



Documento de trabajo del BID # IDB-WP-291

Brechas de infraestructura, crecimiento y desigualdad en los países andinos

Omar Zambrano
Gabriela Aguilera-Lizarazu

Mayo 2011

Banco Interamericano de Desarrollo
Departamento de Países del Grupo Andino

Brechas de infraestructura, crecimiento y desigualdad en los países andinos

Omar Zambrano
Gabriela Aguilera-Lizarazu

Banco Interamericano de Desarrollo



Banco Interamericano de Desarrollo

2011

Información de catálogo para publicaciones provista por el
Banco Interamericano de Desarrollo
Biblioteca Felipe Herrera

Cataloging-in-Publication data provided by the
Inter-American Development Bank
Felipe Herrera Library

Zambrano, Omar.

Brechas de infraestructura, crecimiento y desigualdad en los países andinos / Omar Zambrano, Gabriela Aguilera-Lizarazu.

p. cm. (IDB working paper series ; 291)

Includes bibliographical references.

1. Infrastructure (Economics)—Andes Region. I. Aguilera-Lizarazu, Gabriela. II. Inter-American Development Bank. Country Department Andean Group. III. Title. IV. Series.

<http://www.iadb.org>

Los documentos publicados en la serie “Documentos de trabajo” del BID son de la más alta calidad académica y editorial. Todos ellos fueron sometidos a una revisión de pares por expertos reconocidos en su campo, y fueron editados profesionalmente. Los puntos de vista y las opiniones que se presentan en este documento de trabajo son exclusivamente de los autores y no necesariamente reflejan los del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representan.

Este documento puede reproducirse libremente.

Omar Zambrano

omarz@iadb.org

Resumen*

Por diversas razones y canales de transmisión, el stock y la calidad de la infraestructura de un país es un indicador fundamental de su nivel de desarrollo y del bienestar general que ofrece a sus habitantes. El presente documento calcula las brechas de infraestructura para la subregión andina, el costo de cerrar dichas brechas y, basado en un panel de 209 países desde 1960, estima los potenciales impactos de cerrar dichas brechas sobre el crecimiento y la desigualdad del ingreso. Los resultados indican que persisten en la subregión andina importantes brechas en infraestructura y que el costo de cerrar dichas brechas implica una movilización de recursos físicos y financieros de gran magnitud. Para los países andinos la inversión en aumento de la cantidad y calidad de la infraestructura puede producir ganancias positivas y significativas en crecimiento económico, estimadas hasta en 4,0 puntos adicionales en crecimiento promedio. Asimismo, se estima que la inversión en infraestructura generaría notables mejoras en la distribución del ingreso, ubicadas para los países de la subregión en un rango de hasta 15% del índice de Gini de 2009.

Clasificación JEL: E22, H54, O4, D31.

Palabras clave: inversión, brecha de infraestructura, crecimiento, desigualdad.

* El presente documento forma parte de la agenda de investigación de la Oficina del Asesor Económico Regional de la Comunidad Andina del Banco Interamericano de Desarrollo. Las versiones iniciales de este documento contaron con el valioso aporte de Matteo Grazzi. Especial agradecimiento a Mathieu Etorneau por su excelente asistencia de investigación, capacidad de recolección de datos y su colaboración en las primeras versiones de éste trabajo. La información recopilada para Bolivia no habría estado disponible sin su aporte.

I. Introducción

El stock de infraestructura de un país definido como la acumulación de bienes durables, de uso público o no, que son necesarios para que una organización económica y social funcione adecuadamente, es reconocido por la literatura como un indicador fundamental del nivel de desarrollo y prioridad en la agenda de políticas públicas de cualquier país.

Existe consenso en la literatura económica sobre el rol que tiene la dotación en infraestructura en el desempeño económico-social de los países, en particular sobre variables como el crecimiento económico, productividad, pobreza y la desigualdad. Por ejemplo, Briceño *et al* (2004) y Straub (2008), en trabajos de revisión de estudios empíricos, encuentra que la mayoría calificada de los trabajos de investigación analizados, describen una relación positiva y significativa entre infraestructura y desarrollo económico, sobretodo en países en desarrollo. Aschauer (1989), establece una relación causal empírica entre inversión pública y productividad total de los factores. Otros estudios como Easterly y Rebelo (1993); Sánchez-Robles (1998); Roller y Waverman (2001), encuentran evidencia de que la productividad de la economía depende positivamente de la provisión total y calidad de la infraestructura.

Looney y Frederiksen (1981), Liu *et al* (1997) y Calderón y Chong (2004), partiendo de que la provisión de infraestructura ayuda a los individuos más pobres y a las áreas menos desarrolladas a integrarse a las actividades centrales de la economía y a los servicios básicos de educación y salud, establecen un vínculo entre la inversión en infraestructura, la calidad de dicha infraestructura y la disminución de la pobreza y de las desigualdades de ingreso. .

Brenneman (2002), analiza el impacto en las provisiones de servicios de infraestructura en los sectores de transporte, telecomunicaciones agua y saneamiento, concluyendo que el impacto sobre la pobreza y la desigualdad está relacionado con los siguientes canales:

Cuadro No.1.

Potenciales impactos socio-económicos de la provisión de infraestructura

Sector	Impactos Verificados
Agua y saneamiento	Reduce el tiempo que se gasta en ir a recoger agua Disminuye las enfermedades producto de la ingesta de agua no potable (infecciones)
Energía	Aumenta el alfabetismo y calidad de la educación debido al acceso de electricidad. Disminuye el tiempo que la familia o el niño ocupa para ir a recoger energías alternativas (leña)
Transporte	Ahorra tiempo y esfuerzo para asistir al establecimiento educativo
Telecomunicaciones	Mejora la calidad y acceso de información en la educación

Fuente: Breneman 2002, Infrastructure & Poverty Linkage. A literature review. Banco Mundial

En cuanto a la relación entre stock de infraestructura y crecimiento económico. Prud'homme (2004), identifica las distintas relaciones entre infraestructura y crecimiento económico vía dos actores principales de la economía: las familias y las empresas, quienes son a su vez los consumidores de los servicios de infraestructura. Por otro lado, en su prolífica línea de investigación, Calderón y Servén (2003, 2004 y 2008), subrayan el retraso relativo de LAC en cuanto a la inversión en infraestructura, estiman las brechas de infraestructura para la región, y muestran que un incremento de algunas de las infraestructuras analizadas puede aumentar el crecimiento del producto (y disminuir la desigualdad) de manera significativa. En cuanto a trabajos de ámbito nacional, Guasch (2004), muestra que la inadecuada dotación de infraestructura, afecta sustancialmente los costos logísticos en toda la región, llegando a un 34 por ciento del valor total del producto en Perú y de 15 por ciento en Chile, por ejemplo. Gachassin et al (2010), concluyen que la infraestructura vial ayuda a reducir la pobreza, en la medida que ofrezca oportunidades laborales fuera del sector agrícola.

El presente trabajo analiza el desempeño reciente de los cinco países andinos en cuanto a dotación de infraestructura, calcula las brechas de infraestructura para cada sector analizado y, estima el posible impacto que, sobre el crecimiento y la desigualdad del ingreso, podría tener el cierre de dicha brecha. El documento está dividido en cinco secciones, luego de una breve introducción a manera de motivación y revisión de la literatura, la sección II analiza las condiciones actuales de Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia, en cuanto a la acumulación de las principales infraestructuras básicas (transporte, agua y saneamiento,

telecomunicaciones, energía) y su posición relativa con respecto a los promedios regionales. La sección III hace una estimación de la brecha de infraestructura de cada sector específico para cada uno de los países, basada en un modelo logarítmico fraccional con datos de panel propuesto por Wooldrige (1993). Dicha estimación se realiza utilizando el método GEE y una función de probabilidad acumulativa como en Grazzi (2009), aplicado sobre un panel balanceado para 209 países desde 1960. Posteriormente, se estima el costo monetario de cerrar dichas brechas utilizando precios referenciales estimados por Fay (2003) y ajustados por inflación. La sección IV estima, a partir de especificaciones funcionales estándar de crecimiento económico y desigualdad, el impacto del cierre de la brecha de infraestructura estimada sobre dichas variables. Para ello se incorpora con co-variante un índice compuesto de infraestructura calculado mediante el método de Análisis de componente Principal (PCA). Finalmente, la sección V ofrece, a manera de conclusión, las principales implicaciones y recomendaciones de política.

II. Condiciones Actuales de Infraestructura en los Países Andinos

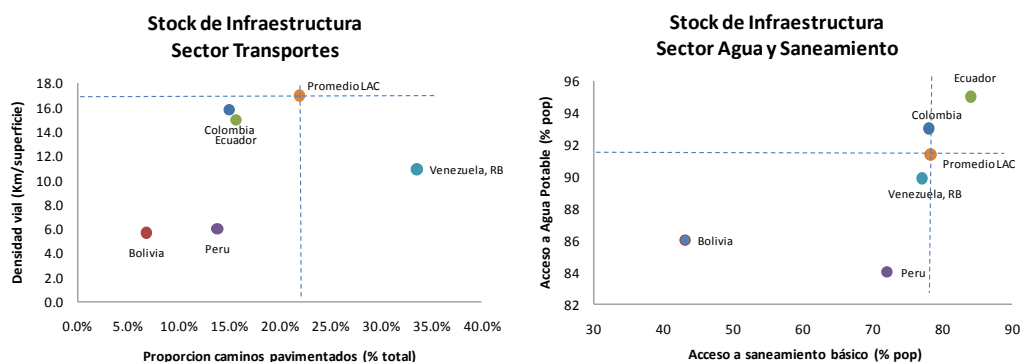
Desde principios de la década de los 90s, América Latina y el Caribe experimentó un aumento importante en sus indicadores de cobertura y de calidad de la infraestructura en la mayoría de los sectores y países. El progreso observado incluyó importantes mejoras en el acceso a agua y saneamiento, electricidad, telecomunicaciones, puertos y aeropuertos. Sin embargo, el único sector que no presenta grandes cambios en cuanto a cobertura es el sector de transporte terrestre (Fay y Morrison, 2007). A pesar de estos avances existen evidencias de que la región avanzó a una tasa más lenta que otras regiones emergentes como el Sudeste Asiático, y que las mejoras en infraestructura han hecho poco por cerrar la brecha con los países avanzados de la OECD (CAF, 2010)

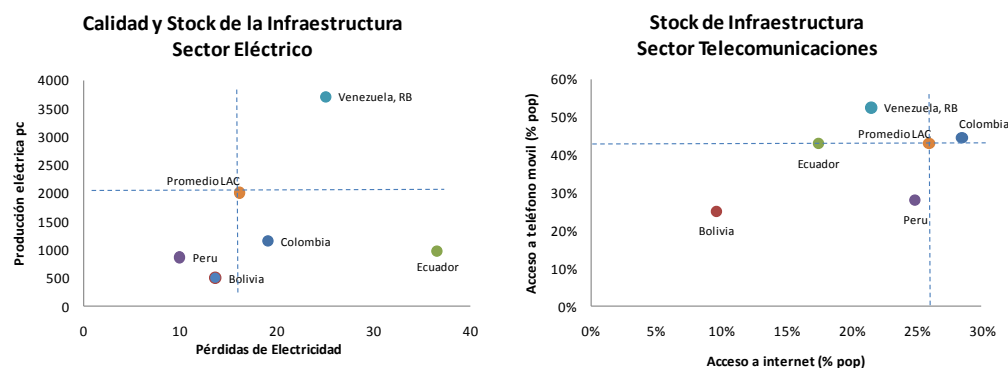
Las tendencias regionales descritas ocurrieron en un contexto donde las crisis macroeconómicas fueron frecuentes, lo cual redujo el espacio fiscal para la inversión pública, al mismo tiempo que hubo importantes innovaciones técnicas, financieras y regulatorias que permitieron que el sector privado compensara, sólo parcialmente, el repliegue de la inversión pública, el cual lo llevó a ser un actor fundamental en la provisión de infraestructura de la región.

Desde principios de los años 90s, la subregión andina también experimentó, aunque con gran variabilidad entre sus países y con retrocesos muy marcados en algunos de sus integrantes, la misma transformación regulatoria que permitió que el sector privado tomara un rol más relevante en la provisión de infraestructura, sobretudo en la infraestructura relacionada a la provisión de servicios públicos. Así, parte del avance observado en algunos indicadores de infraestructura de la subregión andina se produjo en el marco de la incorporación de la inversión privada en áreas como la generación, transmisión y distribución de electricidad; servicio de agua y saneamiento básico; telecomunicaciones; y, en menor medida, en el sector de transportes. Los marcos regulatorios que dieron apertura a esta tendencia resultaron, sin embargo, bastante volátiles, con cambios de política abruptos en los sectores de servicios básicos, electricidad y telecomunicaciones, que devolvieron a manos del sector público el control monopólico de dichos sectores en países como Bolivia y Venezuela y, en menor medida, Ecuador.

En la actualidad, los resultados obtenidos en la subregión andina con respecto a indicadores de stock y calidad de infraestructura son mixtos, con áreas donde sus países integrantes se encuentran por encima de los promedios de LAC, y áreas donde existen déficits con respecto a la región. El gráfico compuesto No.1 muestra un resumen de la posición relativa de la subregión en cuanto a diferentes dimensiones de infraestructura básica (promedios 2001-2009).

Gráfico No.1. Región Andina: Indicadores comparados de infraestructura básica.
Comparación con promedio LAC





Fuente: Elaboración propia con base en datos del WDI 2010

De acuerdo al gráfico anterior, el sector de infraestructura de transporte de la subregión andina es, comparativamente hablando, el que muestra peores indicadores con respecto al resto de la región. Se puede observar que todos los países de la subregión andina se encuentran por debajo del promedio de LAC en densidad vial (Km. de vías por cada Km² de superficie del territorio nacional); asimismo, se confirma que todos los países de la subregión, a excepción de Venezuela, se encuentran por debajo del promedio regional en cuanto a al indicador de proporción de vías pavimentadas con respecto al total de vías del país.

En términos de indicadores del sector de agua y saneamiento se observa que Colombia y Ecuador se encuentran por encima de los promedios de LAC en cuanto a porcentaje de la población con acceso tanto a agua potable como a saneamiento básico. Por su parte, Venezuela se encuentra ligeramente por debajo en ambos indicadores. En el caso del Perú, existe una brecha importante en ambos indicadores con respecto a los promedios de LAC. Finalmente, Bolivia es por mucho, el país con los déficits más importantes en términos de acceso de su población al agua potable y al saneamiento básico.

Los indicadores de producción y calidad del sector eléctrico muestran bastante dispersión en la región andina. Venezuela es el país de la subregión que muestra mejores indicadores con respecto al promedio regional de producción eléctrica, sin embargo también supera con creces el promedio regional de pérdidas de dicha producción. Por su parte, Perú y Bolivia se encuentran por debajo de los promedios regionales de producción eléctrica, pero mantienen sus pérdidas en el sector relativamente bajas. Lo contrario sucede en Colombia y

Ecuador, quienes no alcanzan los promedios regionales en producción de energía eléctrica y, al mismo tiempo sus pérdidas eléctricas superan ampliamente el *benchmark* regional.

En el sector de telecomunicaciones, Colombia es el líder subregional en acceso a internet y telefonía móvil. Por su parte, Venezuela y Ecuador muestran niveles relativamente altos de acceso a telefonía móvil, pero se encuentran por debajo en sus indicadores de acceso a internet. El Perú, por su parte se encuentra ligeramente por debajo de los promedios regionales de acceso a internet, pero muestra claros déficits en el nivel de penetración de la telefonía móvil. Finalmente, Bolivia muestra amplios déficits en ambos indicadores con respecto a los promedios regionales.

III. Brechas de Infraestructura en países de la CAN

a. Aspectos Metodológicos

Para tener una aproximación más precisa de la posición relativa de los países de la subregión en cuanto a sus indicadores de infraestructura, pero controlando por las características particulares de cada uno, se estimó la brecha de infraestructura siguiendo a Grazzi (2009). La estimación realizada utiliza como variable exógena cada uno de los indicadores de infraestructura seleccionados¹. El modelo econométrico se formula de la siguiente manera:

$$IF_{it}^j = \alpha_0 + \alpha_1 PIBpc_{it} + \alpha_2 Estructura_{it} + \alpha_3 Geografia_{it} \quad (1)$$

La formulación anterior implica que el stock de infraestructura o calidad de la infraestructura - IF_{it}^j - del sector j del país i en el periodo t , está definido por el nivel de desarrollo del país $PIBpc_{it}$, por variables estructurales propias al país $Estructura_{it}$ y por variables geográficas $Geografia_{it}$.

Entre los covariantes seleccionados se utilizó el Producto Interno Bruto Per Cápita como proxy del desarrollo relativo de cada país. Entre las variables estructurales utilizadas, que se incorporan para caracterizar la estructura económica y social del país, se encuentran la densidad poblacional, la tasa de urbanización, el porcentaje del sector de manufactura o de la industria sobre el PIB y el grado de integración comercial de la economía. Entre las variables geográficas consideradas para explicar el desarrollo relativo de las distintas infraestructuras,

¹ Ver Anexos

se encuentra la situación de enclave del país; una variable construida para medir la “irregularidad del terreno”² o intensidad de la superficie montañosa y/o accidentada sobre la superficie del territorio nacional; y el promedio de altura del territorio nacional.

La estimación de la ecuación (1) confronta un problema potencial de endogeneidad del $PIBpc_{it}$ con respecto al nivel de dotación de una infraestructura determinada, ya que es posible argumentar que dichas variables están determinadas conjuntamente con el resto de las variables endógenas de la economía. Para hacer frente al problema de endogeneidad mencionado, lo ideal sería contar con un instrumento estrictamente exógeno a la determinación del producto que impacte el nivel de infraestructura desigualdad. Ante la ausencia de éste tipo de instrumentos, para éste documento se optó por el uso de un instrumento interno, de acuerdo a los lineamientos descritos por Arellano y Bond (1991). El instrumento interno está dado por los rezagos adecuados del $PIBpc_{it}$ ³.

Para la estimación de la especificación antes mencionada, se utilizó como materia prima un panel de datos macroeconómicos que comprende 209 países a lo largo del periodo 1960 -2009. Para fortalecer el balance del panel y descontar por el hecho de que algunas variables de infraestructura fluctúan muy lentamente desde el punto de vista anual, se trabajó con promedios cada cinco años. El resultado es un panel fuertemente balanceado.

Debido a que las variables exógenas son, en su mayoría, proporciones cuyo rango oscila entre 0 y 1, se utilizó un modelo logarítmico fraccional con datos de panel, propuesto por Wooldridge (1993)⁴. Método de estimación elegido fue el de GEE (*Generalized Estimating Equation*), con una función de probabilidad acumulativa de tipo logístico como en Grazzi (2009), pero a diferencia de éste último, el presente trabajo explota la variancia del conjunto de datos de corte transversal y series de tiempo. La estimación de la especificación es la siguiente:

² La construcción de la variable “irregularidad del terreno” se basa en la noción técnica de que la determinación de costos y riesgos de algunas infraestructuras, en particular, de transporte y transmisión de electricidad, serán mayores a medida que la superficie sea densamente accidentada o se trate de una superficie llana (signo esperado de la variable “irregularidad del terreno” es negativo). La variable construida es la aproximación al territorio de los países de la fórmula tradicional del volumen de una pirámide: $Volumen\ Pirámide = ((A \times L \times h)/3)$, aplicado a la superficie de los países, utilizando su superficie como *Base Cuadrangular* de la pirámide, y la altura de su montaña más alta como *Altura (h)*. La aproximación piramidal permite tener una noción del *Volumen* de los países como proxy de cuan *denso* es su territorio.

³ Este método puede implicar un problema adicional cuando las variables explicativas tienen persistencia temporal. En éste caso los rezagos de las variables explicativas son instrumentos débilmente exógenos, lo cual plantea un posible problema de aumento de la varianza asintótica del estimador y podría implicar un sesgo de tamaño de muestra. Para mitigar estos riesgos podría ser recomendable estimar el modelo en primeras diferencias, lo cual dificulta la interpretación y excede el alcance de éste trabajo.

⁴ Ver anexo 3. Para variables no fraccionales un modelo de panel agrupado estimado por OLS fue estimado.

$$\widehat{IF}_{it}^j = E (IF_{it}^j | X_{it}) = G (\alpha_0 + \beta X_{it}) \quad (2)$$

Donde las brechas de infraestructura se definen como la diferencia entre el valor observado y el valor estimado de cada indicador sujeto al vector de covariantes explicativos, o lo que es lo mismo, la brecha es igual al término residual de la formulación econométrica implementada, definido por:

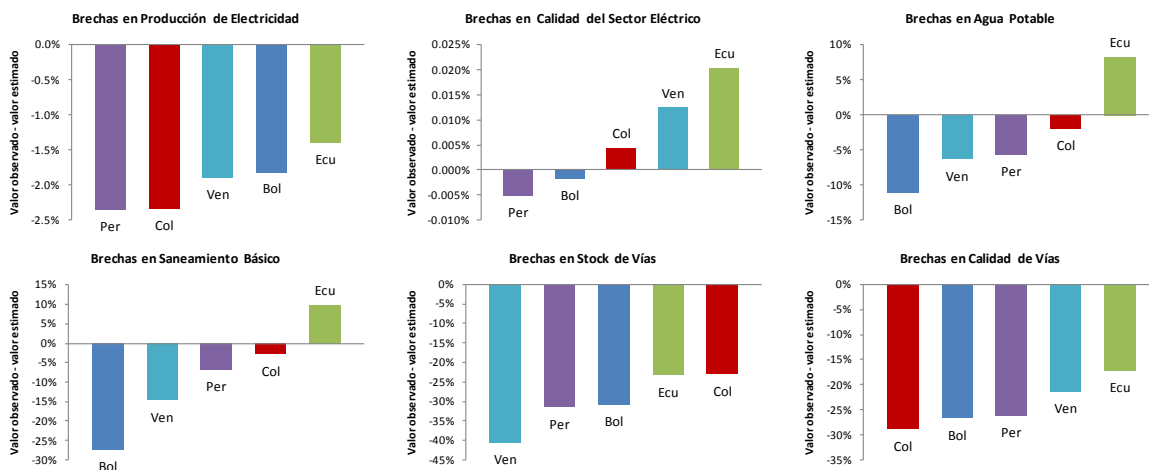
$$\varepsilon_{it} = IF_{it}^j - \widehat{IF}_{it}^j \quad (3)$$

$$IF_{it}^j = \alpha_0 + \alpha_1 PIBpc_{it} + \alpha_2 Estructura_{it} + \alpha_3 Geografia_{it} + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

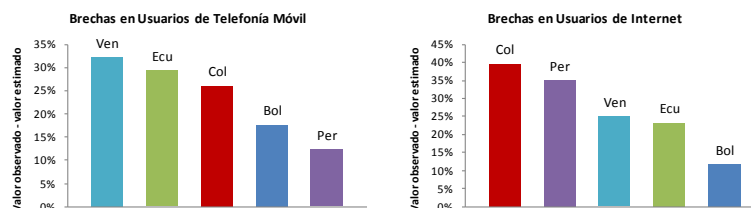
b. Brechas de Infraestructura Estimadas para la Subregión Andina

El Gráfico No. 2 muestra la estimación de las brechas para seis distintos tipos de infraestructuras básicas y para cada uno de los cinco países integrantes de la subregión andina. Las brechas de infraestructura están definidas como en la ecuación (4)⁵.

**Gráfico No.2. Región Andina: Brechas de infraestructura básica.
Promedios 2001-2009 (%)**



⁵ La estimación econométrica y su mejor especificación se encuentran en los anexos de este documento.



Fuente: Elaboración propia con base en datos del WDI 2010

Las brechas de infraestructura estimada para los países no resultan homogéneas ni por países, ni por sectores. Por ejemplo, se puede observar que en cuanto al sector eléctrico, todos los países de la subregión observan un déficit de stock de infraestructura de energía (medida por capacidad instalada de generación eléctrica per cápita) de acuerdo a su grado relativo de desarrollo y sus características. Relativamente hablando, Perú y Colombia son los países con una brecha más amplia en generación eléctrica, aunque en ningún caso dichas desviaciones son importantes en magnitud. Asimismo, Bolivia y Perú son los únicos países de la subregión que presentan un déficit en cuanto a indicadores de calidad del servicio eléctrico, con el resto de los países andinos mostrando un indicador por encima de lo esperado (medido por % de pérdidas eléctricas)⁶.

En cuanto al sector de agua y saneamiento, los valores estimados para Ecuador, tanto para el caso de saneamiento básico, como para el de acceso a agua potable, indican que no existen brechas en éstas áreas. Por el contrario, Bolivia y Venezuela muestran las brechas más significativas tanto en agua como en saneamiento. Por su parte, Perú y Colombia muestran brechas relativamente moderadas.

El sector de telecomunicaciones, aproximado en ésta estimación por el accesos a internet y telefonía básica, resulta un sector en el cuál todos los países de la subregión andina muestran niveles de acceso superiores a lo esperado de acuerdo a su grado relativo de desarrollo y sus características fundamentales como países.

Finalmente, las brechas de infraestructura más importantes observadas en la subregión, desde el punto de vista de su magnitud y prevalencia, son aquellas

⁶ Aunque los términos de potencia (Kw) son más adecuados para medir capacidad instalada de generación eléctrica, y los términos de energía (Kwh) resultan más adecuados para medir consumo, debe tenerse cuidado en no confundirlos. Los costos asociados a cerrar la brecha de generación eléctrica en Fay (2003) están referidos a costos de capacidad instalada (Kw), pero es posible operar bajo el supuesto de que cada Kw adicional de capacidad instalada de generación eléctrica implica un Kw/año de energía consumida adicional. Este supuesto simplificador (implica cero pérdidas), resulta útil para obtener un equivalente en Kwh per cápita necesario para la estimación del costo de cerrar la brecha.

correspondientes a la cantidad y calidad de la infraestructura vial. Todos los países andinos muestran una importante brecha en el indicador de densidad vial (Km. de carreteras ponderados por la superficie del país) y en el indicador de calidad de dichas carreteras (% de rutas asfaltadas). Venezuela y Perú son los países con menor penetración vial relativa dado su desarrollo relativo, mientras Colombia y Bolivia muestran profundas brechas de calidad de su red vial.

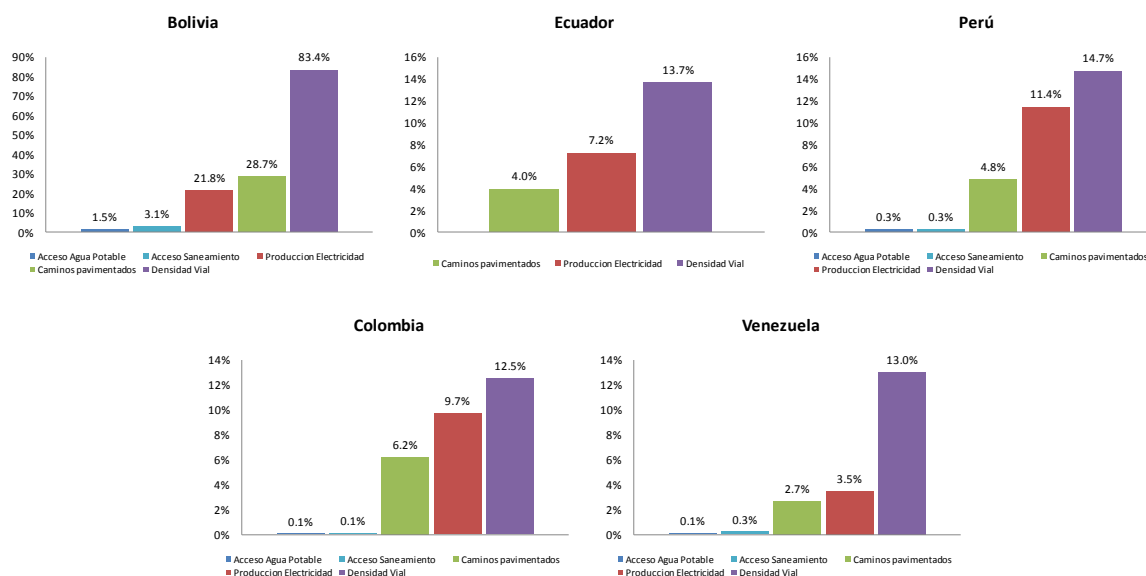
c. Costos de Cerrar las Brechas de Infraestructura en CAN

Aunque los déficits de infraestructura descritos en la sección anterior resultan ilustrativos de la magnitud de los retos de desarrollo sectorial que enfrenta la subregión andina, un obstáculo quizá más importante será el cómo movilizar recursos para avanzar en la superación de dichas brechas. Para tener una primera aproximación de las necesidades de inversión en infraestructura de la subregión, una vez estimadas las brechas, es posible una cuantificación monetaria de cerrar dichas brechas basada en precios referenciales. En este caso, se utilizaron diversas fuentes de estimación de costos unitarios de provisión de infraestructura, los cuales fueron ajustados por inflación hasta 2010. El siguiente cuadro muestra los precios unitarios de provisión de infraestructura utilizados para esta estimación.

Cuadro No.2.
Costos Unitarios de Provisión de Infraestructura

Sector	Precio en US\$	Unidad	Fuente
Agua	400	Por familia conectada	Fay (2003)
Saneamiento	700	Por familia conectada	Fay (2003)
Caminos	255	Por kilómetro pavimentado	World Bank (2000)
	775.000	Por kilómetro de construcción de vías pavimentadas de caminos desde la fase inicial	World Bank (2000)
Electricidad	1.900	Por kilowatt de capacidad instalada de generación incluyendo el costo de redes.	Fay (2003)

Gráfico No.3. Región Andina: Costos estimados de cerrar las brechas de infraestructura básica. (% del PIB de 2009)



El gráfico anterior muestra un resumen del costo de cerrar las brechas de infraestructura estimadas como porcentaje del tamaño de cada una de las economías. Resulta evidente que el esfuerzo financiero, medido en términos del PIB, es proporcional no sólo a la magnitud de la brecha observada, sino también al tamaño relativo de cada economía.

En el caso de Bolivia, el costo aproximado de cerrar las brechas estimadas de stock de infraestructura vial es de tal magnitud (83% del PIB), que requerirá una estrategia de largo plazo en cuanto a movilización de recursos físicos y financieros. Lo mismo podría decirse en cuanto a los costos estimados de cerrar las brechas de calidad vial (30% del PIB) y producción de electricidad (22% del PIB), cuya magnitud representa una carga financiera muy relevante como proporción del tamaño de una economía todavía muy pequeña. En cambio, la inversión estimada para cerrar las brechas en el sector de agua y saneamiento podrían atenderse mediante una planificación más de corto y mediano plazo.

En el caso de Ecuador, los costos de cerrar las brechas de stock infraestructura vial (14% del PIB) y de calidad vial (4% del PIB) requerirán un esfuerzo de movilización de recursos que no resulta trivial. Por su parte, Ecuador necesitaría invertir un estimado de 7% de su PIB en infraestructura de generación de energía eléctrica para cerrar su brecha en ese sector.

En el caso de Perú, la brecha más apremiante también es la de stock de infraestructura vial (15% del PIB), seguidas por los costos de cerrar los déficits en generación eléctrica (11% del PIB) y calidad vial (5% del PIB). En el caso de Perú, las inversiones necesarias para cerrar las brechas en el sector de agua y saneamiento son relativamente más modestas (0,6% del PIB en total).

Venezuela presenta un déficit de penetración de carreteras que podría subsanar, según esta estimación, invirtiendo 13% del PIB en el sector. Asimismo, el país requeriría aproximadamente 4% del PIB en inversiones en generación eléctrica para alcanzar un nivel acorde con su desarrollo relativo y sus características. En cuanto a calidad vial, la estimación apunta a una brecha que costaría 3% del PIB en cerrar. Por su parte, cerrar las brechas estimadas en agua y saneamiento requeriría de inversiones relativamente menores (0,4% del PIB, aproximadamente).

La brecha más costosa de cerrar para Colombia sería la de generación de energía eléctrica, que requeriría 13% del PIB de ese país. Las inversiones en calidad y penetración de la infraestructura vial requerirían a su vez importantes inversiones por el orden de 6% y 10% del PIB, respectivamente. Finalmente, Colombia presenta un pequeño déficit en el sector de agua potable y saneamiento que requeriría de inversiones relativamente menores (0,2% del PIB).

IV. Infraestructura, Crecimiento y Desigualdad en países de la CAN

a. Aspectos Metodológicos

Para estimar el potencial impacto que podría tener el cerrar la brecha de infraestructura estimada en la sección anterior sobre el crecimiento y la desigualdad de los países andinos, se utilizó el mismo panel de datos macroeconómicos para 209 países durante el periodo 1960-2009. Como se explicó con anterioridad, se trabajó con promedios cada cinco años para fortalecer el balance del panel.

La especificación de crecimiento utilizada fue la siguiente:

$$Crecimiento_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 K_{i,t} + \gamma_2 IFstock_{i,t} + \gamma_3 IFcalidad_{i,t} + \varphi_i + \varepsilon_{i,t} \quad (5)$$

Por su parte, la especificación para la ecuación de desigualdad fue la siguiente:

$$Desigualdad = \gamma_0 + \gamma_1 K_{i,t} + \gamma_2 IFstock_{i,t} + \gamma_3 IFcalidad_{i,t} + \omega_t + \varepsilon_{i,t} \quad (6)$$

La variable dependiente de crecimiento económico está definida cómo la tasa de variación porcentual del PIB real o del PIB real per cápita. Por su parte, la variable dependiente de desigualdad está medida por el índice de Gini. Ambas variables provienen del WDI del Banco Mundial desde 1961-2009 (Gini desde 1981).

En ambas especificaciones el vector K representa un set de covariantes de control tradicionalmente utilizadas en la literatura como en Calderón y Servén (2004), Chong (2004) y otros. Las estimaciones incluyen variables de estabilidad económica (inflación), estabilidad fiscal (tamaño del déficit fiscal primario), profundidad en el grado de integración económica (exportaciones + importaciones como porcentaje del PIB), capital humano (% de acceso a la escuela primaria, secundaria e indicadores de salud), desarrollo financiero (M2/PIB, Crédito Doméstico/PIB) y estabilidad social (número de muertos en conflictos por año). Para medir el impacto de las variables de stock y calidad de infraestructura se incluyeron las variables de *índice de stock de infraestructura* e *índice de calidad de infraestructura* ($IFstock_{i,t}$, $IFcalidad_{i,t}$), construidas como el primer componente principal calculado a partir del método PCA (*Principal Component Analysis*)⁷. Asimismo, el panel estimado se calculó con efectos fijos por cada país, representado por φ_i .

La estimación de las ecuaciones (5) y (6) confronta un problema potencial de endogeneidad de los regresores, afectando en principio tanto a los determinantes estándar del crecimiento (por ejemplo, variables como la inflación, la profundización financiera, etc.), que se suelen incluir en el crecimiento y/o la desigualdad así como las medidas de infraestructura, ya que es posible argumentar que dichas variables están determinadas conjuntamente con el resto de las variables endógenas de la economía. Para hacer frente al problema de endogeneidad mencionado, lo ideal sería contar con un conjunto de instrumentos adecuados estrictamente exógenos a la determinación del producto o la desigualdad. Ante la ausencia de éste tipo de instrumentos, para éste documento se optó por el uso de una estructura de instrumentos internos, de acuerdo a los lineamientos descritos por Arellano

⁷ Ver anexos

y Bond (1991). El conjunto de instrumentos internos está dado por los rezagos adecuado de cada variable⁸.

Para medir el impacto sobre crecimiento y desigualdad de variaciones en las características de infraestructura de los países, como se mencionó con anterioridad, para ambas especificaciones se construyó un *índice de stock de infraestructura* que permite una agregación de los sectores de energía (producción de electricidad per cápita), agua y saneamiento (proporción de la población con acceso a agua salubre y saneamiento) y transporte (proporción de caminos por 100 Km² de superficie). El índice agregado permite una agrupación de la porción mayoritaria de la varianza explicativa de las cuatro variables de infraestructura. El primer componente principal extraído del PCA explica el 61% del total de la varianza compuesta de las cuatro variables. Los parámetros calculados para el primer componente son:

$$IFstock_{it} = 0.462energía_{it} + 0.559agua_{it} + 0.558saneamiento_{it} + 0.375caminos_{it} \quad (7)$$

De igual forma se aplicó el método PCA para los dos indicadores de calidad en los sectores de energía (proporción de pérdidas en la generación y transmisión de electricidad sobre el total de la producción) y caminos (proporción de caminos no pavimentados sobre el total de caminos). El primer componente principal explica el 67% del total de la variación, cuyos parámetros son:

$$IFcalidad_{it} = 0.7071 energía_{it} + 0.7071 caminos_{it} \quad (8)$$

La estimación de los modelos de crecimiento y desigualdad se realizó mediante un panel autorregresivo AR (1), con corrección por autocorrelación y heterocedasticidad⁹. La estrategia metodológica utilizada para corregir errores correlacionados y varianza no constante es la aplicación del Mínimos Cuadrados Generalizados Factibles (*Feasible Generalized Least Squares* o FGLS), con autocorrelación AR(1).

⁸ Este método puede implicar un problema adicional cuando las variables explicativas tienen persistencia temporal. En éste caso los rezagos de las variables explicativas son instrumentos débilmente exógenos, lo cual plantea un posible problema de aumento de la varianza asintótica del estimador y podría implicar un sesgo de tamaño de muestra. Para mitigar estos riesgos podría ser recomendable estimar el modelo en primeras diferencias, lo cual excede el alcance de éste trabajo y puede ser una posible extensión del mismo.

⁹ Se cumplieron los supuestos de Gauss-Markov para la obtención de estimadores insesgados y eficientes, bajo supuestos de que los errores $\epsilon_{i,t}$ son independientes y la varianza es constante $\sigma^2 = \sigma^2$. Los test de autocorrelación de Wooldrige y de heterocedasticidad por prueba modificada de Wald, rechazaron la H_0 de no autocorrelación y homocedasticidad, por lo que la estimación final corrige ambos problemas.

b. Resultados

La estimación estadística de las especificaciones (5) y (6), que incluyen como covariante estructural los índices de stock y calidad de infraestructura básica, provee el marco referencial para la evaluación de los potenciales impactos que, sobre el crecimiento y la desigualdad, tendría un cambio en la calidad y calidad de la infraestructura.

Es posible estimar, como primer ejercicio, cuál sería el impacto potencial en caso de que cada país lograra mejorar sus índices de calidad y stock de infraestructura en una desviación estándar de su serie histórica. Los cambios que ocurrirían en los índices de cada país se muestran a continuación.

Cuadro No.3.
Cambios en Índices de Stock y Calidad de Infraestructura.
+1 Desviación Estándar

Diferencias en Stock de Infraestructura				Diferencias en Calidad de Infraestructura			
País	Índice Stock País	+1 Std.Dev	Diferencia	País	Índice Calidad País	+1 Std.Dev	Diferencia
Bolivia	0.68	0.70	-0.02	Bolivia	-5.62	-6.00	-0.39
Colombia	1.03	1.06	-0.04	Colombia	-6.06	-6.39	-0.33
Ecuador	1.07	1.14	-0.07	Ecuador	-4.99	-5.51	-0.51
Peru	0.91	0.96	-0.05	Peru	-5.90	-6.31	-0.41
Venezuela	0.99	1.11	-0.13	Venezuela	-5.40	-5.81	-0.42

También es posible estimar el impacto que, sobre el crecimiento y la desigualdad, tendría el caso hipotético que cada uno de los países andinos lograra un cambio en sus índices de stock y calidad de infraestructura lo suficientemente grande como para alcanzar al líder regional en cada renglón. Tomando promedios entre 2001 y 2009, en el caso de LAC el líder regional en el índice de stock de infraestructura es Costa Rica, mientras que el líder en el índice de calidad infraestructura es Brasil. La siguiente tabla muestra la posición relativa de los países de la subregión andina con respecto al líder regional y los cambios estimados que ocurrirían en los índices.

Cuadro No.4.
Cambios en Índices de Stock y Calidad de Infraestructura.
Alcanzando al Líder Regional

Diferencias en Stock de Infraestructura				Diferencias en Calidad de Infraestructura			
País	Índice Stock País	Índice País Líder (Costa Rica)	Diferencia	País	Índice Calidad País	Índice País Líder (Brasil)	Diferencia
Bolivia	0.68	1.36	-0.68	Bolivia	-5.62	-6.14	-0.52
Colombia	1.03	1.36	-0.33	Colombia	-6.06	-6.14	-0.08
Ecuador	1.07	1.36	-0.29	Ecuador	-4.99	-6.14	-1.15
Peru	0.91	1.36	-0.45	Peru	-5.90	-6.14	-0.24
Venezuela	0.99	1.36	-0.37	Venezuela	-5.40	-6.14	-0.74

Al evaluar una hipotética mejora de una desviación estándar en los índices de stock y calidad de infraestructura, utilizando como referencia la especificación de las ecuaciones de crecimiento y desigualdad estimadas, se obtienen los siguientes resultados.

Cuadro No.5.
Región Andina: Impactos Estimados sobre Crecimiento y Desigualdad de Mejoras en el Stock y Calidad de Infraestructura. +1 Desviación Estándar

Impacto Total Crecimiento				Impacto Total Crecimiento Per Capita			
País	Mejoras en Stocks	Mejoras en Calidad	Variacion en Crecimiento	País	Mejoras en Stocks	Mejoras en Calidad	Variacion en Crecimiento PC
Bolivia	0.1%	1.0%	1.0%	Bolivia	0.1%	0.8%	0.9%
Colombia	0.1%	0.8%	0.9%	Colombia	0.2%	0.7%	0.9%
Ecuador	0.2%	1.3%	1.5%	Ecuador	0.3%	1.1%	1.4%
Peru	0.1%	1.0%	1.2%	Peru	0.2%	0.8%	1.1%
Venezuela	0.4%	1.0%	1.4%	Venezuela	0.5%	0.9%	1.4%

Impacto Total Desigualdad				Resumen de Impacto Total sobre Crecimiento y Desigualdad			
País	Mejoras en Stocks	Mejoras en Calidad	Variacion en Desigualdad	País	Δ en el Crecimiento PC	Δ en el Crecimiento	Δ en el Coeficiente de
Bolivia	0.00	-0.02	-0.02	Bolivia	0.9%	1.0%	-0.02
Colombia	0.00	-0.01	-0.02	Colombia	0.9%	0.9%	-0.02
Ecuador	-0.01	-0.02	-0.03	Ecuador	1.4%	1.5%	-0.03
Peru	0.00	-0.02	-0.02	Peru	1.1%	1.2%	-0.02
Venezuela	-0.01	-0.02	-0.03	Venezuela	1.4%	1.4%	-0.03

En el caso anterior, al menos teóricamente, los incrementos de stock y calidad evaluados no deberían estar fuera del alcance real de los países de referencia, pues la magnitud del cambio evaluado proviene de la información estadística de la serie histórica de los índices construidos.

En este caso, las potenciales ganancias de las mejoras en infraestructura sobre crecimiento económico son considerables y varían en el rango entre un máximo de 1,5 puntos porcentuales adicionales de crecimiento promedio en Ecuador y un mínimo de 0,9 puntos porcentuales adicionales de crecimiento para el caso de Colombia. En el caso de Venezuela, las mejoras en calidad y cantidad de infraestructura podrían implicar 1,4 puntos adicionales de crecimiento promedio. Este número alcanza 1,2 en Perú y 1,0 en Bolivia. Las ganancias esperadas en crecimiento per cápita promedio mantienen el mismo orden, con un rango máximo para Ecuador y mínimo para Colombia pero, como es de esperarse, con tasas de crecimiento de una magnitud menor a la del crecimiento.

Las potenciales mejoras en la desigualdad provenientes de la inversión adicional en infraestructura son también considerables en su magnitud. El rango estimado del cambio en el

índice de Gini va desde un máximo -0.028 para Venezuela (-6,8% del valor de su Gini en 2009) a -0.017 para Colombia (-2,9% del Gini 2009), pasando por -0,027 para Ecuador (-5,4%), -0,021 para Perú (-4,5%) y -0,018 para Bolivia (-3,2%).

Los resultados obtenidos en el caso de que los países de la subregión andina logaran alcanzar a los líderes regionales de LAC en los índices stock (Costa Rica) y calidad (Brasil) se muestran en la siguiente tabla.

Cuadro No.6.
Región Andina: Impactos Estimados sobre Crecimiento y Desigualdad de Mejoras en el Stock y Calidad de Infraestructura. Alcanzando al Líder Regional

Impacto Total Crecimiento				Impacto Total Crecimiento Per Capita			
País	Mejoras en Stocks	Mejoras en Calidad	Variacion en Crecimiento	País	Mejoras en Stocks	Mejoras en Calidad	Variacion en Crecimiento PC
Bolivia	2.9%	1.1%	4.0%	Bolivia	2.0%	1.3%	3.3%
Colombia	1.4%	0.2%	1.6%	Colombia	1.0%	0.2%	1.2%
Ecuador	1.2%	2.4%	3.6%	Ecuador	0.8%	2.8%	3.7%
Peru	1.9%	0.5%	2.4%	Peru	1.3%	0.6%	1.9%
Venezuela	1.6%	1.5%	3.1%	Venezuela	1.1%	1.8%	2.9%
Impacto Total Desigualdad				Resumen de Impacto Total sobre Crecimiento y Desigualdad			
País	Mejoras en Stocks	Mejoras en Calidad	Variacion en Desigualdad	País	Δ en el Crecimiento PC	Δ en el Crecimiento	Δ en el Coeficiente de
Bolivia	-0.06	-0.02	-0.08	Bolivia	3.3%	4.0%	-0.08
Colombia	-0.03	0.00	-0.03	Colombia	1.2%	1.6%	-0.03
Ecuador	-0.02	-0.05	-0.07	Ecuador	3.7%	3.6%	-0.07
Peru	-0.04	-0.01	-0.05	Peru	1.9%	2.4%	-0.05
Venezuela	-0.03	-0.03	-0.06	Venezuela	2.9%	3.1%	-0.06

A diferencia del caso anterior, en este caso los incrementos de stock y calidad evaluados resultan de mayor magnitud para todos los países de la subregión por lo tanto, en este escenario, las potenciales ganancias sobre crecimiento y desigualdad resultan de mayor importancia.

En términos de crecimiento económico, las ganancias varían desde un máximo de 4,0 puntos porcentuales adicionales de crecimiento promedio para Bolivia a un mínimo de 1,6 puntos porcentuales adicionales de crecimiento para el caso de Colombia. Las mejoras en calidad y cantidad de infraestructura podrían implicar 3,6 puntos adicionales de crecimiento promedio para Ecuador, 3,1 puntos adicionales para Venezuela y 2,4 puntos adicionales para Perú. Por su parte, en términos de crecimiento per cápita promedio mantienen el mismo orden, con un rango máximo para Ecuador y un mínimo para Colombia.

En este escenario, las potenciales mejoras en la desigualdad resultan también de mayor magnitud. El impacto de la inversión señalada en infraestructura rango estimado del cambio

en el índice de Gini sería de -0.077 para Bolivia (-13,6% del valor de su Gini en 2008), -0.069 para Ecuador (-13,8% del Gini 2009), -0,060 para Venezuela (-14,6%), -0,045 para Perú (-9,6%) y -0,029 para Colombia (-5,0%).

V. Conclusiones e Implicaciones de Política

El presente trabajo analiza, desde el punto de vista empírico, la posición relativa de los países andinos en cuanto a su infraestructura y los potenciales impactos que la inversión en infraestructura (en cantidad y calidad) podría tener sobre el crecimiento económico y la distribución del ingreso en los países de la subregión.

La primera conclusión que salta a la vista es que, en general, la subregión andina presenta importantes brechas en infraestructura, aunque estas no resultan homogéneas ni por países, ni por sectores, siendo las brechas más notorias, tanto por su magnitud y por su prevalencia, las correspondientes a la cantidad y calidad de la infraestructura vial. La construcción de un índice estadístico sintético, que agrupa a todos los indicadores tanto de stock como de calidad de infraestructura, confirma que la subregión andina presenta una considerable brecha con los líderes regionales de cada renglón.

La segunda conclusión que se desprende del análisis aquí presentado es que el costo de cerrar dichas brechas, aunque depende de la magnitud de la brecha observada y del tamaño relativo de cada economía, implica en todos los casos un gran esfuerzo físico y financiero en términos del PIB, que sólo será posible atender mediante una planificación de mediano y largo plazo. Las brechas identificadas en algunos sectores son de tal magnitud, que serían imposibles de cerrar sin la movilización conjunta de recursos de los sectores público y privado.

En tercer lugar, la estimación realizada permite afirmar que las ganancias potenciales en crecimiento económico promedio de largo plazo son positivas y significativas, ubicadas para los países andinos en un rango de hasta 4,0 puntos adicionales de crecimiento económico promedio. Esta conclusión está en línea con lo estimado anteriormente por la literatura y permite afirmar, con algún grado de confianza, que la gran inversión en infraestructura necesaria para cerrar las brechas estimadas es rentable desde un punto de vista del análisis costo beneficio.

Finalmente, la estimación realizada permite concluir que la inversión en cantidad y calidad de infraestructura puede producir mejoras notables en la distribución del ingreso, ubicadas para los países de la subregión en un rango de hasta 15% del índice de Gini de 2009.

VI. Bibliografía

Aschauer David (1989). "Is public Expenditure Productive?". *Journal of Monetary Economics* 23(1989) 177-200. North Holland

ASCODIS (2009). "Informe ASCODIS: 10 años contribuyendo al desarrollo del sector eléctrico colombiano".

Alesina Alberto y Perotti Roberto (1993). "Income Distribution, Political Instability and Investment" . WP#4486. National Bureau of Economic Research.. Cambridge, MA.

Arellano, M. and Bond, S., (1991). "Some Tests of Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence and an Application to Employment Equations." *Review of Economic Studies* 58 (2), 277–97.

Arvis Jean Francois, Gael Raballan *et al.*(2007). " The cost of Being landlocked logistic costs and Supply chain reliability". Working Paper # 4258. World Bank. Washington.

Baffes John y Shah Anwar (1998). "Productivity of Public Spending, Sectoral Allocation Choices, and Economic Growth". *Policy Research Working Papers* #1178, Banco Mundial.

Baltagi Badi, Byoung Cheol Jung, *et al* (2008). "Testing for heteroskedasticity and serial correlation in a random effects panel data model". *Center for Policy Research Working Paper* No. 111. New York

Banco Mundial (2009). *2010 World Development Indicators*, Washington D.C., Banco Mundial.

Barrios Armando, *et al.* (2006). “Venezuela: un acuerdo para alcanzar el desarrollo”. Universidad Católica Andrés Bello, Instituto de Investigaciones Económicas y Sociales. Capítulo VI.

Brenneman Adam y Kerf Michel (2002). “Infrastructure and Poverty Linkages. A literatura Review. Artículo no publicado. World Bank. Washington.

Briceño Cecilia, Estache Antonio *et al.* (2004). “Infrastructure Services in Developing Countries: Access, Quality, Costs and Policy Reform”. Policy Research Working Paper # 3468. World Bank. Washington.

Borensztein Eduardo y Sánchez Gabriel (2009). “Development Challenges in Uruguay”

CAF (2003). “Análisis del Sector Transporte”. Corporación Andina de Fomento. Año I, No 03. Venezuela.

Calderón Cesar y Chong Alberto (2004). “Volume and Quality of Infrastructure and the Distribution of Income: an empirical investigation”, *Review of Income and Wealth*. Series 50, Number 1.

Calderón César y Servén Luis (2004a). “Trends in Infrastructure in Latin America, 1980-2001”. World Bank Policy Research Working Paper No. 3401. Washington.

Calderón César y Servén Luis (2004b). “The effects of infrastructure development on growth and income distribution”. Central Bank of Chile. Working Paper 270. Chiles

Canning David (1998). “A database of World Infrastructure Stocks 1950-95”, Policy Research Working Paper #1929, Banco Mundial.

Comunidad Andina de Fomento (2009). *Caminos para el futuro: Gestión de la infraestructura en América Latina*, Caracas, CAF.

Devarajan Shantayanan, Swaroop Vinaya, *et al.* (1996). “The composition of public expenditure and economic growth.”. The World Bank Washington DC. Policy Research Department. Washington.

Easterly William y Servén Luis (2003). *The LIMITS OF STABILIZATION: Infrastructure, Public Deficits, and Growth in Latin America*, Washington D.C., Banco Mundial

Estache Antonio y Fay Marianne (2009). “Current Debates on Infrastructure”. Policy. Comission on Growth and Development. Working Paper #49. World Bank. Washington.

Estache Antonio, Foster Vivien, *et al.* (2002). *Accounting for Poverty in Infrastructure Reform: Learning from Latin America’s Experience*, Washington D.C., Banco Mundial.

Estado Plurinacional de Bolivia (2010). Anuario Estadístico 2008/2009. Autoridad de Electricidad. Bolivia

Fay Marianne y Morrison Mary (2007). “Infrastructure in Latin America and the Caribbean: Recent Developments and Key Challenges” Research Paper, Banco Mundial.

Fay Marianne y Yepes Tito (2003). “Investing in Infrastructure: What is needed from 2000 to 2010?”, Policy Research Working Paper #3102, Banco Mundial.

Foro Económico Mundial (2009). *The Global Competitiveness Report 2009-2010*, New York, Palgrave Macmillan.

Gachassin Marie, Najman Boris *et al.* (2009). “Roads Impact on Poverty Reduction. A Cameroon Case Study”. No Publicado. World Bank.

Galiani Sebastian, Gertler Paul, *et al.* (2002). “Water for Life: The impact of the privatization of Water Services and Child Mortality”

Gannon Colin A. y Liu Zhi (1997). “Poverty and Transport”. Discussion Paper TWU. World Bank. Washington.

Grazzi Matteo (2009). “Infraestructura, crecimiento económico y pobreza: ¿ por qué es clave invertir en infraestructura en Venezuela?”, Banco Interamericano de Desarrollo.

Guash Luis (2004). “Granting and Renegotiating Infrastructure Concessions. Doing it Right”. World Bank Institute 28816. Washington DC.

Hulten Charles (1996). "Infrastructure Capital and Economic Growth : How well you use it may be more important than how much you have". National Bureau of Economic Research. WP#5847. Cambridge, MA

Kieschnick Robert y McCulough BD (2003). "Regression Analysis of variates observed on (0, 1): percentages, proportions and fractions". En: *Statistical Modelling 2003*, 3: 193-213

Looney Robert y Frederiksen Peter (1981). "The Regional Impact of Infrastructure Investment in Mexico". *Regional Studies*, 15, 285-96.

Lopez Humberto (2003). "Macroeconomics and Inequality". World Bank (PRMPR). Washington.

Mileva Elitza (2007). "Using Arellano –Bond Dynamic Panel GMM Estimators in Stata". Economics Department. Fordham University.

Papke Leslie E. y Wooldridge Jeffrey M. (2003). "Econometric Methods for Fractional Response Variables with an Application to 401(K) Plan Participation Rates. Technical" Working Paper Series No147. National Bureau of Economics Research.

Papke Leslie E. y Wooldridge Jeffrey M. (2007). "Panel Data Methods for Methods for fractional response variables with an application to test pass rates".

Prud'homme Rémy (2005). "Infrastructure and Development". En: *Bourguignon, François & Boris Pleskovic, ed. 2005. Lessons of Experience*. The World Bank and Oxford University Press, pp. 153-181. Washington.

Servén Luis (2007). "Fiscal Rules, Public Investment, and Growth". Policy Research Working Paper # 4382. The World Bank. Washington.

Straub Stephane (2008). "Infrastructure and Growth in Developing Countries: Recent Advances and Research Challenges" Policy Research Working Paper #4460, Banco Mundial.-

Tatom John (1993a). “Is an Infrastructure Crisis Lowering the Nation’s Productivity?”, Issue November, Federal Reserve Bank of St. Louis.

Tatom John (1993b). “The Spurious Effect of Public Capital Formation on Private Sector Productivity”, *Policy Studies Journal*, Vol. 21.

United Nations (2005). “Households Surveys in Developing and Transition Countries”. Department of Economic and Social Affairs. Chapter 18. United Nations.

Wilmsmeier Gordon y Sánchez Ricardo J. (2009). “Landlocked Countries in South America: Transport System Challenges”. División de Recursos Naturales. Comisión Económica para América Latina. Serie 142.

World Bank (2011). “Doing Business. Making a Difference for Entrepreneurs.” IFC. World Bank. Washington.

Anexo 1: Data

Para la estimación econométrica de las brechas de infraestructura se utilizaron como variable exógenas – o variable dependiente - cada uno de los indicadores de infraestructura ya sea en el sector de electricidad – proxy de energía-, sector de caminos – proxy de transporte-, sector de telecomunicaciones y sector de agua y saneamiento.

Siguiendo la literatura especializada, se utilizaron variables tanto del stock como de la calidad de la infraestructura, y se intentó trabajar con ambos tipos de variables en los distintos sectores. Sin embargo, algunos sectores como telecomunicaciones y agua y saneamiento, no cuentan con data de calidad de infraestructura para el total de países y años incluidos en la muestra.

Sector	Variable o Indicador	Stock / Calidad
Energía	Producción de Electricidad per cápita	Variable de Stock
	Proporción de pérdidas en la generación y transmisión de electricidad sobre el total de la producción	Variable de Calidad
Agua y Saneamiento	Proporción de la población con acceso a agua salubre	Variable de Stock
	Proporción de la población con acceso a saneamiento básico	Variable de Stock
Transporte	Densidad vial (proporción de caminos por 100 Km2 de superficie)	Variable de Stock
	Proporción de caminos pavimentados sobre el total de caminos	Variable de Calidad
Telecomunicaciones	Proporción de las personas mayores de 15 años con acceso a celular	Variable de Stock
	Proporción de personas que son usuarios de internet	Variable de Stock

Covariantes utilizados en las regresiones

Variables	Descripción	Fuentes
Gdp_pc	PIB per cápita en Dólares US constantes valor de 2000 (1960-2008)	World Development Indicators
Gdp_pc_ppp	PIB per cápita en paridad de poder adquisitivo Dólares US constantes valor de 2005 (1980-2008)	World Development Indicators
Elecprod	Producción eléctrica en kWh (1998-2007)	World Development Indicators
Elecprodpc	Producción eléctrica per cápita en kWh (1998-2007)	World Development Indicators
Indgdp	Parte de la industria en la economía (en % del PIB) (1985-2008)	World Development Indicators
Land	Superficie total del país en kilómetros cuadrados (1960-2008)	World Development Indicators
Landlocked countries	Dummy de países con o sin acceso al mar	Naciones Unidas
Arable	Proporción de tierras cultivables dentro de la superficie total (1961-2007)	World Development Indicators
Pop	Población total (1976-2008)	World Development Indicators
Popdens	Densidad poblacional (Número de habitantes por kilómetro cuadrado) (1976-2008)	World Development Indicators
Urban_pop	Proporción de la población que vive en áreas urbanas (1960-2008)	World Development Indicators
Trade	Parte del comercio dentro de la economía (en % del PIB) (1960-2008)	World Development Indicators
Road_dens	Densidad vial (kilómetros de caminos por kilómetros cuadrados de tierra) (2002-2007)	World Development Indicators
Paved_roads	Proporción de carreteras pavimentadas dentro del total de caminos (1990-2007)	World Development Indicators
Water	Proporción de la población con acceso a fuentes mejoradas de agua (1990-2006)	World Development Indicators
Sanitation	Proporción de la población con acceso a instalaciones mejoradas de saneamiento (1990-2006)	World Development Indicators
energyprod	Producción energética en kilo tonelada equivalente de petróleo (1980-2007)	World Development Indicators
Eleclosses	Proporción de la producción eléctrica perdida durante la transmisión y la distribución (1960-2007)	World Development Indicators
Agricgdp	Parte de la agricultura dentro del PIB (en % del PIB) (1960-2008)	World Development Indicators
Prodelec_pc	Producción eléctrica per cápita en kWh (1998-2007)	World Development Indicators

Phonelines	Número total de líneas telefónicas (1975-2008)	World Development Indicators
Phonelines1000	Número de líneas telefónicas por 1000 habitantes 91976-2008)	World Development Indicators
Mobile_subs	Número total de suscripciones a teléfonos móviles (1980-2008)	World Development Indicators
Mobile_subs1000	Numero de suscripciones a teléfonos móviles por 1000 habitantes (1980-2008)	World Development Indicators
Madurez del mercado celulares	Número de años desde la creación del mercado de teléfonos celulares	World Development Indicators
Gini	Indice de Gini (1979-2007)	World Development Indicators
Inc_highest20	Parte del ingreso total detenido por el 20% más rico de la población (1979-2007)	World Development Indicators
Netusers	Número total de usuarios de internet (1990-2008)	World Development Indicators
Netusers1000	Número de usuarios de internet por 1000 habitantes (1990-2008)	World Development Indicators

Anexo 2: Cálculo del Índices de Stock y Calidad de Infraestructura

Para evitar problemas de correlación entre variables explicativas del nivel de stock y calidad de infraestructura, se ha construido índices de calidad y stock de infraestructura mediante el método de Análisis de Componentes Principales, denominado (PCA) por sus siglas en inglés. El método PCA permite reducir el número de variables creando una nueva variable (o índice) a partir de una combinación lineal del conjunto de variables originales.

El objetivo del análisis es tomar p variables $X_1, X_2, X_3, \dots, X_p$ y encontrar combinaciones de estas variables que produzcan índices $Z_1, Z_2, Z_3, \dots, Z_p$ que no estén correlacionados. Los índices (Z) están ordenados de acuerdo a la variación que explican. Así, $\text{var}(Z_1) \geq \text{var}(Z_2) \geq \dots \geq \text{var}(Z_p)$, donde $\text{var}(Z_i)$ denota la varianza de Z_i , en la data considerada. Los Z_i son llamados componentes principales. La combinación lineal que más explica la variación es llamado primer componente principal.

Dicho lo anterior, sean X_1, X_2, X_3 variables explicativas, el primer componente principal estará formado por:

$$Z_1 = a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + a_{13}X_3$$

Donde a_{11}, a_{12}, a_{13} son los parámetros del primer componente principal, bajo la siguiente condición:

$$a_{11}^2 + a_{12}^2 + a_{13}^2 = 1$$

El análisis de componente principal (PCA) involucra esencialmente encontrar los eigenvalores de la matriz de covarianza de la muestra. La matriz de covarianza es simétrica y tiene la forma:

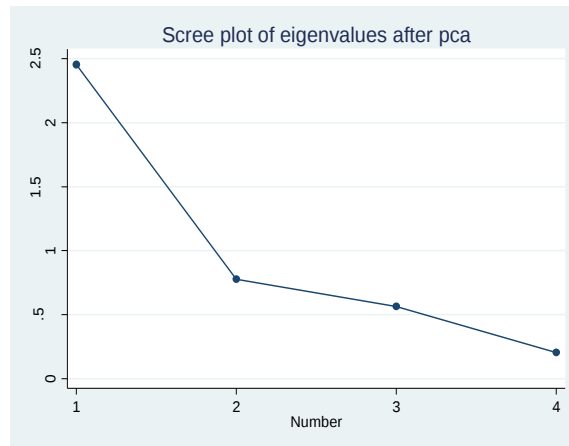
$$C = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1p} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2p} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ c_{p1} & c_{p2} & \dots & c_{pp} \end{bmatrix}$$

Donde la diagonal elemental c_{ii} es la varianza de X_i y c_{ij} es la covarianza de las variables X_i y X_j . La varianza de los componentes principales son los eigenvalores de la matriz C . Asumiendo que los eigenvalores están ordenados como $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \lambda_3 \geq 0$, entonces λ_i corresponde al i -ésimo componente principal.

Índice de Stock de Infraestructura

Se construyó un índice de stock de infraestructura en los sectores de energía (producción de electricidad per cápita), agua y saneamiento (proporción de la población con acceso a agua salubre y saneamiento) y transporte (proporción de caminos por 100 Km2 de superficie). El primer componente principal explica el 61% del total de la varianza. Los parámetros calculados para el primer componente son:

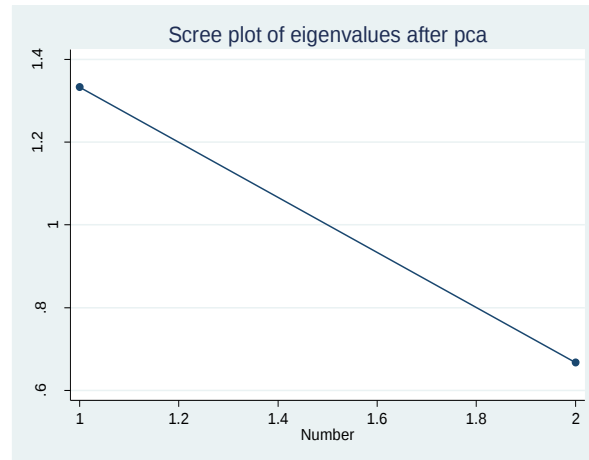
$$IFstock_{it} = 0.4623 \text{ energía}_{it} + 0.5586 \text{ agua}_{it} + 0.5575 \text{ saneamiento}_{it} + 0.3750 \text{ caminos}_{it}$$



Índice de calidad de Infraestructura

De igual forma, se aplicó el método PCA, incluyendo esta vez indicadores de calidad en los sectores de energía (proporción de pérdidas en la generación y transmisión de electricidad sobre el total de la producción) y caminos (proporción de caminos no pavimentados sobre el total de caminos). Dicho lo anterior, el indicador de calidad de infraestructura técnicamente explica la carencia de calidad en infraestructura por estar construido en base a variables de deficiencias de calidad. El primer componente principal explica el 67% del total de la variación, cuyos parámetros son:

$$IFcalidad_{it} = 0.7071 \text{ energía}_{it} + 0.7071 \text{ caminos}_{it}$$



Anexo 3: Estimación de brechas de infraestructura. Mejor especificación para cada sector

Variables Dependientes / Independientes	Electricidad		Agua y Saneamiento Basico		Transporte		Telecomunicaciones	
	Producción de electricidad pc	Proporción de pérdidas de electricidad	Población con acceso a fuentes mejoradas de agua	Población con acceso a saneamiento básico	Densidad de Caminos	Proporción de caminos pavimentados	Poblacion que tiene celular	Poblacion que son usuarios de internet
Producto Interno Bruto per cápita	0.000025	-0.000023	0.000024	0.000265	0.000044	0.000050	0.0000362	0.0000476
	***	**	***	***	***	**	***	***
Share Industria manufacturera		-0.014413				0.062895		
		**				***		
Población Urbana	0.082186		0.020066	0.017003		0.012828	0.0076786	0.0116452
	***		***	**		**	**	**
Densidad Poblacional			0.000218			0.001320		
			**					
Comercio					0.002193			0.0042084
					*			***
Africa Subhariana			-0.616968	-1.238971	-0.252592			
			***	***	**			
Producción de electricidad pc		-0.026603						0.05275
		**						**
Proporción de la pop entre 15-64 años							12.7295000	

Fuentes hidroeléctricas (%)		0.001699						
Irregularidad del terreno				-0.051548	0.000424	-0.107861	-0.0174452	
					***	**		
Número de Observaciones	842	570	611	575	492	453	434	356
Número de Grupos	131	124	171	162	169	169	147	129
Scale Parameter		0.0000346	0.1087469	0.155047		0.3126778	0.3298641	0.2224871
Datos	Panel Agrupado	Panel Agrupado	Panel Agrupado	Panel Agrupado	Panel Agrupado	Panel Agrupado	Panel Agrupado	Panel Agrupado
Metodología	OLS - FE	Logit Fraccional	Logit Fraccional	Logit Fraccional	OLS	Logit Fraccional	Logit Fraccional	Logit Fraccional
Test de Robustez	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si

Anexo 4: Estimación del impacto de cerrar las brechas de infraestructura sobre el crecimiento. Mejores especificaciones

Crecimiento e Infraestructura

Variable dependiente: Crecimiento del PIB - Crecimiento del PIB per cápita

Método: Mínimos Cuadrados Generalizados Factibles

Periodo: Panel promediado cada 5 años (1960 - 2009)

Variables	Crecimiento				
	Ec.1.	Ec.2	Ec.3	Ec.4	Ec.5
Educación primaria	0.0539 *** (0.00)	0.0727 *** (0.01)	0.0180 ** (0.00)	0.0976 *** (0.00)	
Estabilidad fiscal del Gobierno		0.2315 *** (0.03)			
Comercio	0.0296 *** (0.00)	0.0325 *** (0.00)	0.0149 *** (0.00)		
Inflación	-0.0076 *** (0.00)	-0.0115 *** (0.00)	-0.0024 *** (0.00)	-0.0066 *** (0.00)	-0.0071 *** (0.00)
Desarrollo financiero*	0.0008 ** (0.00)	0.0004 ** (0.00)		0.0167 *** (0.00)	0.0262 *** (0.00)
Muertes en conflictos	-0.0001 *** (0.00)	0.0000 ** (0.00)	0.0000 ** (0.00)	-0.0002 *** (0.00)	-0.0002 *** (0.00)
Stock de Infraestructura	10.9794 *** (0.85)	13.9239 *** (0.63)		8.2913 *** (0.39)	9.8605 *** (0.49)
Calidad de Infraestructura			-0.2724706 ** (0.10)	-1.712485 *** (0.09)	-1.624781 *** (0.09)
Número de observaciones	261	121	572	193	202
Número de grupos	95	50	113	77	81

Anexo 5: Estimación del impacto de cerrar las brechas de infraestructura sobre el crecimiento per cápita. Mejor especificación

Crecimiento e Infraestructura

Variable dependiente: Crecimiento del PIB - Crecimiento del PIB per cápita

Método: Mínimos Cuadrados Generalizados Factibles

Periodo: Panel promediado cada 5 años (1960 - 2009)

Variables	Crecimiento per cápita									
	Ec.6		Ec.7		Ec.8		Ec.9		Ec.10	
Educacion primaria	0.0674 *** (0.00)		0.0470 *** (0.00)				0.0993 *** (0.00)			
Estabilidad fiscal del Gobierno			0.2047 *** (0.03)							
Comercio	0.0381 *** (0.00)		0.0322 *** (0.00)		0.0159 *** (0.00)					
Inflación	-0.0113 *** (0.00)		-0.0121 *** (0.00)		-0.0026 *** (0.00)		-0.0012 *** (0.00)		-0.0113 *** (0.00)	
Desarrollo financiero*	0.0005 ** (0.00)		0.0002 (0.00)				0.0034 ** (0.00)		0.0068 *** (0.00)	
Muertes en conflictos	-0.0001 *** (0.00)		0.0000 ** (0.00)		0.0000 *** (0.00)		-0.0002 *** (0.00)		-0.0002 *** (0.00)	
Stock de Infraestructura	9.8668 *** (0.24)		15.5838 *** (0.56)				8.5573 *** (0.25)		11.9685 *** (0.26)	
Calidad de Infraestructura					-0.7781025 *** (0.11)		-1.209956 *** (0.06)		-1.260671 *** (0.25)	
Número de observaciones	260		121		569		192		201	
Número de grupos	95		50		113		77		81	

Anexo 6: Estimación del impacto de cerrar las brechas de infraestructura sobre la desigualdad. Mejores especificaciones

Desigualdad e Infraestructura

Variable dependiente: Gini

Método: Mínimos Cuadrados Generalizados Factibles

Periodo: Panel promediado cada 5 años (1981- 2009)

Variables	INDICE DE GINI					
	Ec.1.	Ec.2	Ec.3	Ec.4	Ec.5	Ec.6
Producto Interno Bruto pc	0.0025 ** (0.00)	0.0034 *** (0.00)	0.0040 *** (0.00)	0.0041 *** (0.00)	0.0092 *** (0.00)	0.0075 *** (0.0017)
Producto INTERNO Bruto pc (al cuadrado)	0.0000 ** (0.00)	0.0000 (0.00)	-0.000 *** (0.00)	0.0000 *** (0.00)	0.0000 *** (0.00)	0.0000 *** (0.00)
Inscripciones a la secundaria	-0.0428 * (0.02)	-0.1264 *** (0.03)	-0.1106 *** (0.01)		-0.1228 *** (0.02)	
Tasa de urbanizacion	0.2431 *** (0.05)	0.2109 *** (0.04)	0.1613 *** (0.03)		0.1542 *** (0.04)	
Salud				-0.8859 *** (0.1257)		-0.4044 ** (0.23)
Industrializacion	-0.1648939 ** (0.05)		-0.3082 *** (0.05)			
Desarrollo financiero*					-0.0303 (0.03)	
Inflación		-0.0023 ** (0.00)		0.0012 (0.00)		
Muertes en conflictos		0.0003 ** (0.00)		0.0004 *** (0.00)	0.0002 ** (0.00)	0.0003 ** (0.00)
Stock de Infraestructura	-9.5205 *** (2.66)	-9.1513 *** (2.57)			-8.6023 ** (3.36)	-8.8306 ** (3.90)
Calidad de Infraestructura			3.2821 *** (0.52)	2.2795 *** (0.38)	4.1766 *** (0.98)	2.8168 ** (0.83)
Número de observaciones	161	157	118	86	108	72
Número de grupos	64	63	50	38	46	32