente, este aumento esperado en el escenario tendencial

puede deberse a diferencias metodológicas entre las dos encuestas. El número de viajes en transporte público se mantendría aproximadamente constante alrededor de cinco millones y el número de viajes en vehículos motorizados particulares aumentaría de 2 a 7,8 millones.

En términos de distribución modal, los anteriores resultados implican una reducción importante en el porcentaje de viajes en transporte público, cayendo de 31% a 17%. El porcentaje de viajes en otros modos se mantendría relativamente constante alrededor de 57%, mientras el porcentaje de viajes en vehículos particulares motorizados ganaría el terreno cedido por el transporte público aumentando de 12,9% a 25,3%.

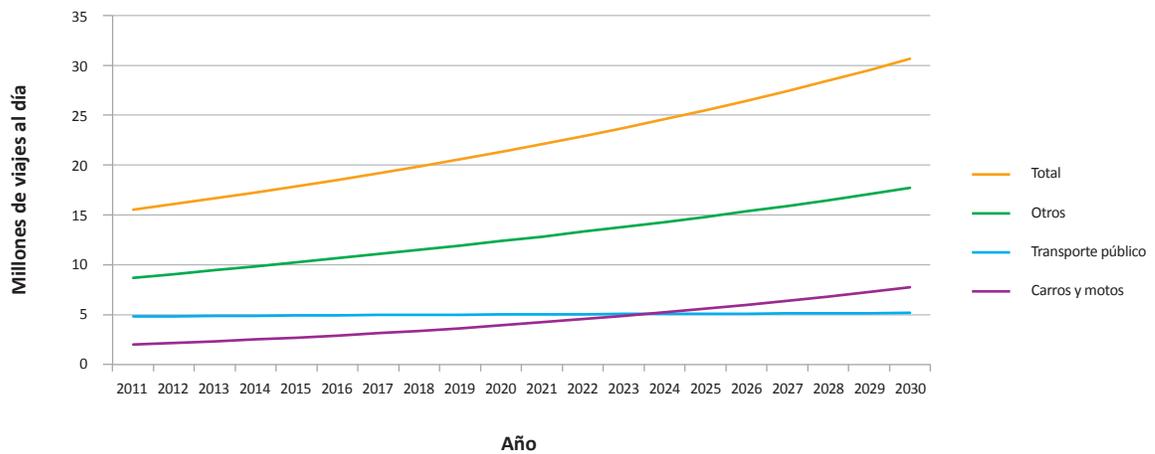


Figura 7. Proyecciones del número de viajes al día según modo de transporte
Fuente. Elaboración de los autores

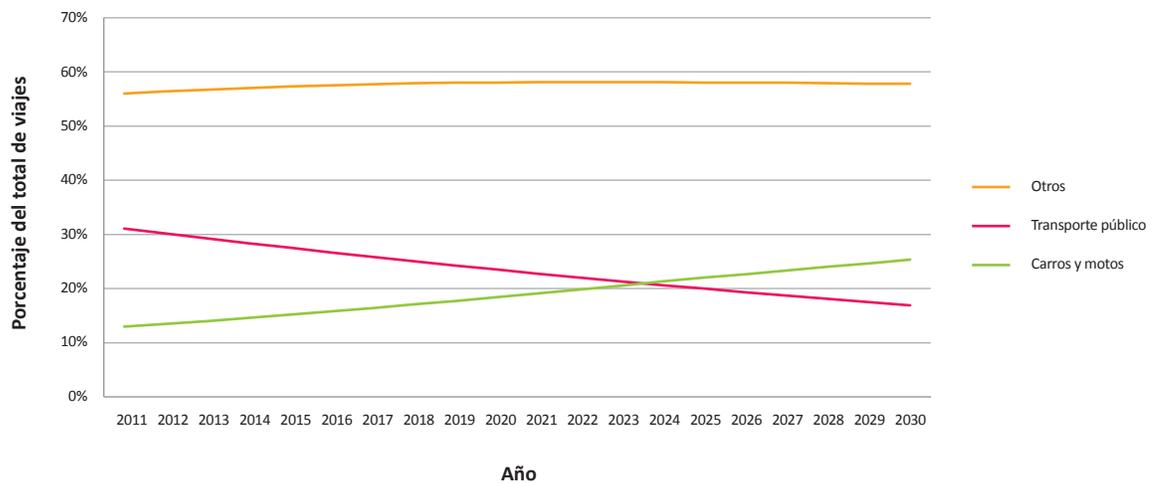


Figura 8. Proyecciones de la distribución modal
Fuente. Elaboración de los autores

ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

El ejercicio anterior permitió observar el cambio en los indicadores de motorización, número de viajes y distribución modal en Bogotá entre 1995 y 2011, así como la forma en que el nivel de ingreso de los hogares afecta estos indicadores. Los resultados muestran que el aumento de la motorización y el cambio modal de transporte público a vehículos particulares fue moderado. Estos resultados son alentadores en cuanto muestran que Bogotá no experimentó durante esta década y media una concentración significativa de su movilidad en vehículos particulares, tendencia generalmente presente e insostenible en ciudades en desarrollo. Esto fue probablemente y, en buena medida, inducido por políticas

de movilidad que apuntaron en la dirección correcta a mejorar la calidad del transporte público a través de un sistema de autobús de tránsito rápido (BRT), por sus siglas en inglés, mejorar la calidad de modos alternativos como la bicicleta a través de un sistema de ciclorrutas y regular el uso del carro en horas pico.

No obstante lo anterior, en el escenario tendencial planteado este puede no ser el caso para las próximas dos décadas. Este escenario tendencial asume un crecimiento económico optimista para Bogotá y considera la forma como los indicadores han evolucionado dentro de un mismo rango de ingreso. Los resultados de este escenario muestran que en las próximas dos décadas la tasa de motorización de carros podría multiplicarse casi por cuatro y la de motos, por ocho.

Al mismo tiempo, el porcentaje de viajes en vehículos privados superaría el porcentaje de viajes en transporte público en tan solo 12 años. Estos resultados indican que para evitar una concentración insostenible en vehículos particulares en la movilidad de Bogotá, muy probablemente se necesiten en las próximas décadas políticas más profundas y con mayor continuidad que las que se han tenido durante la pasada década y media.

Para finalizar, queremos resaltar un aspecto en relación a la disponibilidad de datos sobre el parque automotor en Bogotá. El ejercicio realizado permitió identificar diferencias importantes entre los datos reportados por la encuesta de movilidad de 2011 y los datos oficiales en cuanto al número de carros (automóviles, camionetas y camperos) y motos en Bogotá. Los datos oficiales tienden a sobrestimar estos valores debido probablemente a diferencias entre el número de vehículos registrados en Bogotá (lo reportado oficialmente) y el número de vehículos que efectivamente residen y circulan en Bogotá (lo que mide la encuesta). Dado que para el análisis y evaluación de políticas y proyectos es más conveniente usar información sobre el número de vehículos que residen y circulan en la ciudad, es necesario que los datos oficiales adviertan claramente estas diferencias.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer los comentarios de dos pares evaluadores anónimos.

REFERENCIAS

- Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. (2011). *Movilidad en cifras 2011*. Recuperado de http://www.movilidadbogota.gov.co/hiwebx_archivos/audio_y_video/boletin%20cifras.pdf
- Button, K., Ngoe, N. y Hine, J. L. (1993). Modelling vehicle ownership and use in low income countries. *Journal of Transport Economics and Policy*, 27 (1), 51-67.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2009). *Proyecciones nacionales y departamentales de población 2005-2020*. Recuperado de http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/proyepobla06_20/7Proyecciones_poblacion.pdf
- Gómez, J. y Obando, C. (2013, enero). *Modeling Car Ownership in Urban Areas of Developing Countries: A Case Study of Bogotá, Colombia*. Ponencia presentada en el 92º Encuentro Anual del Transportation Research Board, Washington D.C., USA.
- Pongthanasawan, J. y Sorapipatana, C. (2010). Relationship between level of economic development and motorcycle and car ownerships and their impacts on fuel consumption and greenhouse gas emission in Thailand. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14 (9), 2966-2975.
- Santana, M. (2009). Análisis comparativo de metodologías estadísticas y definición de variables de las encuestas de viajes de Bogotá, años 1995 y 2005. *Revista de Ingeniería Universidad de los Andes*, (29), 148-155.
- Sheather, S. J. (2004). Density estimation. *Statistical Science*, 19 (4), 588-597.
- Silverman, B. W. (1986). *Density estimation for statistics and data analysis*. Londres: Chapman & Hall.
- Zegras, C y Chen, Y. (2010, julio). *The Dynamics of Metropolitan Motorization under Rapid Development: the Beijing Case*. Ponencia presentada en la 12ª Conferencia Mundial de Investigación en Transporte, Lisboa, Portugal.