

# Relación entre la red nacional de carreteras y el desarrollo económico nacional. Caso América Latina y el Caribe

## Relationship between the national road network and national economic development. Case of Latin America and the Caribbean

URAZÁN, Carlos F. [1](#); ESCOBAR, Diego A. [2](#); MONCADA, Carlos A. [3](#)

Recibido: 23/08/2017 • Aprobado: 15/09/2017

### Contenido

- [1. Introducción](#)
- [2. Metodología](#)
- [3. Resultados y Discusión](#)
- [4. Conclusiones](#)
- [Referencias bibliográficas](#)

#### RESUMEN:

La extensión de la red de carreteras en América Latina y el Caribe muestran limitantes relacionados con su superficie territorial y demografía. Pero el kilometraje de red carretera muestra alta relación estadística con el nivel económico, medido por medio del Producto Interno Bruto PIB. A su vez, el potencial económico está ligado al nivel de exportaciones, medido este tanto en tonelaje como en monto monetario. Por tanto, se explica también la relación entre red carretera y el sector exportador en la región.

**Palabras clave:** Red carretera nacional, infraestructura y transporte, infraestructura y exportación.

#### ABSTRACT:

The road network extension in Latin America and the Caribbean show limitations related to its territorial surface and demography. But the road network mileage exposes a high statistical relationship with the economic level, measured by the Gross Domestic Product GDP. Therefore, the economic potential is linked to the level of exports, measured both in tonnage and in monetary units. So, the relationship between road network and the export sector in the region is also explained.

**Keywords:** National road network, infrastructure and transport, infrastructure and exports

## 1. Introducción

La relación entre inversión en infraestructura y desarrollo económico viene dada de tiempo atrás, y es amplia la literatura al respecto. Lachler & Aschauer (1998) menciona que son muchas las investigaciones sobre el impacto de los cambios en el stock de capital público sobre el desempeño económico, y que el foco principal de esas investigaciones ha sido determinar la importancia de la infraestructura pública en la capacidad productiva del sector privado, tanto en sus costos de producción como en sus niveles de rentabilidad. En otro documento Aschauer & Holtz-Eakin (1993) establece que en el caso de EEUU entre 1960 y 1990 hay infraestructuras principales como calles, carreteras, redes de abastecimiento de agua, de saneamiento, de energía eléctrica y de gas; y que las dos primeras abarcan el 61% de la inversión. También da claridad de la contribución directa de la inversión pública en el crecimiento productivo del país, siendo el gasto público un complemento a la inversión privada en

la economía.

Otro factor importante que ha de motivar la inversión en infraestructura vial es el hecho bien sabido de que las carreteras promueven el comercio y la industria al abrir oportunidades a nuevos mercados, pues se han de reducir los costos logísticos. Pero se requiere que esas vías sean de calidad y que esa condición permanezca en el tiempo dando eficiencia al transporte (Ramírez & Aguas, 2015). En Cárdenas, Gaviria y Meléndez (2005) se exponen varios modelos de crecimiento y desarrollo que involucran el número o longitud de carreteras pavimentadas, la longitud de autopistas y densidad de autopistas por unidad de área.

Económicamente, el desarrollo de la infraestructura de transporte tiene dos tipos de efectos: uno previo a su puesta en marcha, y otro posterior a ello. Los primeros se refieren a la inversión realizada para su construcción con todos sus efectos económicos derivados. Los segundos tratan de las ventajas en reducción de tiempos de viaje y por tanto de costos de transporte que se dan como resultado de la implementación de infraestructura; lo cual redundará en la apertura de mayores mercados y por tanto tiene efecto directo en el potencial exportador de un país o región. Además, a medida que se proporcionen mayores facilidades en el transporte se facilita el acceso a insumos por parte de diversos renglones económicos (Villareal & Ortiz, 2016).

Por su parte, el Banco Mundial (2014) expresa que *"El transporte es un factor crucial para impulsar el crecimiento económico, reducir la pobreza y lograr los objetivos de desarrollo del milenio (ODM). Las inversiones del Banco Mundial en este sector han facilitado un comercio más eficiente y un mejor desarrollo humano a través de una mayor movilidad ..."*. Además, añade que *"existen más probabilidades de reducir la pobreza cuando las comunidades tienen acceso en todo momento y en todas las condiciones climáticas a los servicios esenciales y a los mercados"*.

Ahora, teniendo en cuenta que en la región latinoamericana la pobreza mayor concentración poblacional en las zonas catalogadas como rurales, Escobal y Ponce (2003) concluyen que la población calificada como pobre rural se identifica por patrones como un mayor grado de dependencia económica, menos población joven, menor nivel educativo, y suelen estar ubicados en zonas con peor condición de accesibilidad (*más alejadas de los centros urbanos y peores condiciones viales*).

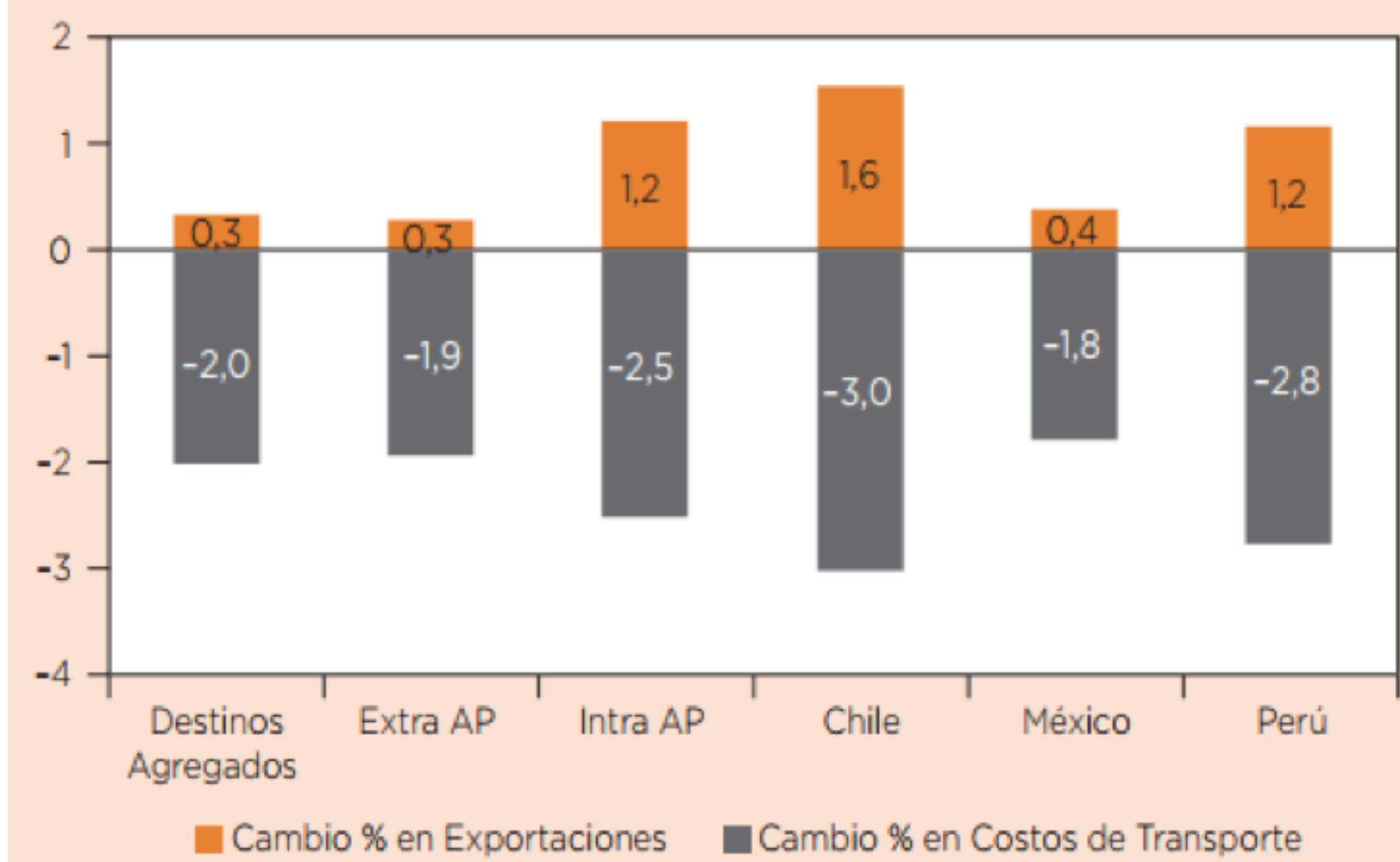
Continuando en el ámbito latinoamericano, Sánchez (2005) ratifica la relación al manifestar que *"existe una relación positiva entre una mejor infraestructura y un mayor crecimiento económico, basado en mejoras de productividad de la economía y su competitividad sistémica"*. Los autores recuerdan que esa infraestructura tiene diversas dimensiones, entre las cuales se resalta la de transporte, que a medida que no logre reducir los costos del servicio comercial dificulta el aumento de inversión extranjera, hay menor tasa de ahorro, menos exportaciones, y reducción de empleo. Si el efecto negativo encarece el costo de las importaciones, lleva a una mayor inflación por el aumento en el costo de productos y al final incrementa los costos de producción local.

En otro documento, Fay y Morrison (2007) también afirman que la infraestructura tiene una importante repercusión en el crecimiento en América Latina, pues contribuye de manera positiva y significativa a la producción y al crecimiento en la región y que la productividad de lo invertido en transporte, telecomunicaciones y electricidad es superior a la del capital no invertido en estos tópicos.

De manera gráfica, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2016) expone como la inversión en infraestructura redundará en efectos positivos tanto en la reducción de costos de transporte y en el aumento de la capacidad exportadora. En el caso colombiano hay mayor impacto en la relación comercial con Chile y Perú, así como mejores resultados en el comercio con los miembros de la Alianza del Pacífico AP [4] que con los que no. De manera global o agregada se espera que las inversiones en infraestructura de transporte seleccionadas reduzcan los costos de transporte en un 2,0%, y resulte en un crecimiento de las exportaciones globales de 0,34% (figura 1). Las cifras pares en el caso chileno son de 5.2% de reducción en costos con una mejora de 1.4% en exportaciones. En México, la situación sería de una baja en los costos de transporte en un 1,4%, y que esto se traduzca en un incremento total de las exportaciones de tan solo 0,04%. En Perú la relación también es positiva con reducción de costos en transporte de un 6% y mejora en exportaciones por 1.2%.

### Figura 1

Impacto de las inversiones viales en Colombia sobre las exportaciones. Cifras base de 2012.



Fuente: BID, 2016.

Por su parte, USAID (2011) establece la relación entre desarrollo e infraestructura al afirmar que *“las inversiones en infraestructura vial y acceso a servicios básicos, no solamente tendrá un efecto positivo en el nivel de vida de la población, sino también en propiciar condiciones para avanzar en el desarrollo económico en las localidades o entre distritos -a través de las mancomunidades municipales que tengan estos objetivos, por ejemplo-. La disponibilidad de caminos rurales y vías de interconexión entre las localidades permite mayor dinamismo económico en la zona mediante la creación de mercados y la salida rápida de productos agrícolas”*.

En el caso colombiano, Acevedo (2009) exponen que las proyecciones de tránsito creciente sobrepasarán la capacidad de un gran número de vías, y por tanto deben preverse actuaciones para prevenir ese hecho debido a que ese crecimiento estará ligado al crecimiento del parque automotor y del PIB nacional. Esa relevancia del sector transporte en la economía nacional también es resaltada por Zamora y Barrera (2012) al afirmar que desde el auge de la globalización de mercados y el consecuente aumento comercial se destaca la participación del sector transporte. Cabe recordar que según datos oficiales el transporte en Colombia tiene una participación de más del 80% en modo carretero y a nivel de comercio internacional cerca del 90% se mueve por puertos marítimos, lo cuales están íntimamente ligados a una conexión carretera con los principales centros de consumo, del cual el preponderante es Bogotá, ubicado en la región central del país.

El avance o desarrollo de las infraestructuras de transporte en el mundo apuntan hoy por hoy a facilitar mecanismos de intermodalidad debido a la globalización de mercados que da cada vez mayor importancia a los transportes internacionales intercontinentales en función de distintos trayectos y tipos de carga. Siendo así, los países regionales más avanzados están invirtiendo en pro de ello. Lo anterior es el discurso de apertura en el resumen ejecutivo del Plan Estratégico de Infraestructura Intermodal de Transporte PEIIT (Ministerio de Transporte, 2014).

## 2. Metodología

El impacto de la red vial de carreteras y del sector transporte carretero en América Latina se analizó por medio de una regresión múltiple, debido a que se plantea una hipótesis según la cual son diversas las variables explicativas (*independientes*) al crecimiento económico (*variable única dependiente*) (Barón y

Téllez, 2004). La información se tomó de manera unificada de la base de datos del Banco Interamericano de Desarrollo BID [5] y se analizó el contenido de datos generales y de transporte carretero para diversos países de América Latina y El Caribe: % de participación del transporte en el PIB, cantidad poblacional, superficie territorial, PIB, volumen y valor de exportaciones anuales, kilometraje total de carreteras, kilometraje de red primaria y de red secundaria, porcentaje de red vial pavimentada, número de vehículos pesados, cantidad de camiones para más de 3.5 ton, consumo anual de diésel en transporte terrestre, precio medio del diésel, distancia media recorrida por vehículos de carga terrestre, y tarifa media de carga en dólares por tonelada y kilómetro para un contenedor FEU o de 40 pies.

La muestra de países analizados (*por disponibilidad de información*) es de 18: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Guyana, Jamaica, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana y Uruguay.

Las regresiones fueron realizadas mediante la aplicación "Regresión" de la hoja de cálculo Excel. Al obtener los resultados en cada caso, lo primero fue revisar si el coeficiente de regresión  $R^2$  ajustado era superior a 0.7, de ser así las variables independientes tienen un alto grado de explicación en conjunto con la variable dependiente y así hay confianza en que la ecuación resultante o modelo matemático tendrá errores mínimos al contrastar sus resultados con los valores de la base de datos que sirvieron para realizar la correlación.

Después se procedió a identificar cuáles de las variables explicativas tenían una fuerte relación con el resultado de la variable dependiente. En este caso se trata de una lectura individual para cada variable. El grado de error que aporta cada variable independiente se interpreta por medio del valor "p" o p-value que Excel denomina "probabilidad". Para trabajar con un nivel de confianza del 95% el p-value debe resultar igual o inferior a 0.05 (Manterola y Pineda, 2008). Si alguna variable no cumple esa condición, se descarta como variable explicativa del fenómeno y se procede a una nueva regresión aplicando solamente las que sí cumplieron.

El otro hecho que descarta una adecuada relación de cada una de las variables independientes en el modelo es el signo del coeficiente. Por ejemplo, si la hipótesis que fundamenta el modelo planteado asume que al incrementarse el valor de la respectiva variable independiente, también debería aumentar el valor de la variable dependiente, ese coeficiente debería ser positivo. Si por el contrario, el signo del coeficiente es negativo, se descarta la variable correspondiente como explicativa del modelo.

Finalmente, el modelo queda establecido con las variables independientes que cumplan condiciones favorables en signo de coeficiente y en p-value, y que en conjunto resulte un  $R^2$  ajustado superior a 0.7.

---

## 3. Resultados y Discusión

### 3.1 Análisis de la participación del sector transporte en el PIB nacional

En acuerdo con la metodología ya descrita, la primera variable independiente a analizar fue el porcentaje de participación del sector transporte en el PIB. Al correlacionarlo con las 10 variables explicativas o independientes seleccionadas (*kilometraje total de carreteras, kilometraje de red primaria y de red secundaria, porcentaje de red vial pavimentada, número de vehículos pesados, cantidad de camiones para más de 3.5 ton, consumo anual de diésel en transporte terrestre, precio medio del diésel, distancia media recorrida por vehículos de carga terrestre, y tarifa media de carga en dólares por tonelada y kilómetro*) no se encontró un buen ajuste o patrón de correlación. El  $R^2$  ajustado dio de -0.87 y los p-value o variable P entre 0.50 y 0.98. En el caso del  $R^2$  ajustado se espera un valor que supere 0.7 para tener confianza en la correlación múltiple, y que los datos de p-value sean inferiores a 0.05 para tener una confianza del 95% en que la respectiva variable independiente ( $x_n$ ) explique significativamente el comportamiento de la variable dependiente ( $y$ ). Al no ser este el caso, se descarta la posibilidad de que del conjunto de las 10 variables mencionadas ( $x_n$ ) expliquen en conjunto la participación del sector transporte en el PIB ( $y$ ).

Luego, se separaron las 10 variables que se suponían como explicativas en dos grupos: de infraestructura vial (*kilometraje total de carreteras, kilometraje de red primaria y de red secundaria, porcentaje de red vial pavimentada*) y del sector transporte (*número de vehículos pesados, cantidad de camiones para más de 3.5 ton, consumo anual de diésel en transporte terrestre, precio medio del*



*diésel, distancia media recorrida por vehículos de carga terrestre, y tarifa media de carga en dólares por tonelada y kilómetro*). Pero al volver a analizar la correlación para los dos casos tampoco se obtuvo un resultado favorable. Para el primer grupo el  $R^2$  ajustado dio de -0.17 y los p-value entre 0.33 y 0.96. En el segundo grupo los resultados fueron  $R^2$  ajustado de -0.38 y p-value entre 0.44 y 0.91.

## **3.2 Análisis de la participación del sector transporte e infraestructura carretera en el PIB nacional**

Otra hipótesis era que el Producto Interno Bruto (PIB) de los distintos países en estudio estuvieran explicados por el sector transporte comercial carretero. Por tanto, se repitió el procedimiento de correlación múltiple, pero en esta ocasión la variable independiente (y) cambió. Empleando las mismas 10 variables dependientes se obtuvo un buen resultado global con un  $R^2$  ajustado de 0.99. Sin embargo, solo el número de vehículos pesados, la cantidad de camiones para más de 3.5 ton, el consumo anual de diésel en transporte terrestre, y la tarifa media de carga en dólares por tonelada y kilómetro; registraron p-value por debajo de 0.05, mostrando un grado significativo de explicación del PIB. A los anteriores, se añadió como excepción el kilometraje de red primaria por obtener un p-value levemente superior al tope esperado de 0.05: 0.07.

Acuerdo a lo anterior, se realizó una nueva correlación, pero esta vez las variables explicativas fueron las 5 resultantes con valores de p-value apropiados (*número de vehículos pesados, la cantidad de camiones para más de 3.5 ton, el consumo anual de diésel en transporte terrestre, la tarifa media de carga en dólares por tonelada y kilómetro, y el kilometraje de red primaria*). En esta ocasión el  $R^2$  ajustado resultó nuevamente favorable con un valor de 0.99 y los p-value estuvieron entre 1.46-6 y 0.024. No obstante, el modelo presentó inconsistencia en los signos, pues el coeficiente para el kilometraje de red primaria de carretera y el número de vehículos pesados resultó negativo, implicando que a menor valor para esas dos variables en determinado país de la región el PIB de esa nación aumentaría, situación que contradice cualquier hipótesis al respecto. De otro lado, el coeficiente para la tarifa media de carga resultó positivo, que en otros términos implica que a medida que la tarifa sea más costosa, el PIB mejora. Esas afirmaciones carecen de sentido respecto a lo esperado al plantear el modelo, y por tanto esas inconsistencias de signo descartan la correlación descrita en este párrafo.

Por tanto, se decidió separar las variables pertinentes a infraestructura. Siendo así, se realizó una primera correlación con las variables independientes: kilometraje de la red total de carreteras ( $x_1$ ), kilometraje de la red primaria de carreteras ( $x_2$ ), y el kilometraje de la red secundaria de carreteras ( $x_3$ ) para explicar parcialmente la tendencia del PIB regional (y). En el resultado de la regresión lineal múltiple la correlación es válida por cuanto el  $R^2$  ajustado fue de 0.95. En la validación individual la red primaria explica significativamente el modelo al registrar p-value de 0.0016. Por su parte, la red vial general y la red secundaria se consideran variables que no dan explicación suficiente al PIB por cuanto sus p-value son de 0.103 y 0.091, respectivamente (*superan 0.05 para un nivel de confianza de 95%*).

Adicionalmente, los resultados muestran que el coeficiente de la red secundaria es negativo, lo cual se interpreta como que a menor participación de la red vial en categoría secundaria, mayor es el PIB. Esto se traduce en que al haber menor red secundaria es porque hay mayor tendencia en red primaria. Cabe recordar que la base de datos no incluye un indicador de longitud para red terciaria, por lo cual el análisis se centra en las dos primeras categorías viales. Además, el coeficiente de red vial primaria participa con 0.017, mientras que para red secundaria es de -0.003, y para la red general de carreteras es de tan solo 0.0007.

Tras los resultados anteriores se realizó una nueva regresión lineal, en este caso la variable dependiente sigue siendo el PIB (y) y la variable independiente el kilometraje de red vial primaria ( $x_2$ ) (*aunque ahora es solo una variable independiente, se continua con la nomenclatura anterior para que el lector la identifique con mayor facilidad*). Este modelo arrojó un  $R^2$  ajustado de 0.94, cifra menor al ajuste anterior pero altamente válido puesto que el 94% de los valores es explicado por la regresión resultante. Respecto del p-value, resultó menor que en el caso anterior para la misma variable (2.30-11) reduciendo por tanto el error probable. En este modelo el coeficiente para  $x_2$  es de 0.020, lo cual se interpreta como que cada kilómetro de red vial primaria en determinado país se relaciona estadísticamente con una participación de aproximadamente veinte millones de U\$ en su PIB (Ecuación 1).

$$y = -92.70 + (0.020 * x_2)$$

Ec.1

Donde:

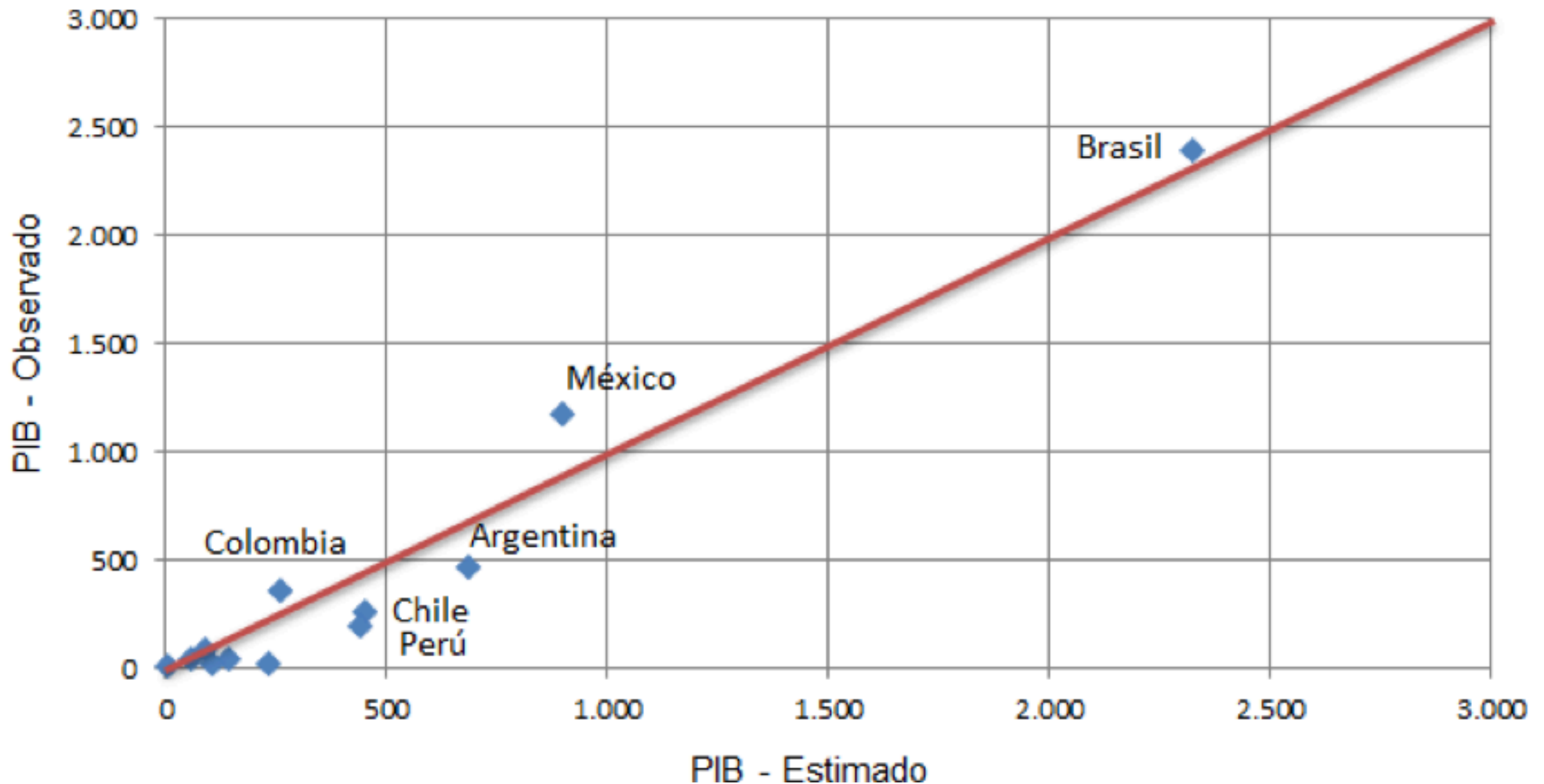
y = PIB (mil millones U\$)

x<sub>2</sub> = Red primaria de carretera (km)

El modelo planteado en la ecuación 1 se dio por válido tras contrastar los valores del PIB observados en el banco de datos que permitió establecer el modelo, y los estimados con la ecuación. La figura 2 expone la confianza en el modelo al haber tendencia a igualar o acercar el valor PIB observado del estimado. Gráficamente se expresa por la cercanía de los distintos puntos a la diagonal que marca valores iguales en ambos casos.

**Figura 2**

Verificación gráfica de la validez del modelo para el Producto Interno Bruto PIB, a partir de la extensión de la red carretera primaria. América Latina.

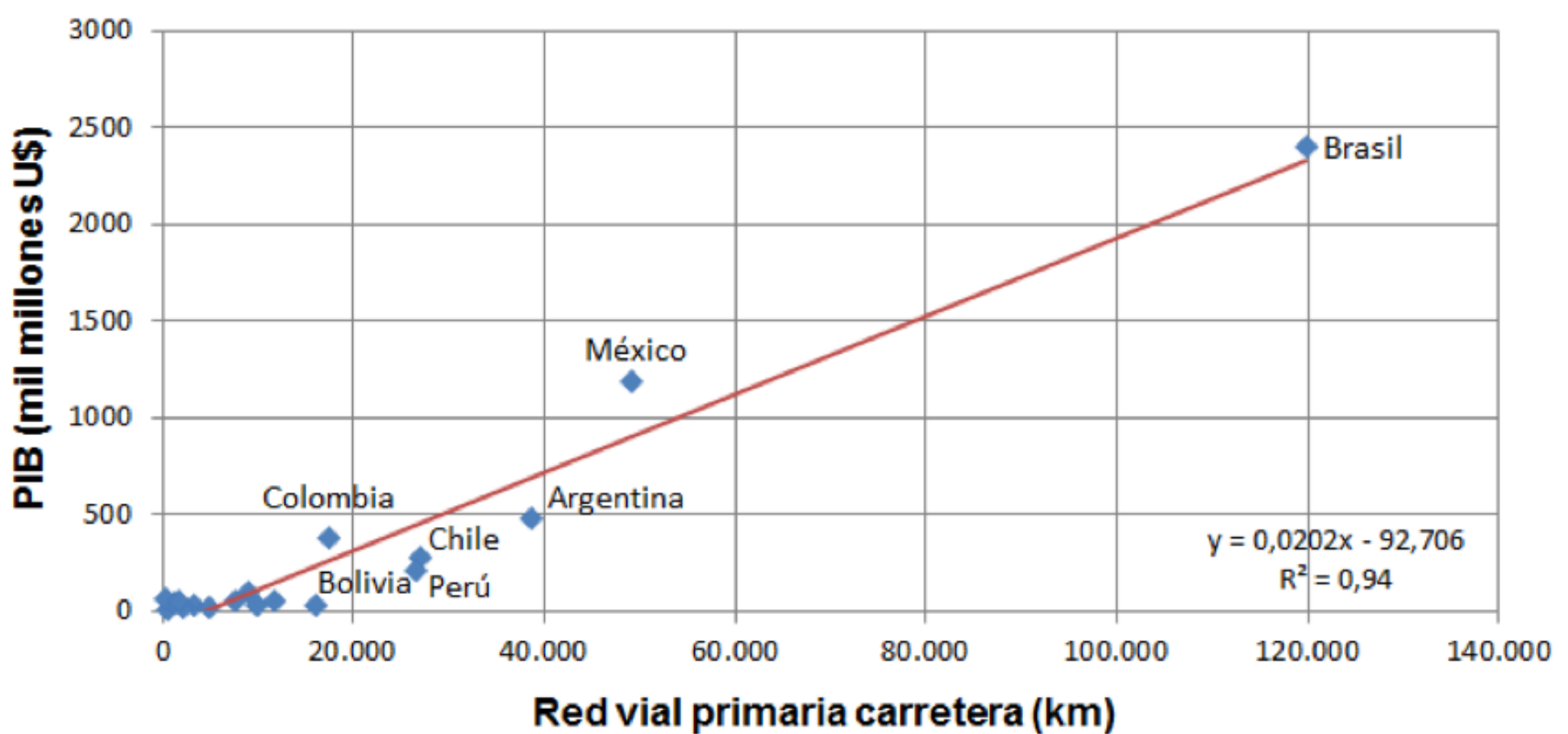


Haciendo lectura individual por países, Brasil tiene el mayor kilometraje de carreteras primarias superando al siguiente (*México*) en 2.4 veces; mientras que en términos del PIB el primero supera en 2 veces al del segundo. A partir de ese registro las diferencias consecutivas entre países se reduce, pues el kilometraje de México es 1.27 veces del de Argentina, y su PIB es 2.48 veces superior.

Después de Argentina se unen Chile y Perú en un grupo entre los 20.000 y 40.000 kilómetros de carretera. Luego se establece un pequeño grupo conformado por Colombia y Bolivia que superan los 15.000 kilómetros, aunque este país resulta con un PIB muy bajo respecto a Colombia, Perú, Chile y Argentina, lo cual lo presenta como una excepción al grupo que supera los 15.000 kilómetros (39% de la muestra). Finalmente hay un grupo con PIB relativamente bajo, es decir, por debajo de 90 mil millones de U\$ por anualidad, todos con una longitud de red por debajo de los 12.000 kilómetros: Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Guyana, Jamaica, Nicaragua, Panamá, Paraguay, República Dominicana y Uruguay (figura 3).

**Figura 3**

Relación del PIB con la extensión de la red primaria carretera en América Latina



### 3.3 Extensión territorial y población como limitantes de la red carretera

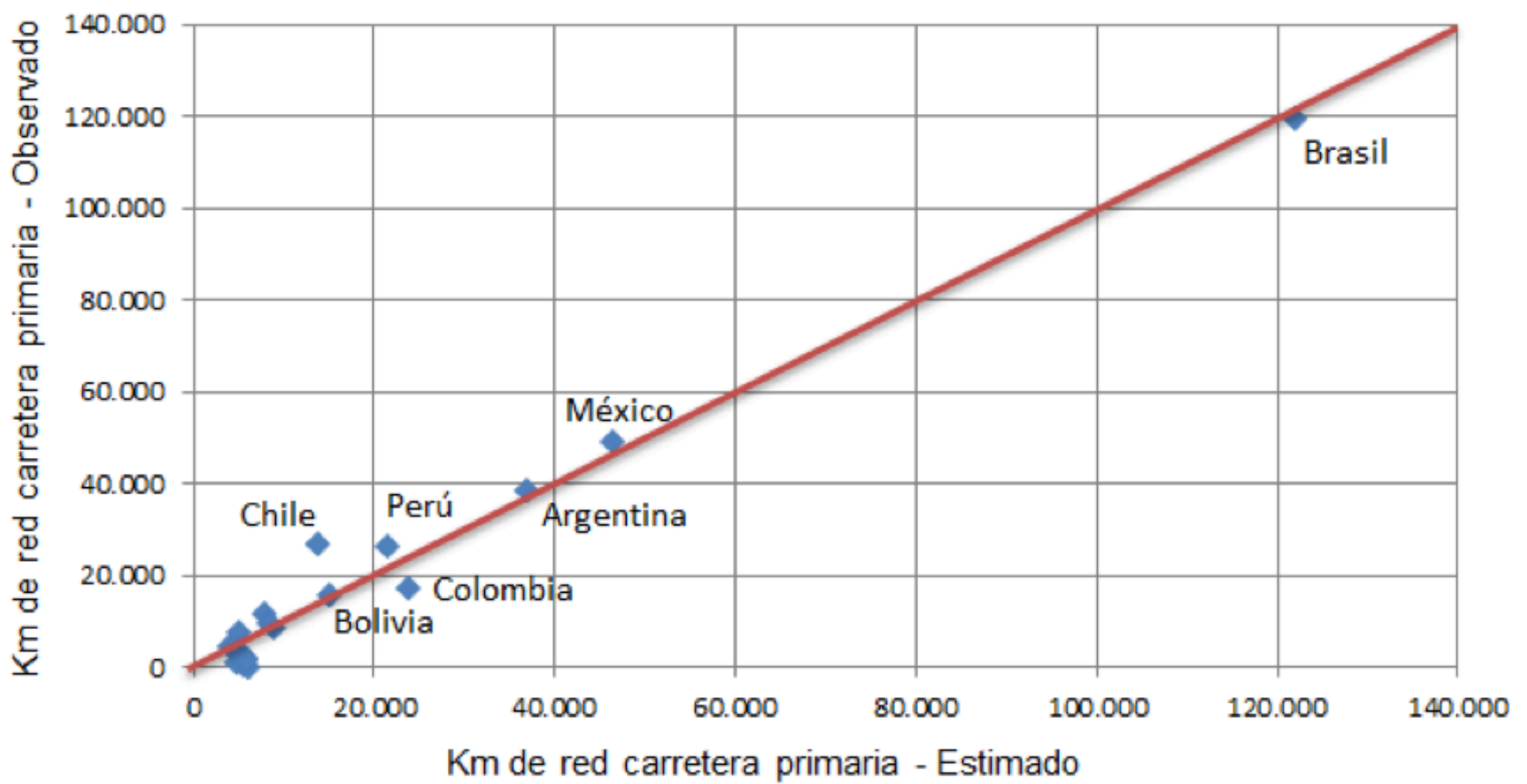
De lo expuesto anteriormente surge la siguiente inquietud: si bien el PIB se correlaciona con el kilometraje de red primaria, la extensión territorial de cada país y su demografía implicarían restricciones a la extensión de la red vial, es decir, a menor superficie menos kilometraje e igual condición al haber menor población.

Para constatarlo se relacionó la extensión de la red vial primaria con los dos indicadores. El resultado evidencia que la superficie y la población explican en un 97% la extensión de la red carretera principal ( $R^2$  ajustado) y que por cada millón de habitantes se corresponden 226 kilómetros de vías principales, mientras que por cada 115 km<sup>2</sup> de superficie se corresponde tan solo 1 kilómetro de red primaria.

Al calibrar este modelo, el error o diferencia promedio es del 10%, aunque en el caso colombiano pasa de un registro de 17.423 km a un estimado de 23.790 km. No obstante, el modelo se verifica como válido de manera gráfica al observar la mínima diferencia de los valores estimados para cada país de la muestra con respecto a la diagonal, pues si los valores estimados coincidieran de manera exacta con los observados, todos los puntos estarían sobre la línea (*situación poco probable*) (figura 4).

**Figura 4**

Verificación gráfica de la validez del modelo para la extensión de red primaria carretera, a partir de superficie y población. América Latina.



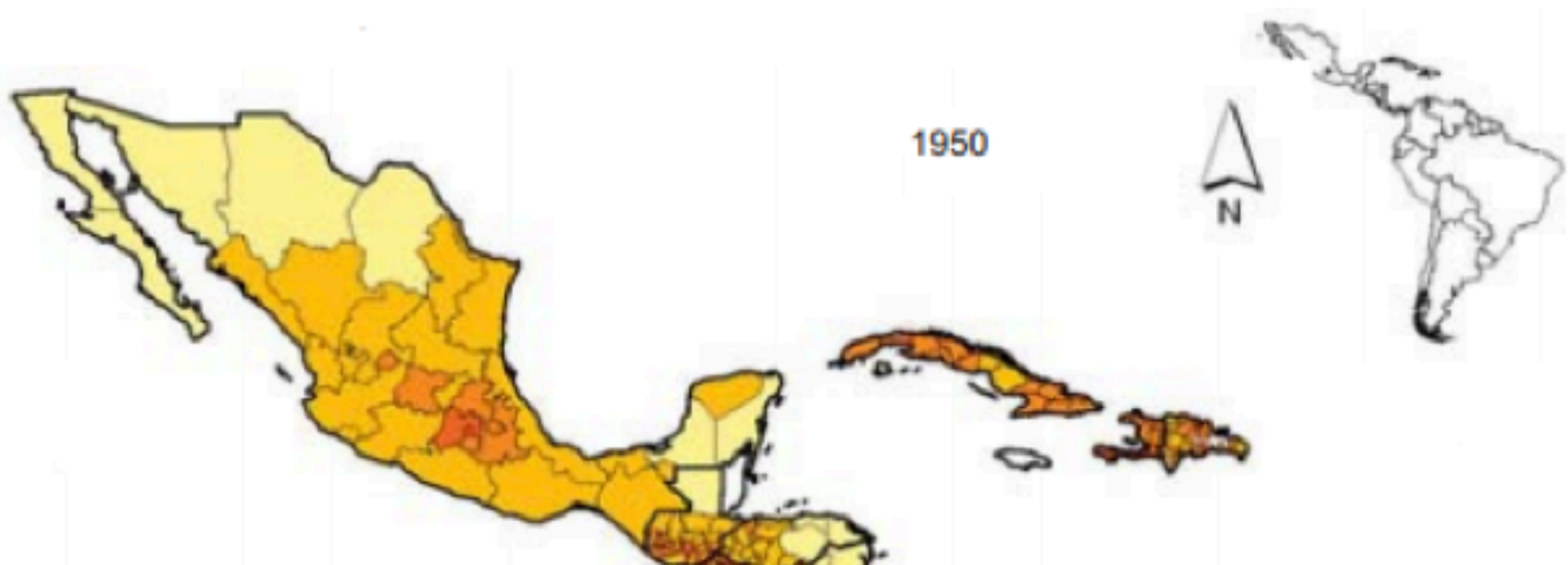
También se aprecia en la figura 4 que entre los países más destacados de la muestra por su mayor longitud de red vial primaria, que los que más se alejan de la diagonal o presentan mayor error son Colombia, Perú y Chile. Estos países están afectados de manera geográficamente significativa por la cordillera de los Andes, lo que limita aún más la posibilidad de extender la red carretera en su extensión territorial nacional ( $\text{km}^2$ ). La gran diferencia que representan los países mencionados se observa en el cambio demográfico que presentan sus mayores extensiones territoriales (figura 5).

### 3.4 Relación entre economía y el sector exportador

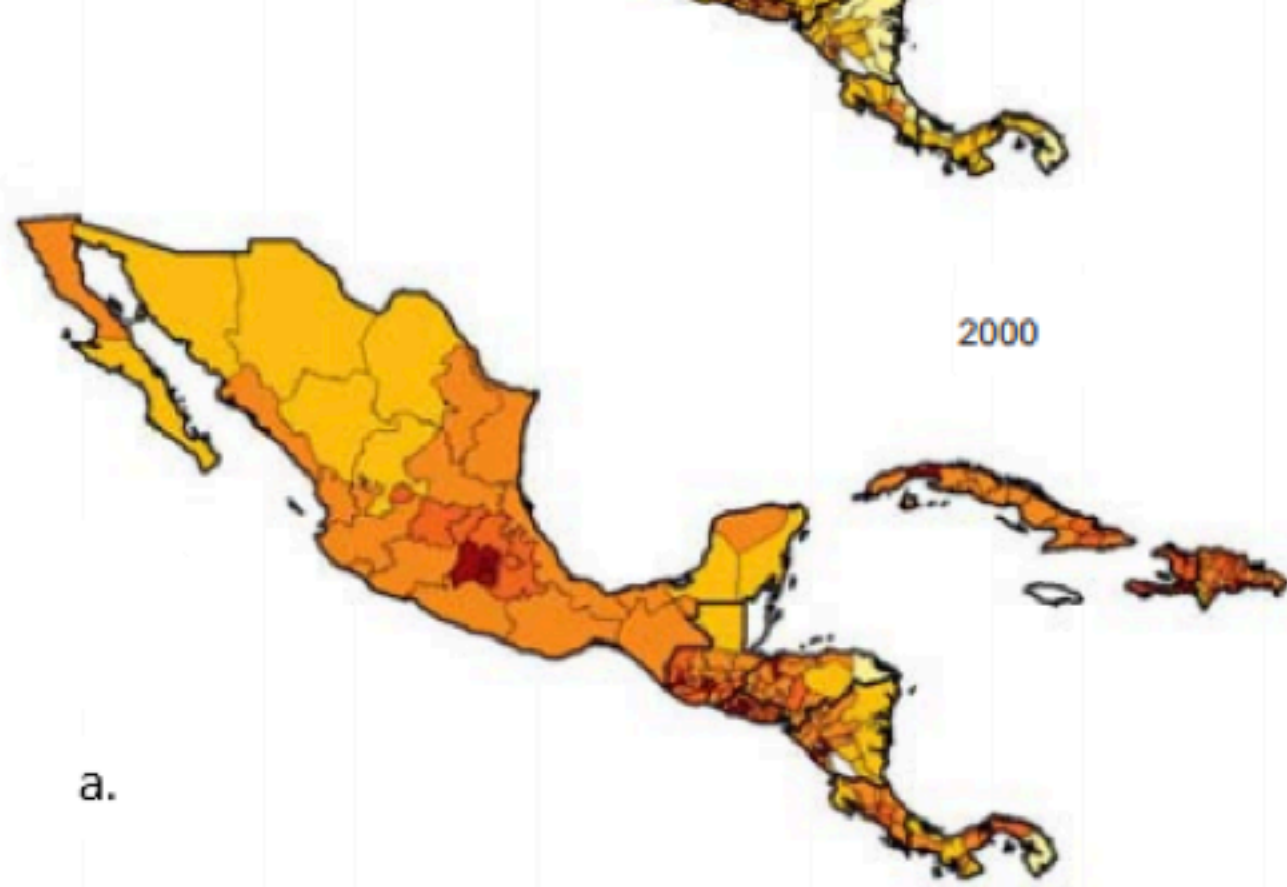
Una vez establecida la relación entre economía (PIB) y la extensión de la red vial carretera en América Latina, se procedió a plantear un modelo explicativo para la región entre economía y el sector exportador (*ampliamente expuesto en la literatura macroeconómica*), continuando con la base de datos del BID.

En este caso se planteó un modelo en el cual la variable dependiente (y) es nuevamente el Producto Interno Bruto PIB, y las variables explicativas o independientes son: el volumen total de exportaciones y el valor de las mismas. El análisis de regresión lineal múltiple resultó altamente explicativo por cuanto el  $R^2$  ajustado fue de 0.99, al igual que ambas variables pues obtuvieron un p-value de 1.53-13 y de 1.53-10, respectivamente.

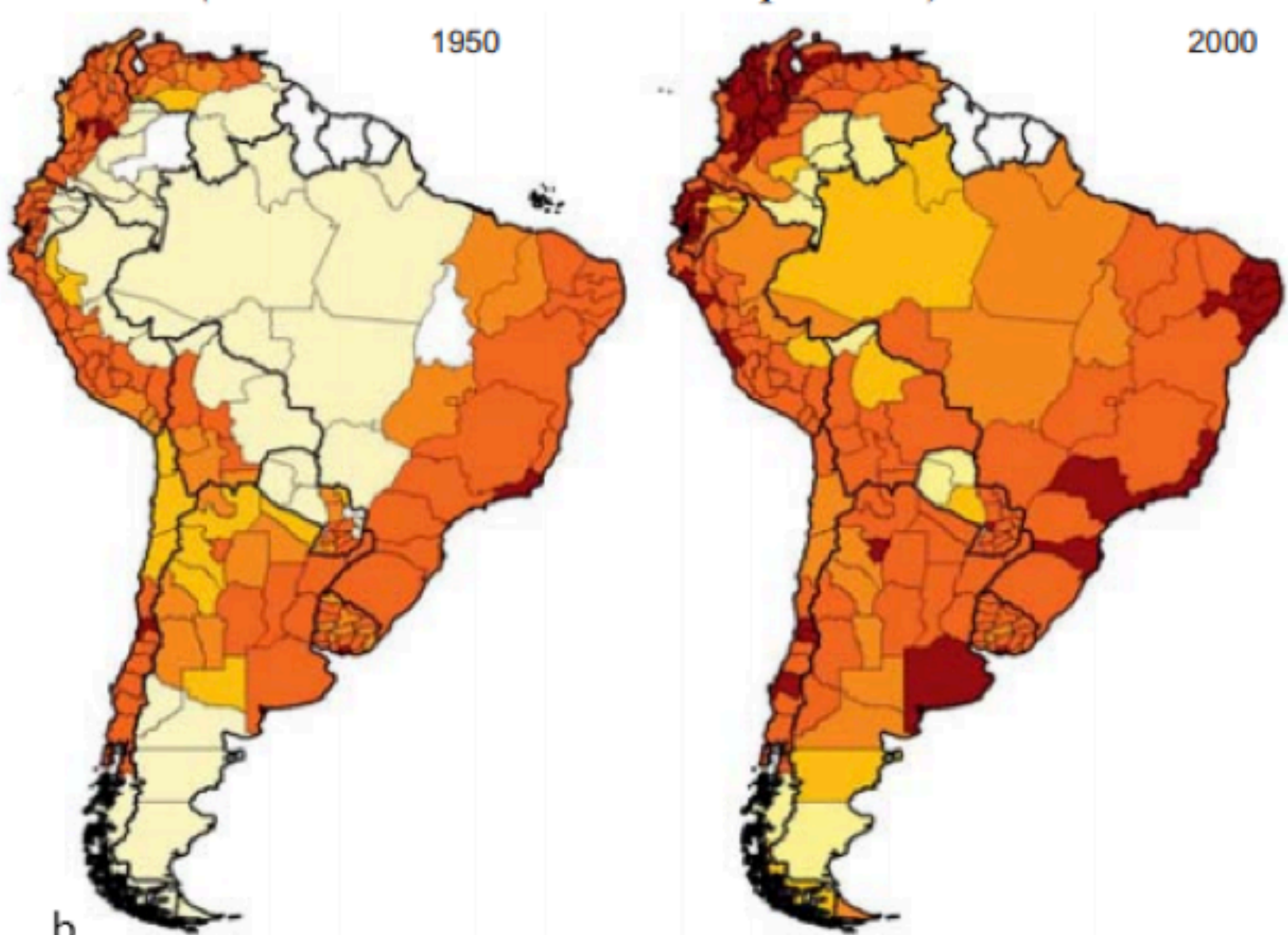
**Figura 5**  
Evolución de la densidad habitacional en habitantes/km entre los años 1950 y 2000. América Latina: a. América Central y el Caribe, b. América del Sur.







a.



b.



Fuente: CEPAL (2012)

Los coeficientes mostraron relaciones según las cuales cada 307.388 ton (1/3.25-6) de exportaciones implican aproximadamente mil millones de U\$ en el PIB, y que por cada mil millones de U\$ en exportaciones hay relación con cerca de dos mil quinientos millones de U\$ en el PIB. La expresión del

modelo resultante es:

$$y = -35.40 + (2.59 * x_1) + (3.25^{-6} * x_2)$$

Ec.2

Donde:

$y$  = PIB (mil millones U\$)

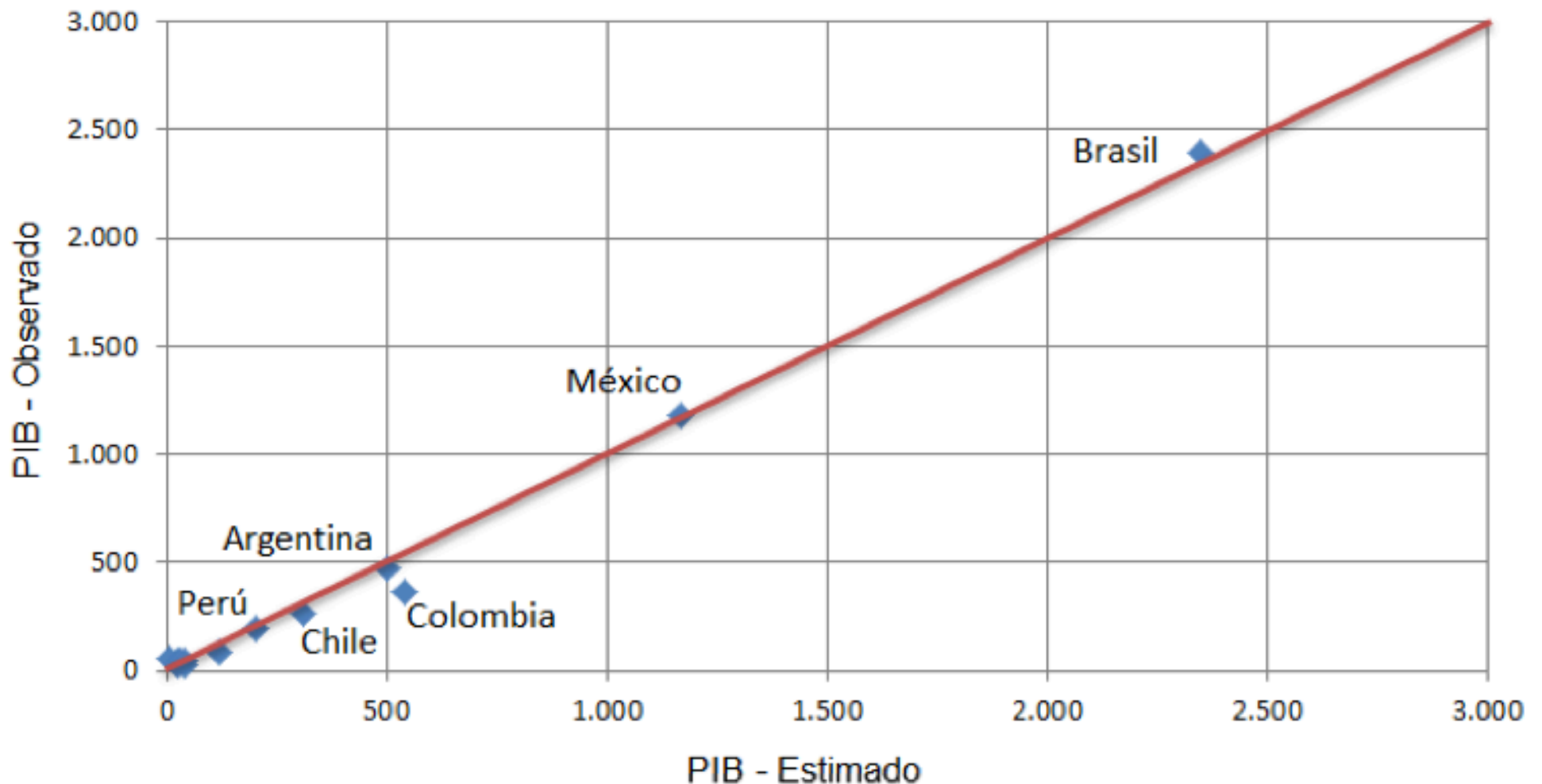
$x_1$  = Valor de las exportaciones (U\$ mil millones)

$x_2$  = Volumen de las exportaciones (ton)

La validez del modelo anterior se constata en la figura 6, en la cual es claro que los valores estimados por la ecuación 2 son bastante aproximados a los observados en la base de datos del BID, y que sirvieron para la correlación que da el modelo resultante.

**Figura 6**

Verificación gráfica de la validez del modelo para el Producto Interno Bruto PIB, a partir de cantidad y el valor de exportaciones anuales. América Latina.



Recapitulando, si hay claridad en la relación existente entre economía e infraestructura carretera de orden primario y entre economía y el comportamiento del sector exportador, ha de existir una relación suficientemente fundamentada entre la extensión de la red primaria carretera y el sector exportador. Siendo así, se procedió a modelar la relación entre el total de exportaciones (*en toneladas*) y la red vial carretera en cada país de la muestra regional.

En primer lugar, se correlacionaron el valor total de exportaciones en miles de millones de U\$ ( $y$ ) con el kilometraje total de carreteras ( $x_1$ ), el kilometraje total de la red primaria ( $x_2$ ) y el kilometraje total de la red secundaria ( $x_3$ ). El resultado mostró inconsistencia de signo con la red total de carreteras al sugerir que a menor valor del indicador se tendría mayor monto monetario en exportaciones; lo cual carece de criterio lógico y por tanto se descarta a  $x_1$ . La red secundaria no se muestra como explicativa de la variable dependiente, pues resultó un p-value de 0.60. Además, el  $R^2$  ajustado de la correlación muestra que esas 3 variables solo explican el 63% de los casos (*países*), y por tanto resulta estadísticamente no satisfactorio. No obstante, no se hizo caso omiso a la participación de la red primaria de carreteras  $x_2$  en la definición de los valores de "y" y se realizó una nueva correlación, esta vez para una sola variable  $x_2$ , pero resultó con un  $R^2$  aún más bajo: 56%, lo cual descarta la relación entre variables.

Por lo anterior, se concluye que la extensión de la red de carreteras en cualquiera de sus dos clasificaciones (*primaria y secundaria*) no influye significativamente en el valor monetario de las

exportaciones anuales en la media de países de América Latina.

Posteriormente se planteó un modelo con el total de exportaciones anuales, pero no en costo sino en cantidad (ton). Se emplearon nuevamente las mismas 3 variables independientes: kilometraje total de carreteras ( $x_1$ ), el kilometraje total de la red primaria ( $x_2$ ) y el kilometraje total de la red secundaria ( $x_3$ ). En esta ocasión al análisis de regresión mostró un buen nivel de correlación de las 3 variables con un  $R^2$  ajustado de 0.96, pero la red secundaria ( $x_3$ ) se descartó por inconsistencia de signo, y la red primaria ( $x_2$ ) no resultó ser explicativa por tener un p-value de 0.74. Siendo así, la única variable explicativa es la red total de carreteras ( $x_1$ ).

A continuación, se realizó una nueva correlación solo con  $x_1$  como variable independiente. Esta vez el  $R^2$  ajustado fue muy favorable con un valor de 94% y un p-value de 2.24-11 (*menor a 0.05 para un nivel de confianza de 95%*). El modelo indica que cada kilómetro de carretera (*en general, no está discriminada por red principal o secundaria*) hay implicación en cerca de 300 toneladas de mercancía exportada.

La ecuación del modelo es:

$$y = 136.750 + (298.75 * x_1) \quad \text{Ec.3}$$

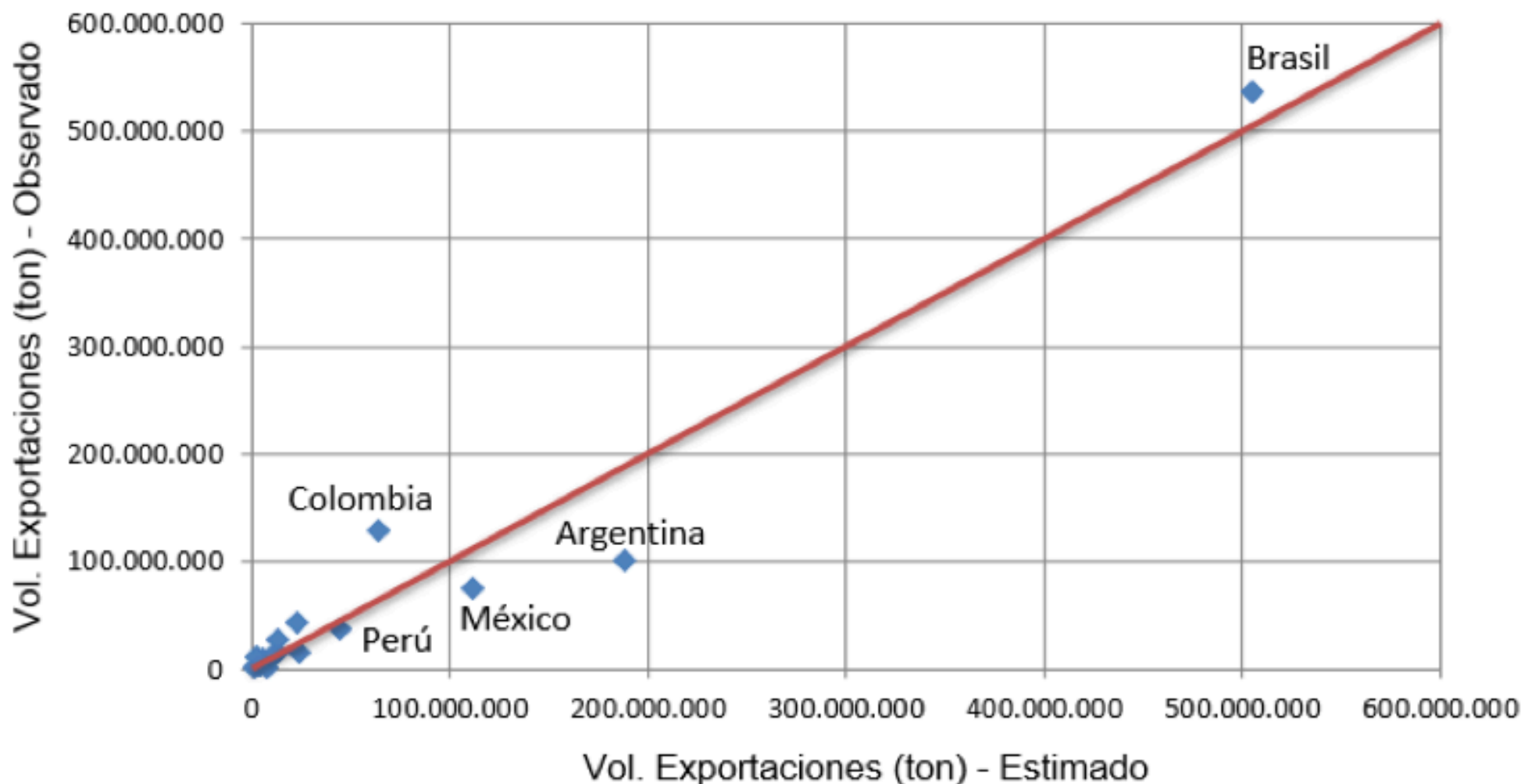
Donde:

$y$  = Volumen de exportaciones (ton)  
 $x_1$  = Red total de carreteras (km)

La figura 7 expone la validez del modelo de la ecuación 3 por medio de la tendencia de los datos observados (BID) y los estimados. Se aprecia un error relativamente significativo para Colombia y Argentina, pero de manera general se ajusta bien para la muestra de países.

**Figura 7**

Verificación gráfica de la validez del modelo para el Volumen de exportaciones, a partir de la extensión de la red total de carreteras. América Latina.



## 4. Conclusiones

El desarrollo de la red de carreteras en una muestra de los países más representativos de América Latina está debidamente correlacionado con el desarrollo económico del respectivo país, expresado este en términos de su Producto Interno Bruto (PIB). Si bien la literatura económica ha dejado esto en claro,



los modelos lineales presentados permiten conocer analíticamente esa relación.

Las variables dependientes que implican la red de carreteras (*extensión de la red total, de la red primaria, de la red secundaria, y de la red pavimentada*) no resultaron correlacionarse de una manera estadísticamente apropiada con la participación del sector transporte en el PIB. Pero el monto total del PIB si es explicado estadísticamente solo por la longitud de red primaria, por cuanto cada kilómetro se relaciona estadísticamente con una participación de aproximadamente veinte millones de U\$ en el PIB del país correspondiente.

Pero si la ventaja económica resulta ligada en parte a la extensión de la red de carreteras, esta tiene limitantes en su crecimiento y extensión, pues si no hay territorio disponible se dificulta crecer, al igual que si no hay población demandante. De esta premisa se encontró para la región que la superficie y la población explican en un 97% la extensión de la red carretera primaria y que por cada millón de habitantes se corresponden 226 kilómetros de vías principales, mientras que por cada 115 km<sup>2</sup> de superficie se corresponde tan solo 1 kilómetro de red primaria. Lo dicho manifiesta que las condiciones demográficas y territoriales de un país limitan su condición de infraestructura carretera, y esta a su vez el potencial económico a través del PIB.

El sistema de carreteras de un país cumple también su función comercial de conectividad a lo largo del territorio nacional con el fin de facilitar la labor de uno de los sectores económicos de mayor impacto a nivel mundial: el exportador; especialmente en el reciente escenario de economía globalizada. Por ello, se ha encontrado como modelo para la región que cada 307.388 toneladas exportadas se correlacionan con aproximadamente mil millones de U\$ en el PIB, y que cada mil millones de U\$ en exportaciones se correlacionan con cerca de dos mil quinientos millones de U\$ en el PIB.

Al ligar las relaciones demostradas se identificó que hay una relación entre la infraestructura carretera y el sector exportador. Esa relación se conforma teniendo como variable dependiente la cantidad o volumen de exportaciones (ton) y como variable explicativa o independiente la longitud de la red carretera nacional (km). El modelo encontrado explica que cada kilómetro de carretera se correlaciona con aproximadamente 300 toneladas de mercancía exportada.

Concluyendo, se tiene que hay una relación en la cual la mayor extensión territorial de un país latinoamericano, ligada a una mayor disposición demográfica, facilitan la extensión de su red carretera. Una mayor red carretera está a su vez relacionada con un mayor volumen exportador, que a su vez implica una mejor cifra en el PIB. Pero la relación directa de la red carretera con un mejor PIB es dependiente de la red vial carretera de orden primario, es decir, de aquella en mejores condiciones de infraestructura por geometría, capacidad vehicular, y rodadura; en las que se facilita y permiten mayores velocidades de circulación. A mayor red vial primaria, mayor PIB.

Por lo anterior, los países han de propender por una mejora continua de su red carretera, no solo ampliándola en donde se requiera, sino procurando una importante inversión tenga condiciones de red primaria.

En los distintos análisis se encontró que Brasil es el país con mejores indicadores en extensión de red carretera y PIB, seguido por México; los dos países de la región con mayor extensión territorial y población. A estos dos países se suman Colombia, Argentina, Perú y Chile como aquellos a destacar en su red carretera de orden primario y su PIB. Estos mismos 6 países muestran tendencia a los mayores valores demográficos, así como a las mayores superficies territoriales.

---

## Referencias bibliográficas

Acevedo J. (2009). *Resumen del libro: El transporte como soporte al desarrollo de Colombia. Una visión al 2040*. Revista de ingeniería No. 29, Universidad de Los Andes, Bogotá, p-p. 156 a 162. Disponible en: <http://www.redalyc.org/html/1210/121013257019/>.

Aschauer D. & Holtz-Eakin D. (1993). *Public infrastructure investment: A bridge to productivity growth?* The Jerome Levy Economics Institute of Bard College. Public policy brief No. 4.

Banco Interamericano de Desarrollo BID (2016). *Infraestructura y desempeño de las exportaciones en la Alianza del Pacífico*. Disponible en: <https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/7568/Infraestructura-y-desempeno-de-las-exportaciones-en-la-Alianza-del-Pacifico.pdf>

Banco Mundial (2014). *Transporte: resultados del sector*. Disponible en: <http://www.bancomundial.org/es/results/2013/04/14/transport-results-profile>. Revisado de agosto de



2017.

Barón F. J. & Téllez J. (2004). *Apuntes de bioestadística*. Universidad de Málaga, España.

Cárdenas M., Gaviria A. & Meléndez M. (2005). *La infraestructura de transporte en Colombia*. Centro de investigación económica y Social de Fedesarrollo. Disponible en: <http://www.repository.fedesarrollo.org.co/handle/11445/1035>

Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL, ONU (2012). *Población, territorio y desarrollo sostenible*. Disponible en: <http://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/2012-96-poblacion-web.pdf>

Escobal J. & Ponce C. (2003). *Innovaciones en la lucha contra la pobreza rural: Potencialidades y limitaciones*. La pobreza rural en América Latina: Lecciones para una reorientación de las políticas, serie Seminarios y conferencias, Nº 27, Santiago de Chile, CEPAL.

Fay M. y Morrison M. (2007). *Infraestructura en América Latina y el Caribe. Acontecimientos recientes y desafíos principales*. Banco Mundial, Washington, p. 151.

Lachler U., & Aschauer D. (1998). *Public investment and economic growth in Mexico*. The World Bank, México D.F.

Manterola C. y Pineda C. (2008). *El valor de "p" y la significación estadística*. Revista chilena de cirugía, Vol. 60, No. 1, p-p. 86-89.

Ministerio de Transporte, República de Colombia (2014). *Plan Estratégico de Infraestructura Intermodal de Transporte PEIIT*.

Ramírez J. & Aguas J. (2015). *Escalafón de la competitividad de los departamentos de Colombia 2015*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL, ONU, Santiago de Chile.

Sánchez R. (2005). *Provisión de infraestructura de transporte en América Latina: experiencia reciente y problemas observados*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL, ONU, Santiago de Chile.

U.S. Agency for International Development USAID (2011). *Aspectos claves en la gestión pública descentralizada. Desarrollo económico regional y local*. Disponible en:

[http://www.cepal.org/MDG/noticias/paginas/2/44322/Desarrollo\\_economico\\_regional\\_y\\_local\\_en\\_Peru.pdf](http://www.cepal.org/MDG/noticias/paginas/2/44322/Desarrollo_economico_regional_y_local_en_Peru.pdf)

Villareal S. & Ortiz D. (2016). *Transporte y mercado interno en Colombia*. Tiempo & economía, Vol 3, No. 1, p.p 83-107.

Zamora N. y Barrera O. (2012). *Diagnóstico de la infraestructura vial actual en Colombia*. Escuela en Administración de Negocios EAN, Facultad de Posgrados, Bogotá.

---

1. Ingeniero Civil. PhD en Gestión Territorial e Infraestructuras del Transporte. Profesor Titular del Programa de Ingeniería Civil, Universidad de La Salle, Bogotá D.C. Email: [caurazan@unisalle.edu.co](mailto:caurazan@unisalle.edu.co)

2. Ingeniero Civil. PhD. Director Maestría en Infraestructuras y Sistemas de Transporte. Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. Email: [daescobarga@unal.edu.co](mailto:daescobarga@unal.edu.co)

3. Phd (c), Profesor Auxiliar del Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. Email: [camoncadaa@unal.edu.co](mailto:camoncadaa@unal.edu.co)

4. La Alianza del Pacífico nació como una iniciativa económica y de desarrollo entre cuatro naciones de América Latina: Chile, Colombia, México y Perú. Es un mecanismo de articulación política, económica, de cooperación e integración que busca encontrar un espacio para impulsar un mayor crecimiento y mayor competitividad de las cuatro economías que la integran.

<https://alianzapacifico.net/>

5. <http://logisticsportal.iadb.org/data/>

---

Revista ESPACIOS. ISSN 0798 1015  
Vol. 38 (Nº 61) Año 2017

[Index]

[En caso de encontrar un error en esta página notificar a [webmaster](#)]

©2017. revistaESPACIOS.com • ®Derechos Reservados