

# **POLÍTICA DE SUBSIDIOS EN EL TRANSPORTE URBANO DE LA CIUDAD DE CÓRDOBA: UN ANÁLISIS GEOGRÁFICO A PARTIR DE DATOS DEL SISTEMA DE COBRO ELECTRÓNICO**

Juan Pablo Carranza            carranzajuanp@gmail.com  
Carlos Lucca                    clucca2009@gmail.com  
Alicia Riera                    rieraalicia@gmail.com  
Claudio Falavigna            cfalavigna@unc.edu.ar  
Julia Brusa                    arqbrusa@gmail.com  
Héctor Taborda                hector.taborda@hotmail.com

Todos los autores pertenecen al Instituto de Investigación y Formación en Administración Pública (IIFAP) de la Universidad Nacional de Córdoba (UNC). Rondeau 467 - 2do Piso - Box 13. CP: X5000AVI Córdoba, Argentina.

## **RESUMEN**

Se analiza el subsidio al transporte público en Córdoba, en particular el uso del Boleto Educativo Gratuito (BEG) para niveles primario, secundario y universitario. Se muestra que la intensidad de uso del subsidio decrece a medida que aumenta la densidad de población de los radios censales. También hay una relación directa respecto al porcentaje de hogares que presentan alguna necesidad básica insatisfecha. Para confirmar los resultados se analiza la distribución del uso de boletos mediante curvas de concentración, donde se verifica que la utilización del BEG primario presenta mayor concentración entre la población localizada en los radios censales con mayores proporciones de hogares con necesidades básicas insatisfechas (NBI). El BEG universitario muestra un comportamiento opuesto.

*Palabras clave: Transporte Público, Subsidios, Equidad*

## **ABSTRACT**

Public transport subsidy scheme in the city of Cordoba is analyzed, focusing on the educational purpose grant (BEG, Boleto Educativo Gratuito) for people who study or work in the primary, secondary or university levels. The analysis shows that intensity in subsidy use declines as census radius' population density increases. There is also a direct relationship regarding percentage of households with at least one basic unfulfilled need (NBI index). Findings are tested by plotting educational subsidy distribution concentration curves, proving that subsidy use by primary students shows a higher concentration among population located in areas with higher proportions of NBI. University level subsidy distribution behaves in a different direction.

*Keywords: Public transportation, Transport Subsidies; Equity*

## **1. INTRODUCCIÓN.**

En el artículo se realiza un análisis de la relación existente entre (i) la proporción de hogares con al menos una necesidad básica insatisfecha por radio censal, (ii) la densidad poblacional en cada radio censal, y (iii) la cantidad de personas que califican para acceder al subsidio por radio censal y el número de viajes realizados en el sistema de transporte público urbano por los beneficiarios del Boleto Educativo Gratuito, un esquema de subsidios al transporte implementado por el Gobierno de la Provincia de Córdoba para quienes estudian o trabajan en cualquiera de los tres niveles del sistema educativo. El estudio de estas relaciones permitió calcular un conjunto de elasticidades que reflejan la sensibilidad de la intensidad en la utilización del BEG con respecto a las variables señaladas. Se analiza también la existencia de dependencia espacial entre dichas variables que pudiera sesgar el valor de los coeficientes estimados en el análisis de regresión realizado para el cálculo de las elasticidades. Finalmente se presenta el resultado del cálculo de una serie de curvas de concentración que reflejan la medida en la cual el BEG es capturado por grupos de población en diferente situación socioeconómica. El análisis presentado tiene como objetivo caracterizar la efectividad de esta política pública en términos de su grado de focalización en la población de menores recursos

## **2. ANTECEDENTES**

### **2.1 Subsidios al transporte.**

Con respecto al análisis de los subsidios, diversos informes elaborados para el caso argentino (Navajas, 2015; ASAP, 2014; Muras et al, 2015; Castro y Szenkman, 2012, Puig y Salinardi, 2013) puntualizan que luego de la crisis de los años 2001-2002, los subsidios a los servicios públicos en general (agua, gas, energía eléctrica y transporte) registraron un marcado incremento debido a la necesidad de atenuar el impacto de la pérdida de poder adquisitivo resultante de la salida de la convertibilidad. Específicamente en el caso del sector transporte, la ASAP señala que en el período 2005-2011 las transferencias realizadas por el Gobierno Nacional a dicho sector aumentaron siete veces como porcentaje del Producto Bruto Interno<sup>1</sup>, al tiempo que se registró un marcado deterioro en la calidad del servicio<sup>2</sup> y notorias inequidades entre sectores socioeconómicos y regiones del país<sup>3</sup>. Sin embargo, en el período 2011-2013 se registró una caída del 13% en términos reales de

---

<sup>1</sup> Ronconi (2010) señala que en el período 2002-2009, los subsidios otorgados al SISTAU (Sistema Integrado de Transporte Automotor) fueron de \$13.650 millones

<sup>2</sup> La antigüedad promedio del parque automotor pasó de 4,9 años (1998-2001) a 7,6 (2002-2009) y hubo un incremento del índice de hacinamiento (Ronconi, 2010).

<sup>3</sup> De acuerdo a IDESA (2016), en la Ciudad de Buenos Aires en el año 2015 los subsidios a los ómnibus urbanos ascendieron a \$4.203 por habitante por año, en tanto en el resto de las provincias, estos subsidios representaron \$512 por habitante por año.

las transferencias al sector, como consecuencia de la necesidad de mejorar los criterios de asignación de los subsidios al transporte. Castro y Szenkman (2012) enfatizan por su parte la creciente inequidad distributiva y la marcada ineficiencia económica que caracterizó el otorgamiento de los subsidios al transporte en Argentina, señalando que en el período 2003-2010, los mismos aumentaron cuatro veces como porcentaje del PBI.

La llegada de la nueva administración del presidente Macri planteó cambios y continuidades en este tema. Por una parte, se ha buscado profundizar la estrategia de dirigir los subsidios directamente a los usuarios (subsidio a la demanda) a través de la extensión del área de cobertura de la tarjeta SUBE<sup>4</sup>, en tanto que se ha impulsado de manera paralela una reducción en las transferencias al sector, lo que se ha reflejado en un incremento en el porcentaje del costo del boleto que abonan los pasajeros en los diferentes distritos provinciales.

En el ámbito internacional, Goeverden, Rietveld, Koelemeijer y Peeters (2006), presentan un análisis de los esquemas de financiamiento del transporte público en distintos países de Europa, señalando que el mismo registra un amplio abanico de situaciones que van desde el cobro pleno de la tarifa a los usuarios del sistema (orientada a eliminar el déficit operativo de las empresas), a la provisión de este servicio de forma gratuita a los estudiantes, tal como ocurre en ciudades de Bélgica y Holanda).

## **2.2 Elasticidades en el transporte público.**

Con respecto a las elasticidades en el sector transporte, Litman (2004) señala que las mismas son una función del tipo de usuario del sistema de transporte (dependiente o eventual), del tipo de viaje realizado (periódico o eventual), de la conformación urbana (ciudad extendida o compacta), del tipo de valor del cambio (cambio en la tarifa o en la calidad del servicio) y de la dirección de los cambios (incremento o reducción). Puntualiza a su vez que los cálculos de elasticidades son empleados para estimar los efectos en los ingresos y en la cantidad de pasajeros transportados por los sistemas de transporte público como resultado de cambios registrados en las tarifas. Además, se emplean para predecir cómo los cambios en el servicio de transporte afectarán el tránsito vehicular y las emisiones de contaminantes, pudiendo contribuir a la evaluación de los impactos y los beneficios de las estrategias de gestión de la movilidad, tales como la implementación de nuevos servicios de transporte y el cobro de peajes y tarifas de estacionamiento. Finalmente, este autor informa sobre diferentes estudios realizados sobre elasticidad precio en el transporte público.

Por su parte Sartori (2006) reporta el análisis de las elasticidades precio de la demanda, tiempo de viaje y tiempo de espera para los distintos modos de transporte urbano de la ciudad de Córdoba, Argentina

En todos estos casos, los antecedentes relevados de análisis de elasticidades en el sector transporte no abordan el vínculo entre la demanda de transporte y las condiciones socioeconómicas de la población, tal cual se plantea en el presente artículo.

---

<sup>4</sup> La SUBE (Sistema Único de Boleto Electrónico) es una tarjeta magnética emitida por el Ministerio del Interior y Transporte de la Nación, que comenzó a implementarse en el año 2011 que permite a los usuarios abonar con un solo medio de pago viajes en colectivos, subtes y trenes adheridos a la red SUBE.

### **2.3 Dependencia espacial.**

La dependencia o autocorrelación espacial que aparece como consecuencia de la existencia de una relación funcional entre lo que ocurre en un punto determinado del espacio y lo que ocurre en otro lugar, es utilizada por Yarasca (2015) para analizar la producción y atracción de viajes asociadas a las zonas de tránsito en la ciudad de Lima, presentada como parte de las técnicas de Análisis Exploratorio de Datos Espaciales (AEDE). Por otra parte, Alamá-Sabater et al (2011), informan sobre la utilización de análisis de autocorrelación espacial para evaluar la influencia de la conectividad del transporte sobre los flujos comerciales entre regiones. Finalmente, Celemín (2010), presenta un estudio de carácter metodológico sobre autocorrelación espacial, con el objetivo de resaltar la utilidad de este procedimiento, detallando su estructura y funcionamiento por medio de un ejemplo aplicado a los departamentos de la Provincia de Santa Cruz, Argentina. Gomez Lobo - Echenique (2009) analiza la incidencia de los subsidios al transporte público en Santiago, Chile, los cuales comprenden transferencias directas y focalizadas de distribución, además de otros mecanismos tradicionales de subsidio a la oferta. El autor señala que la mayor parte de los subsidios al transporte otorgados en países en desarrollo se fundamentan en cuestiones sociales o de equidad sin que exista la certeza de que las políticas implementadas estén logrando los objetivos planteados. Para el caso analizado demuestra que el uso del sistema general de bienestar para distribuir subsidios al transporte es mucho más efectivo que los subsidios a la oferta tradicionales en función de que estos últimos no tienen buenas propiedades de focalización y en algunos casos son considerablemente regresivos. Destaca la importancia de profundizar los esfuerzos para analizar, diseñar e implementar subsidios sociales en el sector de transporte.

## **3. CASO DE ESTUDIO.**

### **3.1 La ciudad de Córdoba y el sistema de movilidad.**

El caso de estudio se sitúa en la ciudad de Córdoba, capital de la provincia homónima ubicada en la región central de la República Argentina. Esta ciudad, con 1.330.023 habitantes y una superficie de 576 kilómetros cuadrados es la cabecera de una extensa región metropolitana e importante centro cultural, financiero, económico y educacional. La tasa de crecimiento poblacional en el período 2001-2010 fue del 3,5% en tanto que las localidades del área metropolitana crecieron hasta un 30%, resultado de un fuerte proceso de migración hacia localidades próximas a la ciudad capital. El sistema de movilidad de la ciudad presenta una problemática de creciente complejidad: el crecimiento del parque automotor ligado a la dependencia del automóvil originada en la expansión de la zona urbanizada, ocasiona graves problemas de congestión cuya solución se afronta principalmente con la construcción de costosa infraestructura vial, agravándose de este modo otras externalidades asociadas al uso del transporte individual. Este modelo urbano en conjunto con la configuración radial de los corredores, con la mayor parte de las líneas atravesando el área central, impacta en la operación del transporte público en términos de bajas velocidades comerciales. Según

datos de la Encuesta de Origen y Destino de Viajes del año 2009, un 25% de los viajes se realizaba en automóvil en tanto que el transporte público concentraba el 33%.

El sistema de transporte público opera bajo un régimen de concesión zonal. A la fecha prestan servicios tres concesionarios privados y un operador estatal. En el año 2016 el sistema tenía una flota de 833 ómnibus y 40 trolebuses, transportaba 182.407.533 pasajeros anuales y el índice pasajero / kilómetro promedio era de 3,07 [pas / km]. En términos generales el servicio urbano se caracteriza por una buena cobertura espacial y buena accesibilidad con relación a la distancia de caminata a las paradas. Las unidades presentan buenas condiciones de mantenimiento, con una antigüedad media de la flota de 3,3 años. La estructura tarifaria está compuesta por cinco tipos de tarifa de acuerdo al tipo de servicio: regular, anular, barrial, multietapa y especial. La tarifa regular es una tarifa plana para todos los recorridos de ómnibus que atraviesan el área central. A partir del mes de diciembre de 2016, el valor de dicha tarifa se fijó en \$Arg12,55 (aprox. U\$S0.74). Considerando que un 36% y un 24% de los viajes en transporte público son motivados por trabajo y estudio respectivamente, la incidencia del gasto en transporte en los ingresos familiares resulta significativa.

### **3.2 Descripción del sistema de subsidios al transporte público en la ciudad de Córdoba.**

La operación del transporte urbano de la ciudad de Córdoba se financia a través un complejo esquema de subvenciones, compuesto por asistencias otorgadas por los tres niveles de gobierno: municipal, provincial y nacional. Algunas de estas subvenciones son conferidas a los prestadores de manera directa mientras que otras se focalizan en los clientes con la forma de subsidios directos o cruzados.

Un primer grupo de subsidios a la oferta es conferido por el gobierno nacional. El SISTAU<sup>5</sup> otorgaba reembolsos a los operadores por la disminución de ingresos derivada del congelamiento de tarifas. A fines del año 2002, se agregó la provisión de gasoil a las empresas a precios inferiores a los de mercado. A partir del año 2004, entró en vigencia la Compensación Complementaria Provincial (CCP)<sup>6</sup> destinada a complementar la insuficiencia de los fondos provistos por el SISTAU, permitiendo a los operadores afrontar el impacto de los costos laborales y la reposición de los vehículos.

El gobierno provincial implementó otro paquete de subsidios directos dirigidos a la demanda con el objeto de facilitar el acceso al transporte público a diferentes segmentos de la población. Estos subsidios son aportados por la provincia sobre la base de desembolsos destinados a tarifas diferenciales no transferibles. Se encuentran vigentes tres programas de subsidios, los cuales son usualmente llamados por sus acrónimos: BOS, BAM y BEG<sup>7</sup>.

En este trabajo se analiza el Boleto Educativo Gratuito (BEG) el cual está destinado a estudiantes, docentes y personal auxiliar de todos los niveles educativos con residencia a una distancia mayor

---

<sup>5</sup> SISTAU: Acrónimo para “Sistema Integrado de Subsidios al Transporte Automotor”, financiado a través de un impuesto del 18.5% sobre el precio de mercado del gasoil.

<sup>6</sup> CCP: Acrónimo para “Régimen de Compensación Complementaria Provincial”, financiado con fondos del Tesoro Nacional.

<sup>7</sup> Boleto Obrero Social (BOS); Boleto Adulto Mayor (BAM); Boleto Educativo Gratuito (BEG)

a diez cuadras<sup>8</sup> del centro educacional donde estudian o trabajan, abarcando el 100% del precio del boleto. El BEG, implementado en el año 2012, inicialmente permitía utilizar la tarjeta gestionada por el beneficiario para realizar viajes en una única empresa. A partir de los primeros meses de 2017, otorga una tarjeta multiempresa que permite viajar en cualquiera de las líneas del sistema. Además, existe un límite de dos a cuatro viajes diarios, lo cual redundará en que las empresas cobrarán por viajes efectivamente realizados. Este subsidio, focalizado en el sistema educativo de la provincia, cumple un rol importante en proveer acceso a la educación. Sin embargo, podría estar involucrando serios errores de inclusión dado que no considera el nivel socioeconómico de la población receptora.

## **4 METODOLOGÍA.**

### **4.1 Descripción de la base de datos utilizada.**

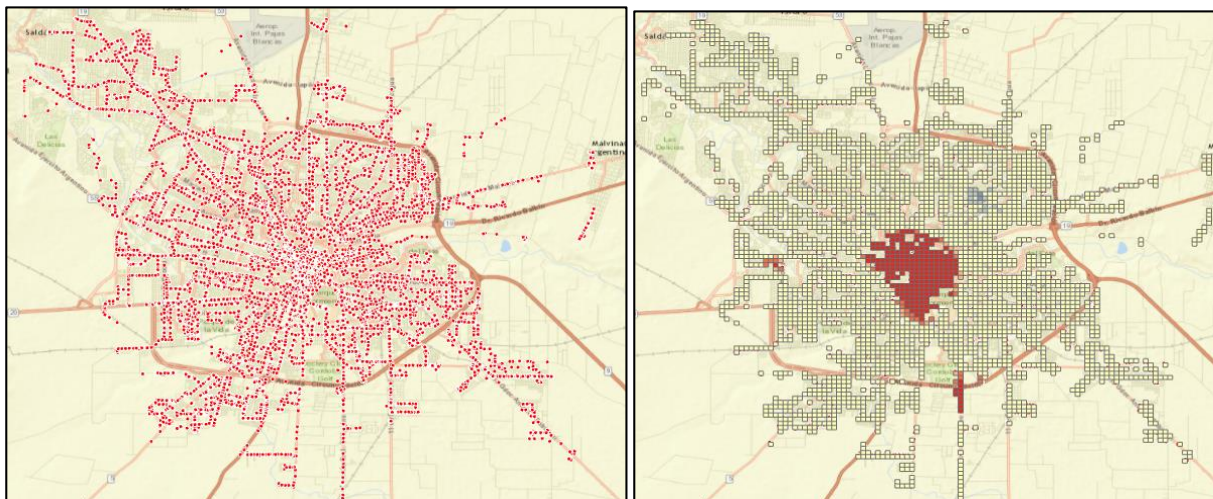
La base de datos utilizada se conformó mediante dos fuentes de información diferentes. En primer lugar, se utilizó información georreferenciada de la utilización del servicio de transporte urbano masivo, relevada por la Municipalidad de la Ciudad de Córdoba. El pliego de condiciones para la provisión del servicio de transporte urbano masivo de pasajeros exige la instalación de un sistema magnético de abordaje a las unidades. Cada unidad está equipada con una tickeadora que descuenta el saldo correspondiente al boleto al momento de abordar la unidad. Mediante un sistema de GPS (global positioning system) incorporado a las unidades, el acceso de cada pasajero queda georreferenciado. Además, el sistema registra si la tarjeta utilizada para acceder a las unidades cuenta con algún tipo de subsidio a la demanda. Para este estudio la Municipalidad de la Ciudad de Córdoba colaboró con la entrega de la información relativa a un código generado aleatoriamente, el cual identifica cada tarjeta magnética reservando los datos personales de los usuarios del sistema, en donde se indicaba la fecha y hora de acceso a las unidades, las coordenadas y el tipo de subsidio implicado, en caso de que existiera alguno. Los datos corresponden a la segunda semana del mes de noviembre de 2016 y consisten de más de tres millones de observaciones.

Sobre esta base de datos se seleccionó el primer viaje del día para cada tarjeta, tomado como aproximación del viaje de origen. Luego de esta modificación, las observaciones se redujeron a 1.574.210 (de las cuales 201.830 corresponden a viajes con alguno de los subsidios analizados). Esta base de datos se colapsó por radio censal, aplicando como criterio de agregación la suma de todos los viajes de origen por cada polígono, utilizando la estructura de radios censales del Censo 2010 (último realizado en Argentina), quedando un total de 1.272 observaciones en la base de datos. Finalmente, se incluyó en la base de datos la información publicada sobre características socioeconómicas a nivel de radio censal correspondiente al Censo 2010.

Las Figuras 1 y 2 muestran la distribución geográfica de los orígenes de viajes subsidiados en relación a variables socioeconómicas

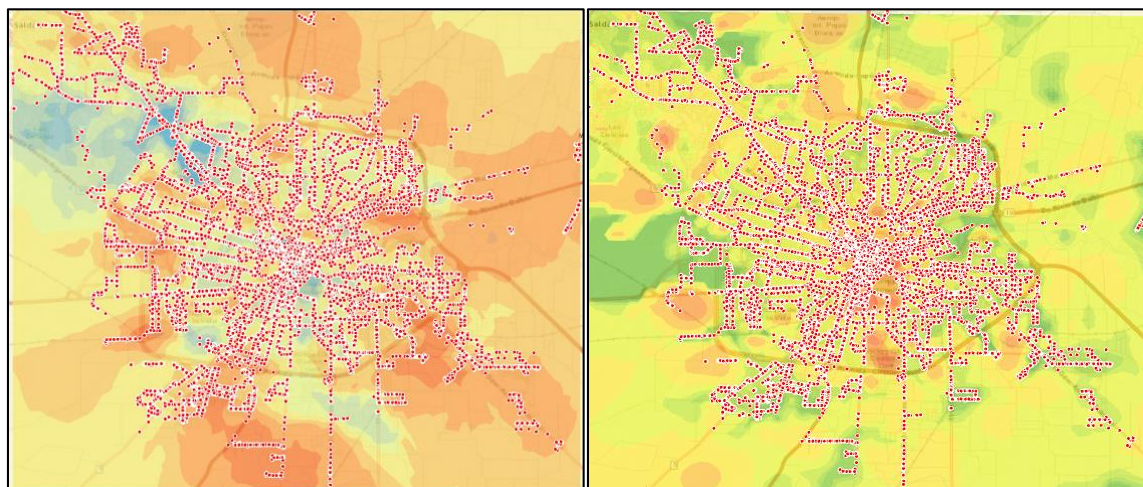
---

<sup>8</sup> Una cuadra equivale a 100 metros



Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Municipalidad de Córdoba.

**Figura 1 – Viajes de origen del sistema de transporte urbano de pasajeros para usuarios con subsidio al boleto educativo (izquierda) y “hot-spots” de acceso al sistema (derecha)**



Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Municipalidad de Córdoba y del Censo Nacional 2010.

Nota: El color rojo indica un valor más elevado de la variable analizada.

**Figura 2 – Viajes de origen del sistema de transporte urbano y zonas según proporción de hogares con necesidades básicas insatisfechas (izquierda) y zonas según valuación fiscal de la tierra (derecha)**

#### 4.2 Estimación de elasticidades.

Siguiendo los objetivos planteados en este trabajo se estimarán elasticidades para captar la sensibilidad de la intensidad en la utilización del subsidio BEG en nivel Primario, Secundario y Universitario en relación a tres variables consideradas relevantes para analizar la efectividad de la política pública:

- **Elasticidad de la intensidad en la utilización del subsidio respecto a la proporción de hogares con al menos una necesidad básica insatisfecha en cada radio censal:** Si la política de subsidios apunta a lograr un mayor grado de equidad en el acceso al transporte público masivo y a generar un mayor nivel de conectividad en aquellas zonas en donde se concentran los hogares de menores ingresos, se espera que la relación entre ambas variables sea directa.
- **Elasticidad de la intensidad en la utilización del subsidio respecto a la densidad poblacional en cada radio censal:** Dada la distribución de la población en la Ciudad de Córdoba, en donde la densidad poblacional disminuye a medida que la distancia al centro aumenta, se espera que exista una relación negativa entre ambas variables ya que se supone que la demanda por transporte público masivo es mayor conforme mayores son las distancias.
- **Elasticidad de la intensidad en la utilización del subsidio con respecto a la cantidad de personas que califican para acceder al subsidio en cada radio censal:** Se espera una relación directa entre ambas variables.

Se estimará la ecuación (1) en base al modelo de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO):

$$\ln(BEG) = \beta_0 + \beta_1 \ln(densidad) + \beta_2 \ln(nbi) + \beta_3 \ln(pob\_objetivo) + u \quad (1)$$

BEG es el vector que recoge la cantidad de viajes que utilizan el boleto educativo gratuito en el radio censal  $i$  sobre la cantidad de viajes totales en el radio censal  $i$ ; densidad es un vector que expresa la cantidad total de personas dentro del radio censal  $i$  sobre la cantidad de  $\text{km}^2$  del área del radio censal  $i$ ; nbi es un vector que detalla la cantidad de hogares con al menos una necesidad básica insatisfecha<sup>9</sup> dentro del radio censal  $i$  sobre la cantidad total de hogares en el radio censal  $i$ ; pob\_objetivo es un vector con la cantidad actual de personas que reúnen las condiciones para acceder al subsidio dentro del radio censal  $i$  sobre la cantidad total de personas dentro del radio censal  $i$ , que pueden ser estudiantes de nivel inicial (primario), nivel medio (secundario) o nivel superior (universitario);  $u$  es un vector que informa sobre el término de error estocástico.

---

<sup>9</sup> El concepto necesidades básicas insatisfechas contempladas por el Instituto de Estadísticas y Censos de la República Argentina permite la medición de la pobreza estructural (que excede a la pobreza de ingresos), enfocándose el análisis de la pobreza en cuanto a la privación de necesidades materiales esenciales. Estas necesidades básicas se consideran insatisfechas cuando:

- Vivienda: es el tipo de vivienda que habitan los hogares que moran en habitaciones de inquilinato, hotel o pensión, viviendas no destinadas a fines habitacionales, viviendas precarias y otro tipo de vivienda. Se excluye a las viviendas tipo casa, departamento y rancho.
- Condiciones sanitarias: incluye a los hogares que no poseen retrete.
- Hacinamiento: es la relación entre la cantidad total de miembros del hogar y la cantidad de habitaciones de uso exclusivo del hogar. Operacionalmente se considera que existe hacinamiento crítico cuando en el hogar hay más de tres personas por cuarto.
- Capacidad de subsistencia: incluye a los hogares que tienen cuatro o más personas por miembro ocupado y que tienen un jefe no ha completado el tercer grado de escolaridad primaria



Dado que las variables están expresadas en forma logarítmica, los coeficientes estimados pueden interpretarse como una elasticidad, ya que al diferenciar la ecuación (1) se obtiene la siguiente expresión:

$$\frac{\partial BEG}{BEG} = \beta_1 \frac{\partial \text{densidad}}{\text{densidad}} + \beta_2 \frac{\partial nbi}{nbi} + \beta_3 \frac{\partial \text{pob\_objetivo}}{\text{pob\_objetivo}} \quad (2)$$

Por lo tanto, si asumimos que sólo cambia una de las variables, por ejemplo, la densidad, tendremos que el coeficiente estimado para esta variable representa el cambio porcentual en la variable BEG ante un incremento porcentual de la variable densidad, tal como puede apreciarse en la ecuación (3):

$$\beta_1 = \frac{\frac{\partial BEG}{BEG}}{\frac{\partial \text{densidad}}{\text{densidad}}} \quad (3)$$

### 4.3 Pruebas de hipótesis para verificar dependencia espacial.

Sobre el modelo de regresión estimado se realizaron una serie de pruebas de hipótesis para verificar la existencia de dependencia espacial que pueda sesgar el valor de los coeficientes estimados. El primer test fue el  $I$  de Moran, que consiste en aplicar sobre los residuos del modelo inicial, el estadístico definido por ecuación (4).

$$I = \frac{n \hat{u}'W\hat{u}}{S_0 \hat{u}'\hat{u}} \quad (4)$$

donde  $n$  es la cantidad de observaciones,  $W$  es la matriz de pesos espaciales construida mediante un criterio geográfico de contigüidad que considera vecinos a aquellos radios censales que comparten al menos un límite,  $S_0$  es la suma de todos los elementos de  $W$ , y  $\hat{u}$  es el vector de residuos del modelo estimado por MCO. Dado que la matriz  $W$  se estandarizó por filas, el término  $n/S_0$  es ignorado. La hipótesis nula del test es que no existe auto-correlación espacial.

Por otro lado, se evaluó la presencia de auto-correlación espacial en el término de error o en la variable dependiente, aplicando un conjunto de contrastes que resultan de la aplicación del principio de máxima verosimilitud mediante multiplicadores de Lagrange ( $LM$ ) (Burrige, 1980). La ventaja de la aplicación de estos contrastes es que en el test  $I$  de Moran el rechazo de la hipótesis nula no brinda demasiada información sobre el modelo a especificar para corregir la auto-correlación espacial. Los multiplicadores de Lagrange, en cambio, tienen la ventaja de definir de manera más restringida la hipótesis alternativa (Herrera, 2015).

El primer contraste mediante multiplicadores de Lagrange asume que existe auto-correlación espacial en el término de error, asumiendo que el error estimado en el modelo MCO está sujeto a al proceso  $u = \rho Wu + \varepsilon$ , en donde  $\rho$  es el parámetro espacial auto-regresivo,  $W$  es la matriz de pesos espaciales descrita anteriormente y  $\varepsilon$  es un vector de innovaciones con media nula y varianza

constante (Herrera, 2015). El contraste  $LM_{error}$  (Ec. 5) para detectar la presencia de autocorrelación en el término de error, establece como hipótesis nula que  $\rho$  es igual a cero (Anselin&Florax, 1995).

$$LM_{error} = \frac{1}{T_1} \left[ \frac{\hat{u}'W\hat{u}}{\left(\frac{\hat{u}'\hat{u}}{n}\right)} \right]^2 \sim X_{(1)}^2 \quad (5)$$

$$\text{Donde: } T_1[(W' + W)W]' \quad (6)$$

El segundo contraste mediante la aplicación de multiplicadores de Lagrange consiste en asumir que el modelo tiene una estructura espacial sustantiva, incorporando como variable independiente a un rezago espacial de la variable dependiente, como se observa en la ecuación (7):

$$\ln(BEG) = \beta_0 + \lambda W \ln(BEG_{lag}) + \beta_1 \ln(densidad) + \beta_2 \ln(nbi) + \beta_3 \ln(pob\_objetivo) + u \quad (7)$$

donde  $\lambda$  es un parámetro espacial auto-regresivo,  $W$  es la matriz de pesos espaciales y  $u$  se supone distribuido con media igual a cero y varianza constante. El contraste  $LM_{lag}$  para la detección de dependencia espacial sustantiva plantea como hipótesis nula que  $\lambda=0$  y el estadístico se construye según la siguiente expresión (Anselin&Florax, 1995).

$$LM_{lag} = \frac{\left[ \frac{\hat{u}'Wy}{\left(\frac{\hat{u}'\hat{u}}{n}\right)} \right]^2}{nJ_{\lambda\beta}} \sim X_{(1)}^2 \quad (8)$$

$$\text{Donde: } J_{\lambda\beta} = \frac{(WX\hat{\beta})'(I-X(X'X)^{-1}X')(WX\hat{\beta})' + [(W'+W)W]' \left(\frac{\hat{u}'\hat{u}}{n}\right)}{n\left(\frac{\hat{u}'\hat{u}}{n}\right)} \quad (9)$$

donde,  $X$  es una matriz de variables independientes;  $y$  es un vector de valores correspondientes a la variable dependiente y  $\beta$  es el vector de coeficientes estimados.

Siguiendo a Herrera (2015), los contrastes basados en la aplicación de multiplicadores de Lagrange tienen la debilidad de ser sensibles a diferentes errores de especificación. “*Por ejemplo, el  $LM_{error}$  detecta auto-correlación espacial debido a la presencia de un rezago espacial de la variable endógena ( $Wy$ ), y lo mismo puede decirse del  $LM_{lag}$ , que brinda falsos positivos cuando el término de error contiene un rezago espacial ( $Wu$ )*” (Herrera, 2015). Para subsanar estos inconvenientes, se utilizan dos estimadores robustos (Ec. 10 y Ec. 11).

$$LM_{error}^* = \frac{1}{[T_1 - T_1^2(nJ_{\lambda\beta})^{-1}]} \left[ \frac{\hat{u}'W\hat{u}}{\left(\frac{\hat{u}'\hat{u}}{n}\right)} - T_1(nJ_{\lambda\beta})^{-1} \frac{\hat{u}'Wy}{\left(\frac{\hat{u}'\hat{u}}{n}\right)} \right]^2 \sim X_{(1)}^2 \quad (10)$$

$$LM_{lag}^* = \frac{\left[ \frac{\hat{u}'Wy}{\left(\frac{\hat{u}'\hat{u}}{n}\right)} - \frac{\hat{u}'W\hat{u}}{\left(\frac{\hat{u}'\hat{u}}{n}\right)} \right]^2}{nJ_{\lambda\beta} - T_1} \sim X_{(1)}^2 \quad (11)$$

## 5 RESULTADOS.

Las ecuaciones (12), (13) y (14) muestran los modelos inicialmente aplicados para estimar las elasticidades de la intensidad en la utilización los subsidios para población objetivo (estudiantes primarios, secundarios y universitarios, respectivamente).

$$\ln(BEG_{primario}) = \beta_0 + \beta_1 \ln(densidad) + \beta_2 \ln(nbi) + \beta_3 \ln(estudiantes_{primaria}) + u \quad (12)$$

$$\ln(BEG_{secundario}) = \alpha_0 + \alpha_1 \ln(densidad) + \alpha_2 \ln(nbi) + \alpha_3 \ln(estudiante_{secundaria}) + u \quad (13)$$

$$\ln(BEG_{universit}) = \theta_0 + \theta_1 \ln(densidad) + \theta_2 \ln(nbi) + \theta_3 \ln(estudiantes_{universit.}) + u \quad (14)$$

donde las variables *densidad* y *nbi* son las definidas anteriormente, mientras que la variable *pob\_objetivo* en la ecuación (12) (BEG primario) representa la cantidad de personas de entre 6 y 12 años de edad<sup>10</sup>, en relación al total de personas en cada radio censal; en la ecuación (13) (BEG secundario), se consideró una estimación de las personas entre 13 y 17 años sobre el total de personas en el radio censal; y finalmente en la ecuación (14) (BEG universitario), no se ha contemplado esta elasticidad, dado el amplio rango en las edades de las personas que concurren a este nivel educativo<sup>11</sup>. Es importante destacar que lo óptimo hubiera sido considerar la cantidad de estudiantes por cada nivel en cada radio censal (es decir, personas que actualmente asisten a un establecimiento educativo). Lamentablemente, la información censal disponible data del año 2010, por lo que se optó por considerar la población en edad escolar estimada al año 2017, en base a la información censal de 2010 y las proyecciones de crecimiento poblacional realizadas por el Instituto de Estadísticas y Censos de la República Argentina.

Los resultados de los contrastes de hipótesis para verificar existencia de auto-correlación espacial (Ec. 10 y 11 - sección 4.3) se resumen en la Tabla 1. Puede apreciarse que de acuerdo al valor del estadístico *I* de Moran existe dependencia espacial para los tres casos, lo cual introduce sesgos en la estimación MCO que deben ser corregidos.

<sup>10</sup> Poblaciones estimadas en base al Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas de 2010.

<sup>11</sup> Se probó el modelo con una población objetivo entre 18 y 26 años y no es una variable significativa.

**Tabla 1. Contraste de hipótesis para verificar auto-correlación espacial**

Estadístico	BEG Secundario	BEG Primario	BEG Universitario
<i>I</i> de Moran	5,0540**	3,4190**	5,7140**
$LM_{error}^*$	1,1650	5,3990**	34,0380**
$LM_{lag}^*$	9,4710**	0,9850	12,7410**

Notas: \*\* significativo al 99%.  
Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Municipalidad de Córdoba y el Censo Nacional 2010.

Los multiplicadores de Lagrange indican que el BEG secundario presenta una estructura espacial sustantiva, es decir, los valores de la variable dependiente en los radios censales vecinos afectan el valor que asume la variable dependiente en el radio censal  $i$ ; además, podemos afirmar que para este subsidio no existe auto-correlación espacial en el término de error. De esta forma, el modelo a aplicar para corregir el sesgo de auto-correlación espacial es el mostrado en Ec. 15 denominado *Spatial Lag Model* (SLM):

$$\ln(BEG_{secundario}) = \alpha_0 + \lambda W \ln(BEG_{secundario_{lag}}) + \alpha_1 \ln(densidad) + \alpha_2 \ln(nbi) + \alpha_3 \ln(estudiantes_{secundaria}) + u \quad (15)$$

En el caso del BEG primario los multiplicadores de Lagrange indican que existe auto-correlación en el término del error, mientras que no se detecta una estructura espacial sustantiva. Por lo tanto, para la corrección de este sesgo se aplica el modelo denominado *Spatial Error Model* (SEM), que estima en dos etapas las siguientes ecuaciones:

$$\ln(BEG_{primario}) = \beta_0 + \beta_1 \ln(densidad) + \beta_2 \ln(nbi) + \beta_3 \ln(estudiantes_{primaria}) + u \quad (16)$$

$$u = \rho W u + \varepsilon$$

Finalmente, para el BEG universitario, se detecta simultáneamente la presencia de autocorrelación en el término de error y una estructura espacial sustantiva, por lo tanto, se deben aplicar las dos correcciones desarrolladas anteriormente. Esto se logra mediante la aplicación del modelo comúnmente conocido como SARAR, que hace referencia a *spatial autoregressive model with autoregressive disturbances of order* (Anselin & Florax, 1995). En la Tabla 2 pueden apreciarse, de manera conjunta, los resultados estimados mediante MCO para cada tipo de subsidio, junto con las correcciones propuestas en cada caso para el tratamiento de los sesgos de auto-correlación espacial.

**Tabla 2. Comparación de modelos corregidos en cada tipo de subsidio.**

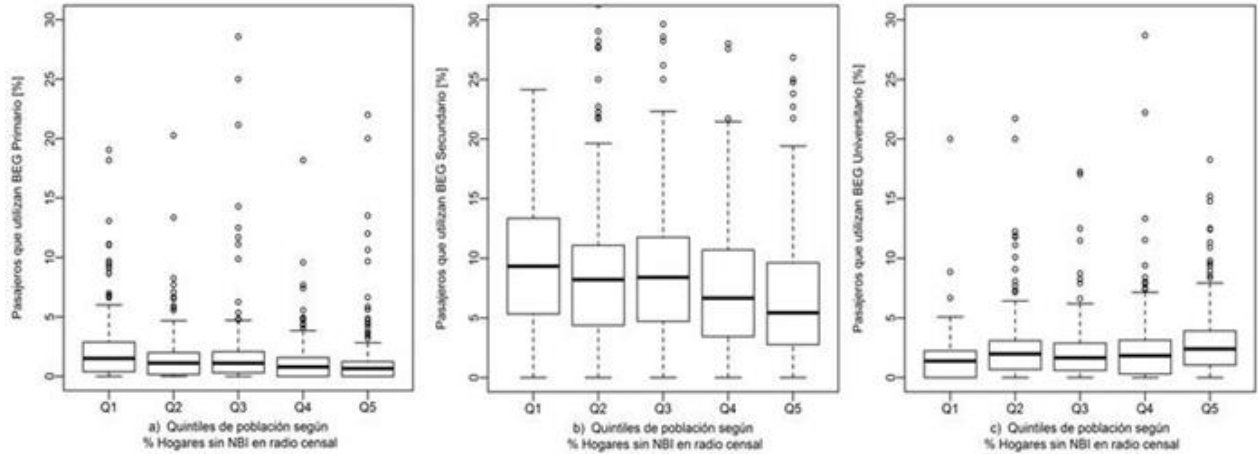
Variables / Modelo	BEG Primario		BEG Secundario		BEG Universitario	
	MCO	SEM	MCO	SLM	MCO	SARAR
ln(BEG)						
ln(densidad)	-0,4552**	-0,4564**	-0,0710**	-0,0919**	-0,3919**	-0,3049**
ln(nbi)	0,1013**	0,0823**	0,0595**	0,0597**	0,0823**	-0,0481
ln(pob_objetivo)	-0,1874	-0,1880	0,1748**	0,1862**		
Constante	-3,8665**	-3,9401**	-2,4312**	-2,1127**	-4,7624**	-6,1835**
$\lambda$				0,0162**		0,0202**
$\rho$		0,3532**				0,0701**
R <sup>2</sup>	0,45		0,52		0,12	
R <sup>2</sup> ajustado	0,42		0,49		0,10	
Wald Chi <sup>2</sup>		78,677**		103,4780**		22,8254**

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Municipalidad de Córdoba y del Censo Nacional 2010.

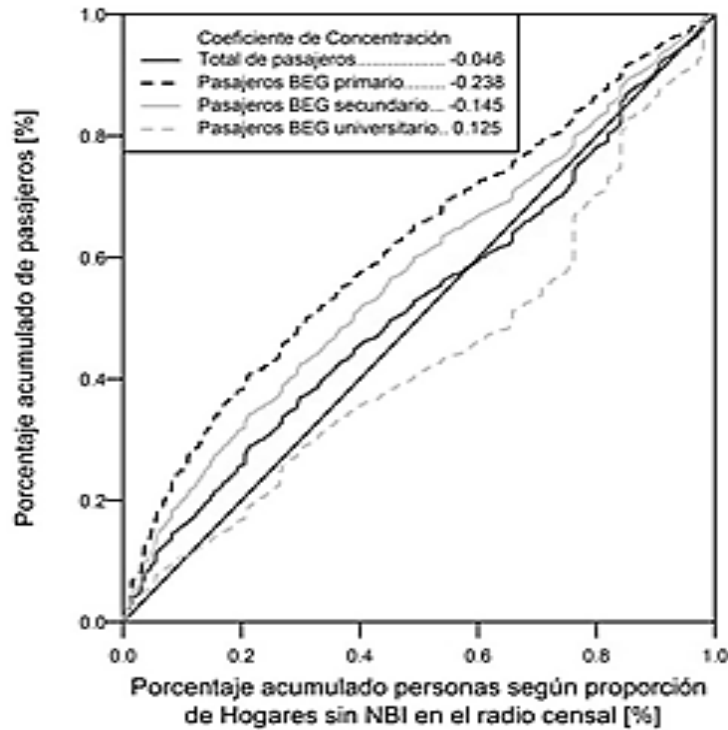
Nota: \*\* = Significativo a un nivel de confianza del 99%.

Los resultados presentados en la Tabla 2 muestran que la densidad poblacional es significativa en todos los casos, no así las Necesidades Básicas Insatisfechas y la población objetivo. Podemos afirmar que la intensidad de uso de los boletos con subsidio decrece a medida que aumenta la densidad de población de los radios censales, siendo mayor esa variación para el caso del BEG primario. Otro aspecto a destacar es que en el caso del BEG primario y secundario podemos afirmar el uso aumenta de forma directa respecto al porcentaje de hogares que presentan alguna necesidad básica insatisfecha. Esto es coherente con la distribución del uso de los diferentes tipos de boletos (Figura 3) y las curvas de concentración (Figura 4). Se destaca que el BEG primario (línea punteada negra en Fig.4) presenta una marcada concentración entre la población localizada en los radios censales con mayores proporciones de hogares con NBI, con una curva por encima de la recta 45 grados de equidad y con el mayor valor absoluto del coeficiente de concentración. En el otro extremo se encuentra el BEG universitario (línea punteada color gris en Fig. 2) indicando que el mayor uso de este subsidio lo recibe la población localizada en los radios censales con menores proporciones de necesidades básicas insatisfechas. La Figura 3 muestra claramente que el subsidio más utilizado es BEG secundario, alcanzando un valor promedio cercano al 10% de los pasajes en el primer quintil, mientras el BEG primario y universitario no llegan al 5%. Posiblemente la explicación de estos valores sea que una elevada proporción de los niños en edad escolar primaria asisten a escuelas localizadas próximas al hogar y por otro lado los alumnos universitarios representan una baja proporción de la población.

Los resultados muestran que las mayores correcciones (modelos SLM, SEM y SARAR en Tabla 2) se producen en la variable densidad, siendo que para el caso del BEG secundario aumenta el valor absoluto y para el BEG universitario se reduce respecto del modelo de MCO. Finalmente, podemos mencionar que el coeficiente  $\lambda$ , que capta la intensidad de la auto-correlación espacial entre radios censales vecinos es significativo tanto en el caso del BEG secundario como universitario, y el coeficiente  $\rho$ , que capta la intensidad de la auto-correlación espacial en el término de error, también es significativo.



**Figura 3 – Distribución del uso de boletos con subsidio según quintiles de la población ordenados por proporción de hogares con al menos una necesidad básica insatisfecha. a) BEG primario, b) BEG secundario, c) BEG universitario.** Fuente: Elaboración propia.



Nota: Hacia la derecha aumenta la proporción de hogares que no tienen necesidades básicas insatisfechas.  
**Figura 4 – Curvas de concentración del uso de boletos con subsidio y población ordenada según proporción de hogares con al menos una necesidad básica insatisfecha en cada radio censal.** Fuente: Elaboración propia.

## 6 CONCLUSIONES.

Se ha realizado un análisis de la relación entre la intensidad en la utilización del subsidio al transporte urbano masivo y tres variables seleccionadas con el objetivo de caracterizar la efectividad de esta política pública: la densidad poblacional, la proporción de hogares con al menos una necesidad básica insatisfecha y la población que está en condiciones de acceder al subsidio. La metodología aplicada hace foco en aspectos territoriales, mediante la utilización de modelos econométricos con correcciones de sesgos para captar la influencia de la distribución, interrelación y autocorrelación de las variables en el espacio. A tal fin, se aplicó un modelo de regresión logarítmica mediante el método de mínimos cuadrados ordinarios con el objetivo de interpretar los coeficientes estimados como elasticidades, pero se corrigió la estimación ante la detección de sesgos de auto-correlación espacial, entendidos como aquella situación en donde los resultados observados en zonas aledañas se afectan mutuamente.

Bajo este marco metodológico, los resultados indican que la intensidad en la utilización del subsidio al transporte es positiva e inelástica en relación a la proporción de hogares con al menos una necesidad básica insatisfecha para los niveles primario y secundario. Es decir, que a medida que aumenta la concentración de hogares con dificultades socio-económicas en una determinada zona, también aumenta la utilización del subsidio al transporte a estos niveles educativos, pero lo hace menos que proporcionalmente. Esta situación indica que el subsidio está llegando a los hogares más vulnerables, pero no en una magnitud que permita cubrir a toda la población objetivo que se encuentra en dicha situación. En el nivel universitario el coeficiente estimado para captar la sensibilidad en la utilización del subsidio en relación a la proporción de hogares con al menos una necesidad básica insatisfecha es negativo, pero no significativo. Sin embargo, al analizar las curvas de concentración entre ambas variables se puede apreciar que este subsidio es más intensamente utilizado en aquellas zonas de la ciudad en donde la proporción de hogares con necesidades básicas insatisfechas es menor.

Respecto a la relación entre la densidad poblacional y la intensidad en la utilización del subsidio al transporte, se observa una relación inversa. Es decir, a medida que aumenta la densidad en un radio censal, la utilización del subsidio es menos intensa. Esta situación se verifica para todos los niveles educativos y es más pronunciada para el nivel primario, posiblemente debido a una distribución más homogénea de las escuelas primarias en el territorio urbano. Además, los radios censales más alejados del centro de la ciudad son los menos densamente poblados, y esta correlación entre distancia y densidad puede explicar parte de la relación inversa entre densidad y utilización del subsidio, bajo el supuesto de que el sistema de transporte es más utilizado por aquellas personas que deben realizar trayectos extensos.

Por último, la relación entre la concentración de población en condiciones de acceder al subsidio al boleto para estudiantes secundarios (personas entre 13 y 17 años, inclusive) es positiva, aunque inelástica, indicando que la utilización del boleto gratuito es mayor en aquellas zonas en donde hay una mayor proporción de personas en edad escolar, pero esta relación es decreciente mientras mayor es la concentración de jóvenes en dicha franja etaria. La situación es opuesta con relación a los estudiantes primarios, en donde se aprecia que mientras crece la proporción de personas de entre 6 y 12 años, la intensidad en la utilización del subsidio es menor, aunque a tasas decrecientes. Esta situación puede deberse al hecho, previamente mencionado, que las escuelas primarias presentan una distribución más homogénea.

Esta investigación debe abordarse como una primera aproximación al estudio de la dinámica territorial de los subsidios al transporte público en la Ciudad de Córdoba, quedando abiertos numerosos interrogantes originados en los resultados obtenidos. La interpretación de las magnitudes y los signos de las elasticidades estimadas requieren de la aplicación de algunos supuestos que deberán ser sometidos a prueba, indicando una de las posibles direcciones en que se debe avanzar en el estudio de esta problemática en investigaciones futuras. Una de las principales limitaciones del análisis consiste en el supuesto de que el usuario del sistema reside en el radio censal en donde aborda la unidad, lo cual no necesariamente debe verificarse. Además, la utilización de información censal correspondiente al año 2010 (última disponible) no está reflejando la situación actual de las zonas en donde se originan los viajes y no permite captar la información de las zonas urbanas que mayor dinámica han mostrado durante los últimos años.

## **FINANCIAMIENTO**

El presente artículo sintetiza los resultados preliminares alcanzados por el equipo de investigación en el marco del proyecto titulado “Subsidios en el Transporte Público Urbano en la ciudad de Córdoba: uso de modelo de simulación en la evaluación de aspectos distributivos”, que cuenta con aval y financiamiento de la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Córdoba (período 2016-2017).

## **REFERENCIAS**

Alamá-Sabater, Márquez-Ramos y Suárez-Burguet (2011) La relación entre el Comercio Interregional y la conectividad del transporte en España. Un análisis de dependencia espacial. **Revista de Economía y Estadística** - Vol. XLIX, N° 1 (2011) - pp. 7-32.

Anselin, L. y R. Florax (1995). Small sample properties of tests for spatial dependence in regression models: some further results. En L. Anselin and R. Florax (eds.) **New Directions in Spatial Econometrics**, pp. 21–74. Berlin: Springer-Verlag.

ASAP (2014) **Subsidios y Compensaciones Tarifarias en Transporte**. Documento de Trabajo. Asociación Argentina de Presupuesto (ASAP). Buenos Aires, Argentina.

Burridge, P. (1981). Testing for a common factor in a spatial autoregression model. **Environment and Planning A**, 13(7), 795-800.

Castro, L. y Szenkman, P. (2012) **El ABC de los subsidios al transporte**. Documento de Trabajo 102. Centro de Implementación de Políticas Públicas para la Equidad y el Crecimiento (CIPPEC). Buenos Aires, Argentina.

Celemín, J. P. (2009). Autocorrelación espacial e indicadores locales de asociación espacial: Importancia, estructura y aplicación. **Revista Universitaria de Geografía**, 18(1), 11-31.



Gómez-Lobo, A. (2009). A new look at the incidence of public transport subsidies: a case study of Santiago, Chile. **Journal of Transport Economics and Policy (JTPE)**, 43(3), 405-425.

Herrera, M. (2015) **Econometría especial usando Stata. Breve guía aplicada para datos de corte transversal**. Documentos de Trabajo, Instituto de Estudios Laborales y del Desarrollo Económico (IELDE). Universidad Nacional de Salta, Argentina.

IDESA (2016) **Informe Nacional Nro 646**. 3 de abril de 2016 Instituto para el Desarrollo Social Argentino. Disponible en <http://www.idesa.org/informes/1411>

Litman, T. (2004). Transit price elasticities and cross-elasticities. **Journal of Public Transportation**, 7(2), 3.

Muras, R., Malamud, A., Oriolana, N., Martínez de Vedia, R y Sinestros, A. (2015) **Los subsidios energéticos en Argentina**. Documento de Trabajo. Asociación Argentina de Presupuesto (ASAP). Buenos Aires, Argentina.

Navajas, F. (2015) **Subsidios a la energía, devaluación y precios**. Documento de Trabajo N122 Fundación de Investigaciones Económicas Latinoamericanas, Buenos Aires, Argentina.

Puig, J. y Salinardi, L. (2013) **Argentina y los Subsidios a los Servicios Públicos: Un Estudio de Incidencia Distributiva**. Documento de Trabajo Nro. 183. Centro de Estudios Distributivos, Laborales y Sociales, Universidad Nacional de La Plata. ISSN 1853-0168

Ronconi, L. (2010) **Impacto Económico de la Falta de Transparencia en la Asignación de Subsidios**. Documento de Trabajo.

Sartori, J. (2006) Diseño de un experimento de preferencias declaradas para la elección de modo de transporte urbano de pasajeros. **Revista de Economía y Estadística, Cuarta Época** Vol. 44, No. 2 (2006), pp. 81-123.

Vaan Goeverden, C, Rietveld, P., Koelemeijer, J., Peeters, P. (2006) Subsidies in public transport. **European Transport** n. 32 (2006): 5-25

Yarasca, J. (2015) Evaluación de autocorrelación espacial global y local para zonas de tránsito. **XIII Congreso Rio de Transportes**, Rio de Janeiro, Brasil.