

---

SISTEMA VIAL TERCIARIO Y  
EDUCACIÓN RURAL EN ANTIOQUIA  
(COLOMBIA): UN MODELO PROBIT  
ORDENADO Y MULTIVARIADO

The Rural Roads Impact on  
Education Performance in  
Antioquia (Colombia): an  
ordered probit model

Guillermo David Hincapie Velez, Ivan Montoya  
Gomez y John Jaime Bustamante

---

Research Article

## SISTEMA VIAL TERCIARIO Y EDUCACIÓN RURAL EN ANTIOQUIA (COLOMBIA): UN MODELO PROBIT ORDENADO Y MULTIVARIADO

### The Rural Roads Impact on Education Performance in Antioquia (Colombia): an ordered probit model

Guillermo David Hincapie Velez<sup>a</sup>, Ivan Montoya Gomez<sup>b</sup>, John Jaime Bustamante<sup>c</sup>

**Palabras clave:** Logro educativo; sistema de vías terciarias; modelos probit y logit ordenados; políticas educativas

**Keywords:** Educational performance; Rural Vial System; Probit and Logit Ordered Models; Education

**Clasificación IEL:** R1, I21, C01, C25

**Received:** 05/05/2017

**Accepted:** 12/06/2017

**Published:** 20/06/2017

#### Resumen

El presente artículo tiene el propósito de determinar el impacto del sistema vial del departamento de Antioquia (Colombia), en particular su sistema de vías terciarias, sobre la probabilidad de ascenso en el logro educativo de estudiantes de básica secundaria que viven en zonas rurales del departamento. Para tal efecto, se estima un modelo probit ordenado del rendimiento educativo en la prueba de matemáticas, definiendo, como una de las variables independientes, una transformación de las densidades viales terciarias en relación con la oferta de alcantarillado, energía, servicio de teléfono, entre otros, con el fin de capturar la variabilidad y dispersión de las zonas rurales en cada municipio. Los resultados muestran que las vías terciarias inciden sobre la probabilidad de ascender en el rendimiento educativo para los estudiantes rurales.

#### Abstract

This paper aims to determine the impact of the Antioquia department's road system, particularly the rural roads system, on the probability of advancement in the educational achievement of students from rural areas in high schools in Antioquia, Colombia. For this we propose an ordered logistic model of educational performance, defining as a independent variable a transformation of the rural road densities in relation to the supply of sewage, energy, telephone service, among others, with the aim of capturing the variability and dispersion of rural areas in each municipality. The results show that rural roads influence the probability of increasing educational performance for rural students.

a, b, c. Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Colombia.

\* Autor para correspondencia:  
guillermo.hincapie@upb.edu.do

## I. Introducción

Las áreas rurales y urbanas de países en vías de desarrollo, suelen presentar diferencias significativas en términos del desarrollo económico y de la calidad de vida. Por lo tanto, estas diferencias han constituido un objeto de estudio frecuente en la literatura económica de la cual se han derivado recomendaciones de política ([Shilpa Aggarwal, 2013](#)). Entre las diferencias exploradas en la literatura y señaladas como determinantes comunes a la configuración de círculos viciosos de pobreza, se encuentran: la problemática de empleo y la productividad laboral ([Reardon, 1997](#)), ([Reardon, Berdegúe, & Escobar, 2001](#)), la inseguridad y la violencia ([Osgood & Chambers, 2000](#)) y ([Spencer & Bryant, 2000](#)), la reducida oferta institucional del Estado en la provisión de bienes públicos ([Castro-Leal, Dayton, Demery, & Mehra, 1999](#)), y el bajo desempeño de las empresas rurales ([Datt & Ravallion, 1998](#)) y ([de Janvry & Sadoulet, 2000](#)).

La nueva geografía económica junto con las teorías de las aglomeraciones económicas, sugieren como factores comunes a estas diferencias entre lo rural y lo urbano, la falta de acceso y la distancia a los centros económicos ([Ribot & Peluso, 2003](#)); por lo tanto, las vías rurales constituirían, en gran parte, dicho factor común. En términos generales, una mayor red de vías rurales permite el abaratamiento de los costos de transporte, lo cual impacta de distintas formas las posibilidades de mayor desarrollo económico-social de las áreas rurales ([Duranton, 2015](#)). En efecto, una mayor red de vías rurales permite una mayor conectividad de las familias a los centros de mercado mejorando sus posibilidades de consumo, también facilita el flujo de trabajadores a centros urbanos, eleva los flujos migratorios, posibilita una mayor presencia del Estado y mejora la productividad de las empresas rurales producto del acceso a los canales de inversión y del crédito ([Campos, 2017](#)), ([Vasconcellos, 1997](#)) y ([Huisman & Smits, 2009](#)).

Las vías rurales tienen también un impacto sobre las posibilidades de educación de la población rural de países en vías de desarrollo, ya que la mayor oferta educativa de calidad se encuentra en los centros económicos o en los llamados cascos urbanos municipales<sup>1</sup>, haciendo que los estudiantes tengan que incurrir en largos viajes para acceder a educación en la medida en que la población rural esté muy dispersa y lejana de dichos centros ([Campos, 2017](#)) y ([Falch, Lujala, & Strøm, 2013](#)). Una mayor red de vías terciarias implica, entonces, una mayor conectividad de los estudiantes rurales con los centros educativos en la medida en que sea paralela a una reducción de costos de transporte, así como oferta de transporte público; permitiendo así que estos estudiantes puedan experimentar un mayor rendimiento educativo y, además, una mayor tasa de permanencia escolar. La literatura al respecto ha establecido que una mayor inversión en infraestructura vial rural tiene efectos positivos sobre una reducción de brechas entre lo rural y urbano, en especial respecto a las posibilidades del capital humano, ([Villar & Ramírez, 2014](#)).

A pesar de que la literatura sobre la relación entre vías rurales y desarrollo económico en general es relativamente amplia, es escasa en cuanto al estudio concreto del impacto de la infraestructura rural sobre el logro educativo de estudiantes rurales. La mayoría de trabajos se concentran en estudiantes urbanos ([Falch et al., 2013](#)), ([Jeremy Atack & Elisabeth Perlman, 2012](#)) y ([Baschieri & Falkingham, 2006](#)) y, y además en estudiantes universitarios ([Gibbons & Vignoles, 2012](#)). Respecto al caso de estudiantes rurales de básica secundaria, se destacan los trabajos de ([Campos, 2017](#)), donde se realiza un análisis, a nivel de municipios en Colombia, sobre el efecto de las densidades viales terciarias municipales sobre un indicador de rendimiento promedio municipal de educación, considerando variables binarias de ruralidad municipal; por otro lado, el trabajo de ([Baschieri & Falkingham, 2006](#)), tiene un propósito

1 Por lo general en el caso de la educación básica secundaria más que en la educación primaria.

similar pero adelanta una comparación entre países de la región de América del Sur aunque su escala de análisis es a nivel de municipio. Estos trabajos concluyen, en general, que una mayor densidad vial tiene un impacto directo sobre el logro y rendimiento educativo de estudiantes de las áreas rurales, así como un impacto inverso sobre las tasas de deserción estudiantil.

Cuando se pretende estudiar el impacto de la distancia, o de los costos de transporte y tiempos de viaje que están asociados a la infraestructura vial, sobre el rendimiento educativo, la necesidad de contar con datos geo-referenciados que den cuenta cabal de dicha distancia se torna en uno de los obstáculos principales para llevar a cabo investigaciones de este tipo. Este problema habitualmente se agrava cuando el investigador se concentra en zonas rurales donde por lo general la adquisición de datos es significativamente más compleja. Es por esta razón, que en general la literatura ha abordado este problema desarrollando análisis más agregados, como a nivel de países, Estados o Municipios. Sin embargo, con tales niveles de agregación se torna difícil capturar las heterogeneidades subyacentes del logro educativo de estudiantes rurales que en general exhiben altos niveles de dispersión en términos de su ubicación en el espacio rural, implicando potenciales sesgos en las estimaciones realizadas. El aporte del presente trabajo va en dicha línea y en el caso concreto de la literatura en Colombia, constituye un aporte adicional al trabajo realizado por ([Campos, 2017](#)).

En el presente artículo se estima el impacto de las densidades viales sobre la probabilidad de ascenso en el logro o rendimiento educativo de estudiantes rurales en el departamento de Antioquia (Colombia), para el año 2012. Dado que no se cuenta con información geo-referenciada respecto a la distancia de los estudiantes a los cascos urbanos, se construye en primer lugar un indicador proxy de las densidades viales rurales teniendo en cuenta la información socioeconómica a nivel de micro-dato aportado por el *Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación* —en adelante ICFES—, de tal manera que puedan ser capturadas las heterogeneidades espaciales subyacentes que son imputables a datos socioeconómicos, para en segundo lugar estimar un modelo probit ordenado multivariado. La elección de un modelo probit responde, en lo fundamental, a que las brechas regionales de los estudiantes en Colombia han presentado históricamente una distribución multimodal, de tal manera que dicho modelo nos aproxima también a estas rigideces distribucionales, en mayor grado presentes en las áreas rurales estable ([Quintero, Leandro, & Hincapié Vélez, 2016](#)).

## II. Metodología

Con el fin de estimar la probabilidad de que un estudiante ascienda en su rendimiento educativo, fueron consideradas las siguientes fases de un procedimiento general: en primer lugar, fueron recopilados los datos de densidades viales terciarias junto con datos relacionados al logro educativo en la base de datos SABER 11 del ICFES, base de datos a nivel micro que contiene información socioeconómica de los estudiantes. En segundo lugar, se estimó un modelo probit ordenado sobre estudiantes rurales con el fin de aproximarse al efecto promedio de la conectividad vial rural sobre el logro educativo.

### Datos

En este artículo fueron consideradas como variables del rendimiento educativo, a los resultados arrojados por los estudiantes de básica secundaria en las llamadas pruebas estatales conocidas como SABER 11 realizadas por el ICFES; el logro de los estudiantes en estas pruebas, se divide en 6 áreas del conocimiento que van desde Matemáticas y Lenguaje, hasta Filosofía y Biología. Al tener una estructura de micro dato, la base de datos contiene información relativa a las condiciones socioeconómicas del estudiante, así como información referente a su colegio; además, la base de datos distingue a los

estudiantes que residen en los cascos urbanos de sus municipios, de los estudiantes que residen en las zonas rurales. Para este estudio, se utilizó como variable del logro educativo los resultados en la prueba de Matemáticas debido a sus estrechas correlaciones con los resultados de las pruebas restantes, como se muestra en los anexos y como en general se practica en la literatura

Como variable indicativa de las vías, fueron consideradas las densidades viales de los municipios del departamento de Antioquia para el año 2012, información reportada por el Instituto Agustín Gadaži- IGAC- y construida por el Ministerio de Minas del país. Esta densidad es construida computando la razón entre el número de kilómetros de vías y el área en kilómetros del municipio en el cual se encuentran. En el país, son consideradas tres tipos de vías: las vías primarias, que constituyen las autopistas que conectan a los municipios con los centros económicos del país; por su parte se encuentran las vías secundarias, que conectan a los municipios entre si y, por último, las redes de vías terciarias que tienen el propósito de conectar a los municipios con sus veredas y zonas rurales. De esta manera, las densidades viales se calculan para cada tipo de vía en cada municipio. Las vías, como se mostrará más adelante, guardan estrechas correlaciones espaciales entre ellas, de tal manera que estas redes conforman todo un sistema de vías.

### Especificación del Modelo Probit Ordenado

Pretender estimar el impacto del sistema de vías sobre el logro educativo de los estudiantes presenta un problema inicial debido a que la base de datos del ICFES es de corte transversal alrededor de cada estudiante, en tanto que sólo se dispone de información agregada a nivel de municipio sobre las densidades viales. Esta falta de información detallada sobre la ubicación concreta de los estudiantes y por lo tanto la distancia de su hogar al colegio supone desde luego un problema. Además, no se dispone de información referente a la calidad de las vías terciarias, aspecto también crucial para aproximarse a los tiempos de viaje y por lo tanto los costos de transporte conexos al desplazamiento. El trabajo de (Campos, 2017) evita este problema definiendo un indicador promedio del rendimiento educativo por municipio y, de esta manera, lleva las conclusiones del estudio a escala de municipio. Aunque este derrotero es aceptable en términos generales, si se pretenden estudiar las dinámicas rurales sin tener en cuenta esta heterogeneidad se aumentan las probabilidades de incurrir en sesgos.

Con el fin, entonces, de aproximarse a la heterogeneidad *intra-municipal* de los estudiantes en relación con las vías terciarias, se adelanta una reconsideración del indicador de densidad vial terciaria, adaptándolo con respecto a variables control indicativas de la dispersión y de la lejanía relativa del estudiante a los cascos urbanos. Concretamente, se parte de la ecuación (1),

$$\widehat{d}_{3i} = d_{3i} (\text{Telefono}_i + \text{Internet}_i + \text{vehiculo}_i) \quad (1)$$

Donde el término  $\widehat{d}_{3i}$  hace referencia al nuevo indicador de densidad vial terciaria,  $\text{Telefono}_i$  es una variable dummy que toma el valor de 1 si la casa del estudiante tiene servicio de teléfono,  $\text{Internet}_i$  es una variable dummy que indica 1 si la casa del estudiante tiene servicio de internet y, por último,  $\text{vehiculo}_i$  contiene el número de vehículos con que cuenta la familia del estudiante. La elección de estas variables responde a dos criterios: en primer lugar, el criterio de lejanía, debido a que en las viviendas rurales más cercanas al casco urbano, es más probable encontrar servicio de teléfono y servicio de internet en las viviendas; en segundo lugar, el criterio de calidad de las vías terciarias, al que nos aproximamos considerando la variable de vehículos de la familia, que si bien es indicativa del nivel

de ingresos familiar, también se aproxima al estado relativo de las vías terciarias, ya que, en un caso extremo, las familias rurales no podrían tener vehículos-automóviles- en ausencia de vías terciarias<sup>2</sup>.

Las aglomeraciones económicas se configuran a partir de la interacción conjunta entre fuerzas centrípetas, como la necesidad de ubicarse en el casco urbano, y las fuerzas centrífugas que tienen que ver en general con los precios de la tierra los cuales tienden al alza debido a la competencia por un recurso escaso. De esta manera, la ruralidad más pobre tendería a ubicarse más lejana de las áreas urbanas. Si se acepta que el objetivo de una red vial es la de reducir los tiempos de viaje y abaratar los costos de transporte de los estudiantes, se desprende entonces que una mayor densidad vial afecta al rendimiento educativo. De tal suerte, las dimensiones socioeconómicas y de infraestructura vial que tiene el indicador propuesto permite ir en esta línea.

Con base pues en la ecuación (1), se estimó un modelo probit ordenado para la probabilidad de que un estudiante ascienda en su rendimiento educativo, ecuación (2), de acuerdo a factores familiares, socioeconómicos, -matriz X-, y el estado de su conectividad con el sistema vial rural,  $\widehat{d}_{3i}$ .

$$p_i = \alpha_0 + \beta X + \delta \widehat{d}_{3i} + e_i = \alpha_0 + \beta \widehat{X} + e_i \quad (2)$$

Donde el término  $\widehat{X}$  constituye la matriz de regresores teniendo en cuenta el nuevo indicador de densidad vial. De esta manera, la variable latente tomará los rangos establecidos por los cuartiles de la distribución de logro educativo en la prueba de matemáticas para el año 2012, de tal manera que

$$y_i = j \quad \text{si} \quad a_{j-1} < y_i^* \leq a_j \quad (3)$$

La probabilidad de que el evento “i” se seleccione en la alternativa “j” será la de la ecuación (4), una vez se tenga en cuenta la diferencia en términos de las densidades de distribución de probabilidad de un modelo probit.

$$p_{ij} = p(y_i = j) = p(a_{j-1} < y_i^* \leq a_j) = F(a_j - \widehat{X}_i \beta) - F(a_{j-1} - \widehat{X}_i \beta) \quad (4)$$

El efecto, entonces, de las variables regresoras sobre la probabilidad de que un estudiante ascienda en los cuartiles de la distribución del logro educativo deberá calcularse nuevamente de acuerdo a los efectos marginales computados mediante la expresión (5),

$$\frac{\partial p_{ij}}{\partial X_{ri}} = (F'(a_j - \widehat{X}_i \beta) - F'(a_{j-1} - \widehat{X}_i \beta)) \beta_r \quad (5)$$

De acuerdo a estos efectos marginales computados, la hipótesis central del estudio consiste en la referencia del efecto positivo de las densidades viales terciarias, en la medida en que estas densidades vienen acompañadas de una mayor oferta de bienes públicos, sobre la probabilidad de que un estudiante de las zonas rurales aumente su rendimiento académico. En línea con el trabajo de [Campos \(2017\)](#), se realizó el test de Hausman para determinar problemas de endogeneidad asociados a la variable de densidades viales terciarias no encontrando problemas de tal tipo en las estimaciones realizadas como el lector puede encontrar en los anexos.

2 La base de datos SABER 11 cuenta también con información relativa a si la familia del estudiante dispone de motocicletas, comúnmente utilizadas en las zonas rurales. Sin embargo, no hay registro de esta información para el departamento de Antioquia en donde se llevó a cabo el presente estudio para dicho año.

Finalmente, dado que el estudio se concentra fundamentalmente en el problema del logro educativo, *score*, y no sobre el problema de deserción escolar, las implicaciones sobre posibles sesgos de autoselección muestral son menores. Tal como lo determina [Ocampo \(2017\)](#), las vías inciden en la deserción escolar; sin embargo, la implicación que pueda tener sobre el rendimiento educativo depende de las características distribucionales de las habilidades innatas de los estudiantes, esto es, si los que deciden salir del sistema escolar pertenecen a la cola izquierda de las habilidades, entonces las estimaciones serán sesgadas sobre el logro, ocurriendo lo mismo si los estudiantes que salen pertenecen a la cola derecha de la distribución. La implicación, entonces, de la autoselección será determinante si se pretende hacer una estimación agregada a escala de municipio que implicaría el cálculo del rendimiento promedio a escala de municipio, como ocurre en la mayoría de trabajos en la literatura. La mayor variabilidad a nivel de estudiante que muestra el indicador propuesto en el estudio permite admitir una mayor representatividad muestral.

### III. Análisis de Resultados

Los resultados para el año 2012 del rendimiento educativo en básica secundaria de los estudiantes en Antioquia muestra unas regularidades en buena medida asociadas con la distribución subregional del ingreso y de la calidad de vida. Por ejemplo, de acuerdo a la tabla (1), los estudiantes que residen en el casco urbano de los municipios presentan un mayor rendimiento educativo promedio que los estudiantes que viven en las zonas rurales; así mismo, de los estudiantes rurales, en promedio, los estudiantes hombres presentan un mayor rendimiento que las mujeres, situación que también ocurre en el caso de los estudiantes urbanos.

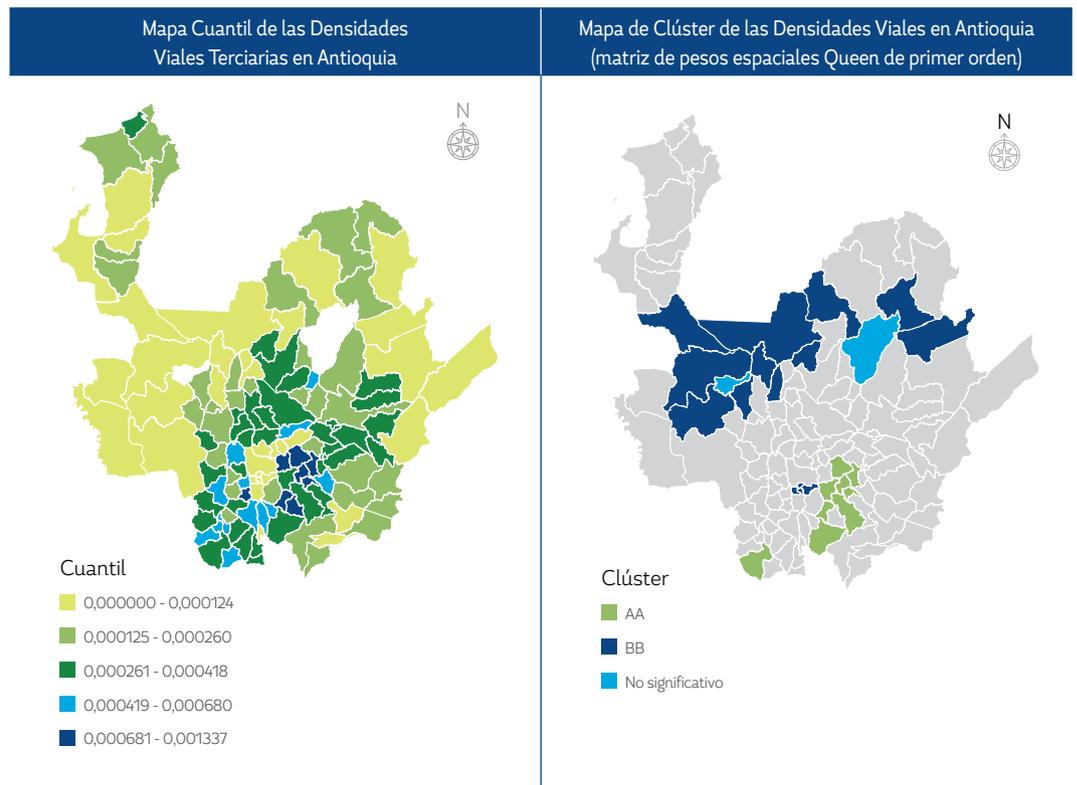
**Tabla (1). Estadísticas Descriptivas:  
Variable Dependiente (Logro Educativo en Matemáticas)**

Estadístico	Estudiantes Rurales	Estudiantes Urbanos	Rurales Hombres	Rurales Mujeres
Min	0.00	0.00	0.00	0.00
1st. Q	35.00	39.00	38.00	35.00
Median	43.00	46.00	43.00	42.00
<b>Mean</b>	<b>42.65</b>	<b>46.05</b>	<b>43.79</b>	<b>41.76</b>
Ds				
3rd.Q	49.00	52.00	50.00	49.00
Max	85.00	126.00	85.00	84.00

Fuente: Cálculos Propios con base en el ICFES pruebas SABER 11.

Como puede apreciarse en la tabla (2), se ilustra la distribución espacial de las densidades viales terciarias a nivel municipal para el año 2012, tanto en el mapa cuantil como el mapa de clúster. Los municipios con mayores niveles de densidad vial terciaria se ubican en general en el centro del departamento de Antioquia, particularmente en los municipios cercanos al Valle de Aburrá, municipios pertenecientes a las subregiones del Oriente y el suroeste. Preciso resulta indicar que el centro del departamento, concretamente en los municipios del Valle de Aburrá y subregiones cercanas, agrupan los municipios de mayor actividad económica del departamento y, en general, presentan los mayores niveles de calidad de vida. Este patrón *centro-periferia* de la actividad económica del departamento también ocurre, en promedio, con el rendimiento educativo en básica secundaria, como el trabajo de [Quintero et al., 2016](#) establece en relación con un patrón centro periferia también del rendimiento educativo en las pruebas de matemáticas y lenguaje.

**Tabla (2). Densidad vial terciaria en Antioquia**



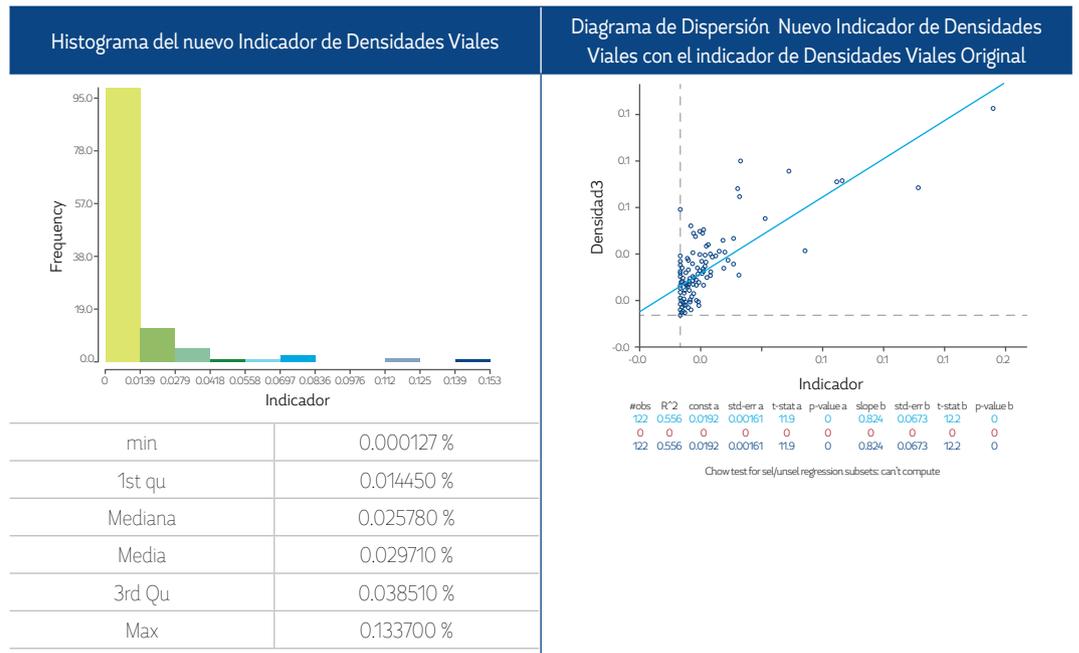
Fuente: Cálculos Propios con base en IGAC

En la tabla (3) se presentan, por su parte, algunas estadísticas descriptivas relevantes del nuevo indicador de densidades viales terciarias, ecuación (1), haciendo una agregación del mismo a escala de municipio. Como puede notarse, las densidades viales terciarias representan un bajo porcentaje del área total de los municipios cuando se considera también una conectividad socio-económica, en promedio del 0.03% del departamento de Antioquia, con un máximo de 0.13%. De acuerdo al histograma, la distribución de esta conectividad rural es estructuralmente desigual, con la mayoría de municipios del departamento con una conectividad socio-económica rural poco representativa y otros, con una mayor conectividad de sus áreas rurales. En la tabla (3) se presenta también el diagrama de dispersión entre el indicador de densidades terciarias municipales y el indicador propuesto; este diagrama establece evidencia de una relación directa entre ambos indicadores, lo cual sugiere que una mayor densidad vial terciaria tiende a corresponderse con una provisión mayor de bienes y servicios públicos en estas áreas rurales como cabría esperarse. Sin embargo, observando con más detalle dicho diagrama, se encuentra una concentración en los niveles inferiores del indicador propuesto — eje horizontal—; esta concentración sugiere que a estos niveles del indicador propuesto hay una importante variabilidad de los municipios en términos de sus densidades viales terciarias solamente. Así pues, el indicador propuesto capta aspectos adicionales distintos a los puramente socio-económicos, que terminan desde luego impactando al rendimiento educativo en términos de la dispersión de las áreas rurales que connota.

En cuanto a la distribución espacial del nuevo indicador, tabla (4), surgen algunas diferencias reseñables. *Prima facie*, el comportamiento espacial de este indicador es similar, en general, al comportamiento de las densidades terciarias. Sin embargo, en cuanto a los municipios que integran los clústeres, el patrón presenta cambios. En el clúster alto-alto (verde), el número de municipios es menor,

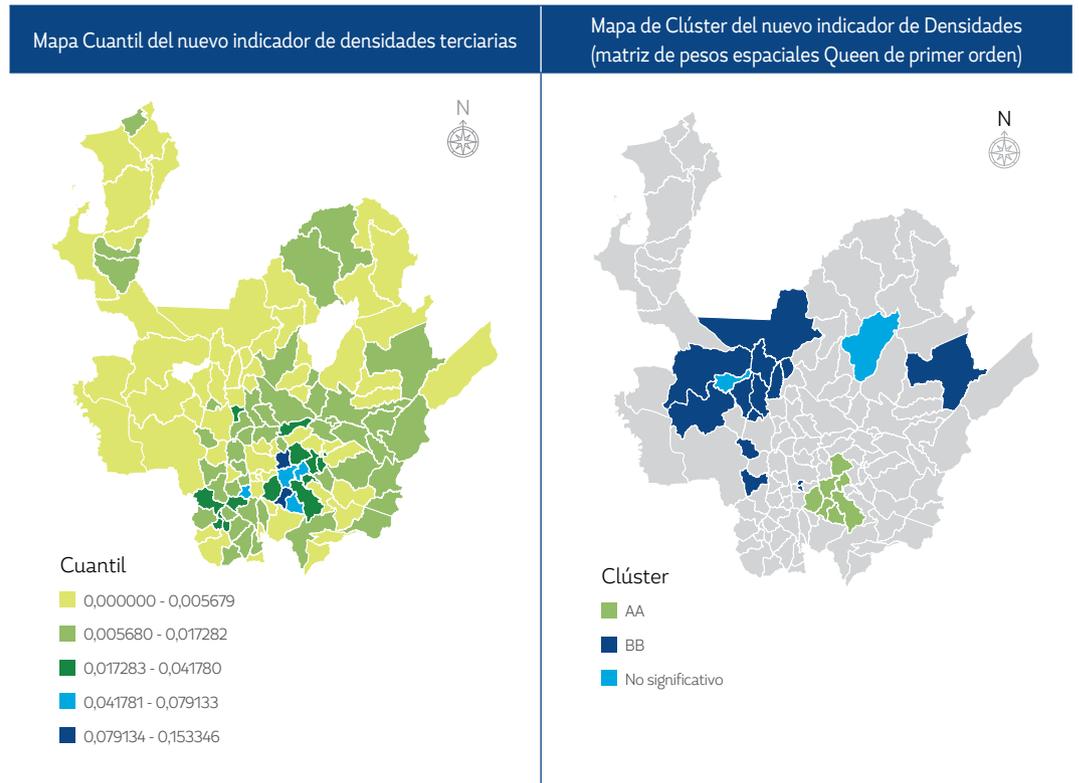
pero sigue ubicándose en el centro del departamento, cercano a la subregión del Valle de Aburrá; la disminución en el número de municipios de este clúster es indicativo de las diferencias en términos socio-económicos de los estudiantes rurales. El clúster bajo-bajo (rojo) agrupa también un número menor de municipios, pero adiciona al municipio de Remedios en la subregión del Nordeste del departamento. En general, el patrón espacial antes mencionado del tipo *centro-periferia* se sigue manteniendo en el caso del nuevo indicador de tal manera que los municipios que tienen más conectada sus áreas rurales, tanto desde el punto de vista de las vías como desde el punto de vista socio-económico, están generalmente ubicados en el centro del departamento en las subregiones, cercanos a la subregión del Valle de Aburrá.

**Tabla (3). Histograma y Diagrama de Dispersión del Nuevo Indicador de Densidades Viales**



Fuente: Cálculos Propios con base en IGAC

**Tabla (4). Patrón Espacial del Nuevo Indicador de Densidades Viales Terciarias.**



Fuente: Cálculos Propios con base en IGAC

Cuando ya se pretende examinar el comportamiento a escala de micro dato, la tabla (5) presenta los resultados del modelo probit Ordenado, así como los efectos marginales. Como puede observarse, si el estudiante se encuentra en un municipio con una alta conectividad de sus zonas rurales con el casco urbano y con la oferta de bienes institucionales y públicos, su probabilidad de aumentar el rendimiento educativo es mayor. Concretamente, sus efectos marginales son ilustrativos: un punto básico de crecimiento de la densidad vial terciaria disminuye la probabilidad de ubicarse en el cuartil más bajo del rendimiento educativo en cerca del 20%; ese mismo aumento de la densidad disminuye la probabilidad de ubicarse en el rendimiento educativo promedio, y por lo tanto ascender, en cerca del 4%; finalmente, el mismo incremento de la densidad genera un aumento de la probabilidad de permanecer en el cuartil más alto del rendimiento educativo en cerca del 29% para los estudiantes rurales.

**Tabla (5). Modelo Probit Ordenado del Logro Educativo.**

Variable	Coficiente	Std. Error	Valor p	Efectos Marginales Bajo Rendimiento	Efectos Marginales Rendimiento Medio	Efectos Marginales Alto Rendimiento
Sexo	.3458149	.0562395	0.00***	-.0738476 (0.000***)	-.0116594 (0.000***)	.085507 (0.000***)
Edad	-.0256565	.0066224	0.00***	.0054789 (0.000***)	.000865 (.0000***)	-.0063439 (0.000***)
Nivel Sisben	.1305097	.0272785	0.00***	-.0278699 (0.000***)	-.0044002 (0.000***)	.0322701 (0.000***)
Dormitorios	.0370141	.0286515	0.196	-.0079042 (0.196)	-.001248 (0.200)	.0091522 (0.196)
Celular	.165647	.0819218	0.043***	-.0353734 (0.043***)	-.0055849 (0.047***)	.0409583 (0.043***)
Jornada Mañana	.2625453	.0953561	0.006***	-.0560657 (0.006***)	-.0088519 (0.008***)	.0649176 (0.006***)
Jornada Tarde	.3080328	.1087968	0.005***	-.0657794 (0.005***)	-.0103855 (0.006***)	.0761649 (0.005***)
Jornada Completa	.232426	.0829169	0.005***	-.0496338 (0.005***)	-.0078364 (0.007***)	.0574702 (0.005***)
Trabaja	-.0249337	.0120073	0.038***	.0053245 (0.038***)	.0008407 (0.042***)	-.0061652 (0.038***)
Densidad Vial Terciaria (nuevo indicador)	<b><u>1.177898</u></b>	<b><u>.6675734</u></b>	<b><u>0.078**</u></b>	<b><u>-.251536</u></b> <b><u>(0.078**)</u></b>	<b><u>-.0397137</u></b> <b><u>(0.082**)</u></b>	<b><u>.2912498</u></b> <b><u>(0.078**)</u></b>
Ingreso Familiar Mensual	.1494207	.0390961	0.000***	-.0319083 (0.000***)	-.0050378 (0.000***)	.0369461 (0.000***)

Fuente: Cálculos Propios con base en el ICFES e IGAC

En lo que atañe, entonces, a la conectividad vial terciaria reformulada mediante la ecuación (1), un avance del sistema vial implica un desplazamiento del logro educativo de la distribución del rendimiento, aunque en mayor medida impacta a los extremos de la distribución, esto es, a cuartil de bajo rendimiento educativo, y al cuartil de alto rendimiento educativo con impactos similares. Una política, entonces, que aumente la densidad vial terciaria de los municipios menos conectados tiene el potencial de reducir las brechas del rendimiento educativo de estudiantes rurales con respecto a los estudiantes urbanos, mejorando generando condiciones para que al largo plazo se fomente la movilidad social y las brechas económicas también puedan eventualmente reducirse.

De acuerdo también a los resultados de la tabla (5), puede concluirse que en las zonas rurales tiene un mayor impacto sobre el rendimiento educativo la práctica de la jornada de la tarde, en los extremos de la distribución, en cerca de un 6% para el cuartil de bajo rendimiento educativo, y del 7% para el cuartil de alto rendimiento educativo; en tanto que la jornada única los resultados de estos efectos marginales son de cerca del 5% en los dos extremos. En las zonas urbanas, como otros estudios lo confirman, la jornada única tienen un impacto mayor. De igual manera, el celular se convierte en una importante herramienta de estudio para los estudiantes rurales.<sup>3</sup>

3 La variable referente a la propiedad de computadoras resultó estadísticamente no significativa para los estudiantes rurales.

#### IV. Discusión y Conclusiones

En el presente trabajo, se estimó el impacto del sistema vial terciario sobre la probabilidad de ascenso de los estudiantes rurales en su logro educativo en la prueba de matemáticas. Tal propósito comportó problemas metodológicos en relación con la falta de datos concretos sobre la distancia, y por tanto dispersión, de los estudiantes rurales a los centros urbanos donde se encuentran sus colegios. Con base en la consideración de micro datos, se estableció un indicador proxy del grado de dispersión de los estudiantes rurales teniendo en cuenta la densidad vial terciaria y la oferta de bienes y servicios públicos. Ante la escasez, todavía latente, de datos relacionados con la geo-referenciación de estudiantes, la alternativa metodológica de este artículo tiene el potencial de constituir un referente para estudios en países en desarrollo donde la escasez de datos es mayor.

Los estudios que hasta el momento se han realizado para Colombia, como el de ([Campos, 2017](#)), y para otros países, tienen en la mayoría de casos la característica de ser generales, a escala de municipio o de Estado. Las conclusiones de este trabajo se basan fundamentalmente en la aceptación a nivel micro de los datos y, por lo tanto, la econometría realizada tiene la capacidad de captar las heterogeneidades subyacentes de una manera más directa que en los anteriores aportes de la literatura.

Los resultados permitieron inferir que una mayor densidad vial terciaria junto con una mayor oferta institucional de bienes y servicios públicos, tienen un impacto positivo en la probabilidad de ascender, en su rendimiento educativo, de los estudiantes rurales. Además, este efecto es mayor en los extremos de la distribución del logro educativo, dado que, tanto en el cuartil de bajo rendimiento educativo como en el cuartil superior, el efecto marginal de las densidades viales terciarias es de cerca del 20% sobre dicha probabilidad. Los resultados tienen su utilidad para la puesta en marcha de planes de mejoramiento de vías terciarias con el fin de conocer sus impactos sobre distintas dimensiones del desarrollo económico.

Como sugerencias a trabajos posteriores en este campo y que se derivan de las aportaciones del presente artículo, se encuentra la posibilidad de llevar a cabo estimaciones comparativas entre estudiantes rurales por medio de metodologías como la descomposición de Oaxaca-Blinder, teniendo como referente indicadores del sistema vial. De tal suerte, se tomarían medidas acordes con el problema de auto-selección muestral para estudiar el caso de deserción escolar. Por otro lado, la base de datos utilizada en este estudio permite emprender el estudio también de la problemática del trabajo infantil y su afectación sobre el rendimiento educativo de los estudiantes rurales.

## Bibliografía

- Baschieri, A., & Falkingham, J. (2006). Staying in school: assessing the role of access, availability and cost [Monograph]. Recuperado 27 de marzo de 2017, a partir de <https://eprints.soton.ac.uk/45358/>
- Campos, A. (2017). *Vías Para La Educación: Efecto De La Infraestructura Vial En Los Resultados Educativos (2005 - 2015) (Roads to Education: Impact of Road Infrastructure on Education (2005 - 2015))* (SSRN Scholarly Paper No. ID 2921472). Rochester, NY: Social Science Research Network. Recuperado a partir de <https://papers.ssrn.com/abstract=2921472>
- Castro-Leal, F., Dayton, J., Demery, L., & Mehra, R. (1999). Public Social Spending in Africa: Do the Poor Benefit? *The World Bank Research Observer*, 14(1), 49-72. <https://doi.org/10.1093/wbro/14.1.49>
- Datt, G., & Ravallion, M. (1998). Farm productivity and rural poverty in India. *The Journal of Development Studies*, 34(4), 62-85. <https://doi.org/10.1080/00220389808422529>
- de Janvry, A., & Sadoulet, E. (2000). Rural poverty in Latin America: Determinants and exit paths. *Food Policy*, 25(4), 389-409. [https://doi.org/10.1016/S0306-9192\(00\)00023-3](https://doi.org/10.1016/S0306-9192(00)00023-3)
- Duranton, G. (2015). Roads and trade in Colombia. *Economics of Transportation*, 4(1-2), 16-36. <https://doi.org/10.1016/j.ecotra.2014.11.003>
- Falch, T., Lujala, P., & Strøm, B. (2013). Geographical constraints and educational attainment. *Regional Science and Urban Economics*, 43(1), 164-176. <https://doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2012.06.007>
- Gibbons, S., & Vignoles, A. (2012). Geography, choice and participation in higher education in England. *Regional Science and Urban Economics*, 42(1-2), 98-113. <https://doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2011.07.004>
- Huisman, J., & Smits, J. (2009). Effects of Household- and District-Level Factors on Primary School Enrollment in 30 Developing Countries. *World Development*, 37(1), 179-193. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2008.01.007>
- Jeremy Atack, R. A. M., & Elisabeth Perlman. (2012). The Impact of Railroads on School Enrollment in Nineteenth Century America. *Working Paper*.
- Osgood, D. W., & Chambers, J. M. (2000). Social Disorganization Outside the Metropolis: An Analysis of Rural Youth Violence\*. *Criminology*, 38(1), 81-116. <https://doi.org/10.1111/j.1745-9125.2000.tb00884.x>
- Quintero, L., Leandro, O., & Hincapié Vélez, D. (2016). A study of regional gaps in education quality in Colombia: 2000-2012. *Ensayos sobre POLÍTICA ECONÓMICA*, 34(SPE79), 3-20. <https://doi.org/10.1016/j.espe.2016.01.001>
- Reardon, T. (1997). Using evidence of household income diversification to inform study of the rural non-farm labor market in Africa. *World Development*, 25(5), 735-747. [https://doi.org/10.1016/S0305-750X\(96\)00137-4](https://doi.org/10.1016/S0305-750X(96)00137-4)
- Reardon, T., Berdegué, J., & Escobar, G. (2001). Rural Nonfarm Employment and Incomes in Latin America: Overview and Policy Implications. *World Development*, 29(3), 395-409. [https://doi.org/10.1016/S0305-750X\(00\)00112-1](https://doi.org/10.1016/S0305-750X(00)00112-1)
- Ribot, J. C., & Peluso, N. L. (2003). A Theory of Access\*. *Rural Sociology*, 68(2), 153-181. <https://doi.org/10.1111/j.1549-0831.2003.tb00133.x>
- Shilpa Aggarwal. (2013). Do Rural Roads Create Pathways out of Poverty? Evidence from India. *Working Paper*.
- Spencer, G. A., & Bryant, S. A. (2000). Dating violence: a comparison of rural, suburban, and urban teens. *Journal of Adolescent Health*, 27(5), 302-305. [https://doi.org/10.1016/S1054-139X\(00\)00125-7](https://doi.org/10.1016/S1054-139X(00)00125-7)
- Vasconcellos, E. A. (1997). Rural transport and access to education in developing countries: policy issues. *Journal of Transport Geography*, 5(2), 127-136. [https://doi.org/10.1016/S0966-6923\(96\)00075-0](https://doi.org/10.1016/S0966-6923(96)00075-0)
- Villar, L., & Ramírez, J. M. (2014). Infraestructura regional y pobreza rural. Recuperado a partir de <http://www.repository.fedesarrollo.org.co/handle/11445/234>

## Anexos.

Test de Hasuman para determinar Exogenidad sobre la variable de Densidades Viales Terciarias

Estadísticos	valor	p-valor
Durbin (score) chi cuadrado	0.165571	0.6841
Wu-Hausman F (,14921)	0.165174	0.6845

Fuente: Cálculos propios con base en datos del ICFES e IGAC