



ENSAYOS

sobre política económica

La Contribución de la Infraestructura a la actividad Económica en Colombia 1950 - 1994

Mauricio Cárdenas S.
Andrés Escobar A.
Catalina Gutiérrez S.

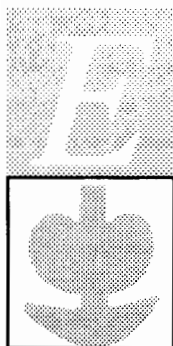
Revista ESPE, No. 28, Art. 04, Diciembre de 1995
Páginas 139-188



Los derechos de reproducción de este documento son propiedad de la revista *Ensayos Sobre Política Económica* (ESPE). El documento puede ser reproducido libremente para uso académico, siempre y cuando nadie obtenga lucro por este concepto y además cada copia incluya la referencia bibliográfica de ESPE. El(los) autor(es) del documento puede(n) además colocar en su propio website una versión electrónica del documento, siempre y cuando ésta incluya la referencia bibliográfica de ESPE. La reproducción del documento para cualquier otro fin, o su colocación en cualquier otro website, requerirá autorización previa del Editor de ESPE.

La Contribución de la Infraestructura a la Actividad Económica en Colombia 1950 -1994

Mauricio Cárdenas S.
Andrés Escobar A.
Catalina Gutiérrez S.*



El estado de la infraestructura en Colombia es, según la sabiduría convencional, el principal obstáculo al crecimiento económico en el actual modelo de desarrollo. Todos los documentos que se han realizado sobre la competitividad del aparato productivo colombiano, así como sobre sus posibilidades futuras, hacen referencia a este punto. El presente trabajo analiza, desde una perspectiva económica, la problemática de la infraestructura en Colombia. Los resultados obtenidos permiten establecer una estrecha relación de largo plazo entre el crecimiento del producto y la inversión en infraestructura, y reiteran la importancia de invertir en infraestructura para aumentar la

eficiencia del aparato productivo.

* Investigadores de Fedesarrollo. Los autores desean agradecer el apoyo de la Unidad de Infraestructura del Departamento Nacional de Planeación, así como los comentarios de dos evaluadores y de los participantes en un seminario de Fedesarrollo. Este estudio se realizó con el apoyo financiero de Fonade/DNP.

I. INTRODUCCION

El estado de la infraestructura en Colombia es, según la sabiduría convencional, el principal obstáculo al crecimiento económico en el actual modelo de desarrollo. Es ya un lugar común en las discusiones sobre la materia hacer referencia al precario estado de la infraestructura existente, a la insuficiencia de vías, aeropuertos, puertos, así como a la permanente amenaza de racionamientos en la prestación de los principales servicios públicos. Virtualmente todos los documentos que se han realizado sobre la competitividad del aparato productivo colombiano, así como sobre sus posibilidades futuras, provengan ellos del gobierno, los gremios o firmas de consultoría hacen referencia a este punto.

Sin embargo, con notables excepciones como el trabajo de Sánchez (1993), el tema no ha despertado igual interés por parte de los economistas. Por ello, en la mayoría de los estudios no se cuantifica la contribución de la inversión en infraestructura a la actividad económica. No existe un estudio, por ejemplo, que compare los beneficios derivados de un mayor gasto en infraestructura versus aquellos obtenidos de una mayor inversión en otros sectores, como la formación de capital humano. En un país con grandes restricciones presupuestales se hace imprescindible este tipo de estimaciones.

El presente trabajo tiene como propósito analizar desde una perspectiva económica la problemática de la infraestructura en Colombia. El objetivo es ofrecer una serie de estimaciones que permitan cuantificar el impacto sobre el crecimiento y la productividad del stock y la inversión en infraestructura, particularmente en los sectores de energía eléctrica, transporte (carreteras y vías férreas), telecomunicaciones, acueductos y alcantarillados¹. Para realizar estas estimaciones se utiliza una gama amplia de metodologías e información, que abarcan series de tiempo nacionales, así como series de tiempo y datos de corte transversal a nivel departamental e industrial.

Sin embargo, el estudio adolece de algunas limitaciones. En particular, se dejan de lado algunos aspectos de carácter institucional que tienen gran importancia para la solución de la llamada "crisis de infraestructura". Por ejemplo, el trabajo no analiza los temas relacionados con los problemas contractuales y de regulación que es necesario resolver para facilitar el desarrollo de la

¹ Desde una perspectiva económica, se trata de monopolios naturales altamente intensivos en capital, los cuales no necesariamente son controlados por el Estado.

infraestructura por parte del sector privado. En cuanto a la inversión pública en infraestructura, el estudio tampoco aborda aspectos cruciales como el diseño de contratos eficientes entre el Estado (principal) y los contratistas (agentes). Es indiscutible que con la ayuda de las herramientas de la teoría de organización industrial se tiene que avanzar en el diseño de mecanismos que incorporen incentivos para que el contratista minimice costos y cumpla tanto con los cronogramas de ejecución como con las especificaciones técnicas de los proyectos.

En este sentido, es claro que la “crisis de la infraestructura” no es resultado de la falta de estimaciones acerca de sus efectos en la actividad económica (el tema de este trabajo). Es, en buena medida, producto de ineficiencias en el gasto que ocasionan grandes disparidades entre las cifras financieras de inversión y la acumulación de capital público medido en unidades físicas (que es lo relevante).

El estudio está organizado de la siguiente manera. En la segunda sección, se presenta el marco teórico, basado en una tecnología Cobb-Douglas en la que se introduce explícitamente el capital público como insumo en la producción del sector privado. La tercera sintetiza la ya extensa literatura empírica internacional sobre la materia. La cuarta presenta y describe la base de datos construida para el presente trabajo que reúne todas las fuentes de información existentes en Colombia. La quinta está dedicada a la estimación de las relaciones entre infraestructura, crecimiento y productividad en Colombia. Allí se realizan tres tipos de estimaciones: i) Ejercicios a partir de las series de tiempo nacionales para el período 1950-1994; ii) Cálculos a partir de paneles que combinan series de tiempo y datos de corte transversal para los departamentos durante el período 1980-1992, y iii) Ejercicios con un panel de datos para 98 sectores de la industria manufacturera durante el período 1974 -1992. El trabajo termina con una sección de conclusiones.

II. MARCO TEORICO

La gran mayoría de los estudios que estima la relación entre infraestructura, crecimiento y productividad, parte de la especificación de la tecnología de acuerdo con una función de producción Cobb-Douglas, de la siguiente forma:

$$(1) \quad Y_t = A_t K_t^\alpha L_t^\beta G_t^\gamma H_t^\delta$$

donde Y es el producto del sector privado (aunque por disponibilidad de información casi siempre se utiliza el producto total), K es el stock de capital privado no residencial, L es el empleo total o empleo no agrícola, G es el stock de capital público y H , el stock de capital humano. A es un parámetro tecnológico que, en caso de cambiar a través del tiempo, capta el progreso técnico neutral (en el sentido de Hicks)².

La ecuación anterior puede expresarse en logaritmos (que se denominan con minúsculas):

$$(2) \quad y_t = a_t + \alpha k_t + \beta l_t + \gamma g_t + \phi h_t,$$

donde los coeficientes α , β , γ y ϕ miden las elasticidades del producto con respecto a los factores de producción. Por su parte, a_t se puede escribir como $a_0 + \lambda t$ para captar el progreso técnico. En la estimación de la ecuación anterior es necesario tener en cuenta que en el comportamiento del producto se presentan fluctuaciones de corto plazo ajenas a la disponibilidad de factores productivos. Por ello, se hace necesario introducir alguna variable que capte el ciclo económico, de forma tal que para su estimación la ecuación anterior se transforma en:

$$(3) \quad y_t = a_t + \alpha k_t + \beta l_t + \gamma g_t + \phi h_t + \delta u_t + \varepsilon_t,$$

donde u_t es el grado de utilización de la capacidad instalada (también pueden utilizarse la tasa de desempleo o las desviaciones del producto frente a su tendencia)³. Sin embargo, es probable que en la ecuación anterior se presenten problemas de colinealidad entre el empleo y el ciclo económico, dos variables que están estrechamente relacionadas. Una forma de corregir este problema consiste en ajustar los stocks de capital privado y público de acuerdo con su utilización. Esto implica estimar la ecuación:

$$(4) \quad y_t = a_t + \alpha k u_t + \beta l_t + \gamma g u_t + \phi h_t + \varepsilon_t,$$

² La función Cobb-Douglas supone una elasticidad de sustitución unitaria entre los factores productivos, lo cual excluye la posibilidad de complementariedades entre ellos. Esto, evidentemente, constituye una limitación del trabajo en aras de mayor simplicidad analítica.

³ Nótese que $u = Y / Y_{potencial}$, de forma que $\ln(KU) = k + y - y_{potencial} = k + u$.

donde ku es el stock de capital privado ajustado por utilización, que equivale en logaritmos a $k + u$ (análogamente para gu)⁴. Adicionalmente, la ecuación (3) puede expresarse en términos de producto por unidad de capital, i.e.

$$(5) \quad y_t - k_t = a_t + (\alpha - 1)k_t + \beta l_t + \gamma g_t + \phi h_t + \delta u_t + \varepsilon_t,$$

o, en términos del producto, por trabajador:

$$(6) \quad y_t - l_t = a_t + \alpha k_t + (\beta - 1)l_t + \gamma g_t + \phi h_t + \delta u_t + \varepsilon_t.$$

De otra parte, la estimación de la ecuación (4) puede imponer algún tipo de restricciones a los valores de los parámetros (i.e. $\alpha + \beta = 1$ implica suponer rendimientos constantes a escala sobre el capital privado y el empleo y $\alpha + \beta + \gamma + \phi = 1$ supone rendimientos constantes a escala sobre todos los factores privados y públicos).

Es posible que en la estimación de las ecuaciones (3)-(6) se presenten problemas que resultan de la presencia de tendencias comunes entre la variable dependiente y las independientes, especialmente cuando se utilizan series de tiempo. En este caso, resulta apropiado estimar las ecuaciones en primeras diferencias, i.e.

$$(7) \quad \Delta y_t = \lambda + \alpha \Delta k_t + \beta \Delta l_t + \gamma \Delta g_t + \phi \Delta h_t + \xi_t,$$

donde Δ denota las primeras diferencias de la variable (en logaritmos) o, lo que es igual, el cambio porcentual de la variable en niveles⁵. Por supuesto, en este caso $\lambda + \xi_t$ mide el cambio en la productividad total de los factores (PTF) o "Residuo de Solow" (i.e. la parte del cambio en el producto no atribuible a los factores de producción).

Finalmente, las estimaciones pueden realizarse con datos nacionales, regionales, departamentales, municipales e inclusive a nivel de la firma (o la industria a nivel de cuatro dígitos). Se pueden realizar regresiones con series de tiempo (para un país, región, industria, etc., a través del tiempo) o, alternativamente, se pueden tomar varios países, regiones, industrias, etc., en un mismo punto del tiempo para hacer una estimación de corte transversal (aquí el

⁴ Se supone, implícitamente, que la utilización del capital público es idéntica a la del capital privado.

⁵ Más aún, esta transformación es necesaria para que las estimaciones sean consistentes cuando las variables originales no son estacionarias.

subíndice t en las ecuaciones anteriores indicaría los diferentes países, regiones o industrias). Por supuesto, también pueden realizarse estimaciones de paneles, que combinan los dos tipos de regresiones ya mencionados.

Cuando se combinan series de tiempo y datos de corte transversal la ecuación básica debe escribirse como:

$$(8) \quad y_{it} = a_0 + \alpha k_{it} + \beta l_{it} + \gamma g_{it} + \phi h_{it} + \varepsilon_{it},$$

donde i denota los departamentos (o los sectores industriales) y t el tiempo. A su vez, el término de error econométrico se descompone en:

$$(9) \quad \varepsilon_{it} = f_i + \kappa_t + \mu_{it},$$

donde f_i es el componente específico al departamento, κ_t es el componente específico al tiempo y μ_{it} es un término de error i.i.d.; f_i capta las características de la función de producción que no se observan y que son específicas a cada departamento (no cambian a través del tiempo); κ_t capta los *shocks* en la función de producción que son comunes a todos los departamentos en cada período del tiempo (i.e. el ciclo económico)⁶.

Existen tres formas de estimar el modelo de la ecuación (8) de acuerdo con los supuestos que se adopten sobre los términos de error y los interceptos. En primer lugar, la ecuación se puede estimar mediante un procedimiento simple de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) cuando se supone que el intercepto a_0 y el término de error ε_{it} son comunes a todos los departamentos. Esto equivale a decir que tanto la tecnología como las variables que se omiten son las mismas en todos los departamentos.

En segundo lugar, cuando se supone que el intercepto es diferente en cada departamento (i.e. hay diferencias tecnológicas) se debe introducir explícitamente el término f_i en la ecuación. Esto se logra al incluir variables *dummy* para cada departamento (o al restar a cada observación la media de

⁶ En la práctica, este efecto se capta con la inclusión de la variable u en la ecuación 3 (como en Munnell, 1990b) o con las variables *dummy* para cada año (García-Milà y McGuire, 1992).

ese departamento). También se puede optar por utilizar un sólo dato por departamento, correspondiente al crecimiento de cada variable durante todo el período muestral. Este tipo de estimación, denominada "efectos fijos", tiene la ventaja de reducir los problemas de heteroscedasticidad de la regresión. Por supuesto, es posible determinar cuál tipo de estimación es más apropiado para un determinado panel de datos. La hipótesis nula (i.e. todas las variables *dummy* y/o los interceptos son estadísticamente iguales entre sí) puede verificarse mediante un estadístico *F* que compara las sumas de los errores al cuadrado de los modelos con efectos fijos y sin ellos ⁷.

En tercer lugar, se puede considerar que los efectos específicos a cada estado son parte del error. En este caso, se requiere de estimadores de Mínimos Cuadrados Generalizados (MCG) para obtener estimadores eficientes (aunque sesgados e inconsistentes si las variables del lado derecho de la ecuación están correlacionadas con los efectos específicos)⁸. Este modelo, denominado "componente de error", se utiliza cuando cada unidad de corte transversal es una muestra aleatoria de la población completa y se desea estimar los coeficientes de dicha población.

III. LA LITERATURA EMPIRICA INTERNACIONAL

A. Estados Unidos

El análisis de la relación entre infraestructura y crecimiento económico ha sido un tema recurrente entre los historiadores económicos, así como entre los estudiosos de ciencias urbanas y regionales. En contraste, el interés por parte de los (macro)economistas es relativamente reciente.

Por ejemplo, la literatura de los años sesenta sobre los determinantes del crecimiento de la economía estadounidense durante el siglo XIX, le dio un papel protagónico a la infraestructura (particularmente en transporte)⁹. Por su parte, el enfoque espacial del desarrollo regional (i.e. Hansen (1965), Hirschman (1958))

⁷ Véase Judge et al . (1988), p. 475.

⁸ Este fue el caso con los datos colombianos, ya que al utilizar la prueba de Hausman se rechazó sistemáticamente la independencia entre las variables independientes y el error.

⁹ Los mejores ejemplos son Fishlow (1965) para la primera mitad del siglo XIX y Fogel (1964) para la segunda mitad.

argumenta que el impacto de infraestructura es diferente en regiones congestionadas, intermedias y atrasadas (el mayor impacto se da en las intermedias)¹⁰.

Con todo, el auge reciente en la literatura no tiene antecedentes. En los últimos años, se han publicado múltiples artículos que examinan (con mayor rigor) la relación entre la acumulación de capital público y la producción (o la productividad) en el sector privado. Sin duda, el auge reciente está asociado, en buena parte, con la publicación de los controvertidos trabajos de Aschauer (1989a, 1989b). En ellos, en síntesis, se argumenta que la inversión en capital público contribuye significativamente al aumento de la producción y la productividad (así como a la competitividad internacional). El efecto estimado del capital público en la productividad es cuantitativamente tan grande que la falta de inversión en infraestructura (la llamada "crisis de la infraestructura") explica, según el autor, buena parte del desaceleramiento en el crecimiento de la productividad en los Estados Unidos a partir de 1973.

Aschauer (1989a) estima la ecuación (5) a partir de los datos anuales para los Estados Unidos durante el período 1949-1985. Los resultados indican que un aumento de 1% en la relación capital público - capital privado está asociado con un aumento de 0.39% en la productividad del capital privado. Este resultado es robusto a la escogencia del período muestral, lo cual permite justificar la necesidad de mayor inversión en capital público para acelerar el crecimiento de la productividad¹¹. Otros estudios que también utilizan series anuales para los Estados Unidos (i.e., Munnell (1990a)) han obtenido resultados similares¹².

Aparte de los problemas impuestos por el tamaño del coeficiente, los ejercicios basados en series anuales no permiten establecer una relación de causalidad entre dos fenómenos concomitantes en la economía norteamericana: la

¹⁰ Trabajos como los de Mera (1975), Costa et al. (1987), Eberts (1986) prueban esta hipótesis con relativo éxito. Looney y Frederiksen (1981) utilizan datos para México.

¹¹ Al desagregar las series de capital público, Aschauer encuentra que la mayor contribución a la productividad se deriva de la inversión pública en estructuras (más que en equipo). Dentro de estas, la infraestructura núcleo (que incluye carreteras, puertos y aeropuertos, centrales de generación eléctrica, instalaciones de gas y acueductos y alcantarillados) explica cerca de 55% del coeficiente estimado.

¹² Sin embargo, estos resultados son improbables, ya que implican un producto marginal del capital público superior al 100% por año. En efecto, $\gamma = dY/dG \times G/Y$ de manera que la productividad marginal del capital público es igual a $\gamma \times Y/G$, o lo que es igual $(0.4) (2.5) = 1$. Aaron (1990) cuestiona el que esta tasa real de retorno sea cinco veces superior a la del capital privado.

reducción a mediados de los años setenta en el ritmo de crecimiento tanto de la productividad total de los factores como de la inversión pública en infraestructura. Según Eisner (1991), es fácil imaginarse un escenario en el que el menor aumento de la productividad ocasiona una reducción en el crecimiento del capital público. De hecho, Tatom (1993) reporta pruebas de causalidad de Granger donde concluye que la causalidad va de la productividad del sector privado hacia la formación de capital público, y no a la inversa. Con todo, Flores de Frutos y Pereira (1993) desarrollan un modelo macro de crecimiento en el que corrigen por tendencias comunes y simultaneidad de las variables. Pese a las correcciones, la productividad del capital público es tan alta como en las estimaciones originales de Aschauer.

Estas dificultades econométricas se mitigan cuando se utilizan *pools* de series de tiempo (i.e. paneles), y más aún, datos de corte transversal. Por esta razón, la mayor parte de los estudios recientes se han volcado sobre la información regional, estatal (departamental) o sectorial disponible. Los resultados obtenidos a partir de este tipo de información no han permitido, sin embargo, lograr un consenso en la materia.

En uno de los primeros estudios con datos subnacionales, Munnell (1990b) estimó la ecuación (3) con un *pool* de datos de 48 estados de los Estados Unidos durante el período 1970-1986. El coeficiente γ estimado es 0.15, el cual pese a ser inferior al obtenido con datos anuales, confirma el impacto positivo y significativo del capital público en el producto. Cuando se desagrega el capital público, el mayor impacto proviene del capital público en acueductos y alcantarillados (0.12), seguido de las autopistas (0.06). Los demás componentes tienen muy poca incidencia en el producto privado. Cuando los estados se agregan en 4 regiones los coeficientes estimados son positivos y significativos, pero diferentes entre regiones (sin una clara justificación)¹³.

Eisner (1991) utiliza la misma información de Munnell (1990b) para estimar una versión modificada de la ecuación (3) en la que se le resta a cada observación el valor promedio en ese estado durante todo el período muestral. Así, las varianzas y covarianzas son exclusivamente atribuibles al tiempo ya que las diferencias entre estados no juegan ningún papel. En este caso, el coeficiente estimado para el capital público no es estadísticamente diferente de cero. De

¹³ Para determinar el grado de complementariedad o sustituibilidad entre los factores productivos, Munnell (1990b) estimó la ecuación (3) en forma translogarítmica. Los resultados indican que los factores son sustitutos entre sí, excepto en el caso del trabajo y el capital público que son aparentemente complementos.

otra parte, cuando se le resta a cada observación el valor promedio para ese año de las observaciones de todos los estados, el efecto puro de corte transversal, el coeficiente γ estimado es 0.165, muy similar al obtenido por Munnell (1990b). La conclusión es, entonces, que los estados con mayor capital público tienen mayor producto, aun después de incluir el empleo y el capital privado. Sin embargo, no es posible establecer una relación de causalidad. De otra parte, no es cierto que en los años con mayor capital público los estados tengan mayor producto que en los demás años. Esto quiere decir que los efectos de la inversión en infraestructura no son inmediatos. Inclusive, es posible que se presenten con rezagos considerables.

García-Milá y McGuire (1992), desagregan el capital privado en equipos y estructuras, utilizan el stock de autopistas por unidad de área (dólares de 1974 por milla²) como índice del capital público y añaden el gasto en educación durante los últimos cinco años como indicador del capital humano¹⁴. En la regresión se incluyen otras variables como la población (para controlar efectos de escala), los años promedio de escolaridad, la participación de la industria en la producción (para captar cambios en productividad) y 13 variables *dummy* para cada año entre 1970 y 1982 que controlan los efectos del ciclo económico y del cambio técnico que depende del tiempo (i.e., aíslan los efectos de las variaciones de corte transversal).

A partir de información anual para 48 estados de los Estados Unidos durante el período 1969-1983 concluyen que la educación juega un papel importante en la determinación del producto, mientras que las autopistas no parecen tener un impacto considerable (el coeficiente γ estimado es tan sólo 0.044). La población tiene un coeficiente positivo, lo cual sugiere que en los estados más grandes la productividad de los factores es mayor. El grado de industrialización tiene un impacto negativo en el producto.

Los trabajos más críticos de la supuesta relación entre la acumulación de capital público y el nivel de actividad económica del sector privado son los de Hulten y Schwab (1984) y Holtz-Eakin (1994) quienes encuentran que el patrón de acumulación de infraestructura no explica los diferenciales de productividad entre estados. Hulten y Schwab (1984) aplican la metodología Denison-Kendrick-Jorgenson y Griliches para la descomposición de las fuentes de

¹⁴ El uso del gasto en educación en una función de producción no es ideal, ya que la población puede educarse en un estado y moverse a otro. Además, el gasto en educación puede depender del nivel de ingreso (que determina la demanda por servicios educativos) lo cual ocasiona problemas de endogeneidad.

crecimiento del producto. Utilizan datos de valor agregado en la industria manufacturera agrupados en nueve regiones de los Estados Unidos. Los resultados indican que las diferencias en el crecimiento del producto entre regiones son atribuibles a diferencias en la utilización de trabajo y capital (privado) y no a variaciones en la productividad entre regiones (que incluyen el efecto de diferencias en el estado de la infraestructura).

Por su parte, Holtz-Eakin (1994) argumenta que la inclusión de los efectos fijos, como en la ecuación (8), en las estimaciones con paneles estatales para los Estados Unidos acaba con la relación entre capital público y producción privada. En las estimaciones utiliza el producto del sector privado (y no el PIB estatal como en los casos anteriores), además de una nueva serie del stock de capital construida de acuerdo con la metodología descrita en Holtz-Eakin (1993a). Pese a la utilización de información ligeramente diferente, los resultados son muy parecidos a los de Aschauer (1990b) y Munnell (1990b) cuando se estima la ecuación (8) por medio de un procedimiento de MCO en el que no se corrige por los efectos específicos a cada estado (λ_i). De hecho, la elasticidad del producto privado con respecto al capital público es de 0.23.

Sin embargo, una vez se incluyen los efectos fijos, específicos a cada estado, los resultados se deterioran considerablemente. En efecto, el coeficiente γ estimado es negativo (-0.0517) y significativo, cuando se utilizan las desviaciones frente a los promedios específicos a cada estado. Asimismo, cuando se utiliza un único dato por estado (correspondiente al crecimiento de cada variable entre 1969 y 1986) los resultados no permiten establecer una relación entre capital público y crecimiento económico.

Una alternativa es tratar los efectos específicos como aleatorios y utilizar un estimador de MCG. En este caso, el efecto del capital público en el producto privado es marginal (0.008), aunque significativo. La conclusión es obvia. La presencia de efectos específicos a cada estado (fijos o aleatorios) en la estructura del error de la ecuación (3), elimina la importancia del capital público en la producción privada. Para Holtz-Eakin (1994) los resultados anteriores, según los cuales existe una relación fuerte y positiva entre capital público y producto son un artefacto de las restricciones impuestas a la estructura de los errores. Cuando se utilizan técnicas más apropiadas los resultados se desvanecen y no es posible encontrar una elasticidad diferente de cero. Esto no quiere decir que el capital público no sea importante (de hecho, afecta el producto total de la economía en un monto equivalente a los servicios que genera). Lo que indican los resultados

es que la elasticidad del producto *privado* (o la productividad) con respecto al capital público es cercana a cero¹⁵. La inversión pública es importante en sí misma (hay proyectos públicos con un valor presente neto positivo), pero no debido a los posibles efectos indirectos en la productividad del sector privado¹⁶.

Otro ejercicio interesante es el de Duffy-Deno y Eberts (1991), quienes estiman un modelo de dos ecuaciones simultáneas a partir de información anual para 28 áreas metropolitanas de los Estados Unidos durante el período 1980-1984. Una de las ecuaciones explica el ingreso *per cápita* en función del stock de capital público y de la inversión pública, mientras que la otra explica la inversión pública como función del ingreso personal. Las elasticidades (del producto) obtenidas son de 0.094 para el stock de capital público y 0.037 para la inversión pública.

En un trabajo reciente, Nadiri y Mamuneas (1994) desarrollan un marco analítico diferente para medir la contribución del capital público en infraestructura e *I&D* al crecimiento de la productividad total de los factores en doce sectores industriales de los Estados Unidos durante el período 1956-1986¹⁷. En la metodología propuesta un incremento en la infraestructura pública eleva la *PTF* al reducir el costo privado de producción, lo que a su vez conduce a un menor precio del producto y a un mayor crecimiento de la producción. De acuerdo con las estimaciones presentadas, la contribución directa de la infraestructura pública es del orden de 30% a 35% del crecimiento de la *PTF*, aunque se presentan diferencias importantes entre industrias (su contribución indirecta es una décima parte de esto). Con todo, este efecto es inferior al de otros factores, especialmente la demanda agregada, los precios reales de los insumos y el cambio técnico que son los principales actores en la determinación de la *PTF* en el nivel industrial.

B. Los estudios internacionales

Algunos estudios han utilizado datos de varios países para estimar versiones de la ecuación (3). Aschauer (1989b) realizó estimaciones para el Grupo de los

¹⁵ Este resultado es similar al obtenido por Hulten y Schwab (1991) y Tatom (1991b).

¹⁶ Por lo tanto, el nexo que se ha tratado de establecer entre el estancamiento de la productividad en los Estados Unidos y el deterioro de la infraestructura no parece tener fundamento en la evidencia empírica.

¹⁷ También analizan la contribución de la demanda, los precios relativos de los insumos y el cambio técnico.

Siete. Por su parte, Ford y Poret (1991) estimaron una elasticidad de la *PTF* con respecto a cambios en infraestructura de alrededor de 0.45 para nueve países miembros de la *OCDE*. Canning y Fay (1993a, 1993b) realizaron estudios con datos para 100 países durante el período 1960-1985. El coeficiente γ estimado a partir de esta muestra (que utiliza unidades físicas de infraestructura y no series en dólares constantes con una adecuada depreciación) es cercano a 0.10. Regresiones de crecimiento del producto contra cambios en la infraestructura durante el mismo período no producen coeficientes significativos, aunque los niveles iniciales de infraestructura sí tienen una relación positiva y significativa con el crecimiento. Cuando se separan los efectos por nivel de desarrollo de los países en cuestión se obtiene un patrón similar al planteado por Hansen (1965) en los trabajos de localización espacial. La tasa de retorno a la inversión en infraestructura es mayor en los países en desarrollo que en los industrializados. En los países más pobres (subdesarrollados) la rentabilidad es apenas moderada.

C. Síntesis

Es difícil extraer conclusiones definitivas a partir de los trabajos reseñados en esta sección. Sin embargo, queda claro que el papel de la infraestructura en la producción del sector privado probablemente fue subestimado durante muchos años por los macroeconomistas. El énfasis reciente en el tema, no obstante, se ha concentrado en aspectos econométricos, con poca atención a preguntas fundamentales relacionadas con las políticas adecuadas para resolver la crisis de la infraestructura.

IV. EVOLUCION DE LA INFRAESTRUCTURA EN COLOMBIA: 1950-1994

Reconstruir la historia de la infraestructura colombiana es una tarea difícil dada la gran escasez de información. Con la notable excepción de los datos disponibles en los censos nacionales de población y vivienda, así como en los trabajos de Báteman (1986) y Cuervo (1992), la información se caracteriza por tener mala cobertura y periodicidad.

Esta sección tiene dos objetivos. Por una parte, busca recopilar y aglutinar en una sola fuente la mayor cantidad posible de series y fuentes, de forma tal

que futuras investigaciones sobre el tema cuenten con una base apropiada de datos. En segundo lugar, se hace una descripción de la información obtenida, con el propósito de extraer los “hechos estilizados” que caracterizan la evolución de la infraestructura en Colombia tanto a través del tiempo (en comparación con otras naciones) como al interior de sus regiones (comparaciones interdepartamentales).

La información disponible se clasifica de acuerdo con la técnica de medición de la infraestructura, que puede expresarse tanto en unidades monetarias como físicas. En el primer caso, se especifica un stock construido con base en inversiones anteriores y ajustado por depreciación (técnica del *inventario perpetuo*). En este caso es necesario suponer que el precio de compra de una unidad de capital refleja el valor descontado de sus productos marginales presente y futuro, lo cual no coincide con los criterios de asignación de la inversión pública. Asimismo, se supone que una proporción constante de la inversión reemplaza al capital viejo (tasa de depreciación fija), lo cual es válido sólo cuando existen estimativos apropiados de la vida media útil del activo. También existen los inconvenientes asociados a la escogencia de un deflactor correcto que aísle de manera efectiva la magnitud real que se quiere estudiar¹⁸.

A. Series nacionales y comparaciones internacionales

1. Unidades monetarias

La construcción del stock de capital público para el período 1950-1994 se realizó con base en las series de formación bruta de capital de las Cuentas Nacionales del Banco de la República (1950-1969), de las Cuentas Nacionales del DANE (1970-1992), así como de cifras preliminares del DNP (1993 y 1994). La series de formación bruta de capital privado, compuesta por la inversión de las empresas privadas, la inversión de las instituciones financieras y la inversión de los hogares (discriminado en vivienda y resto), y de formación de capital público, compuesta por la inversión de las empresas públicas y la inversión de las administraciones públicas, fueron expresadas en precios constantes por medio del deflactor implícito de la inversión total.

¹⁸ Por su parte, el enfoque basado en unidades físicas tiene el inconveniente que para poder separar la cantidad de la calidad del flujo de servicios que presta la infraestructura se deben escoger unidades que pueden llegar a ser más arbitrarias que los precios.

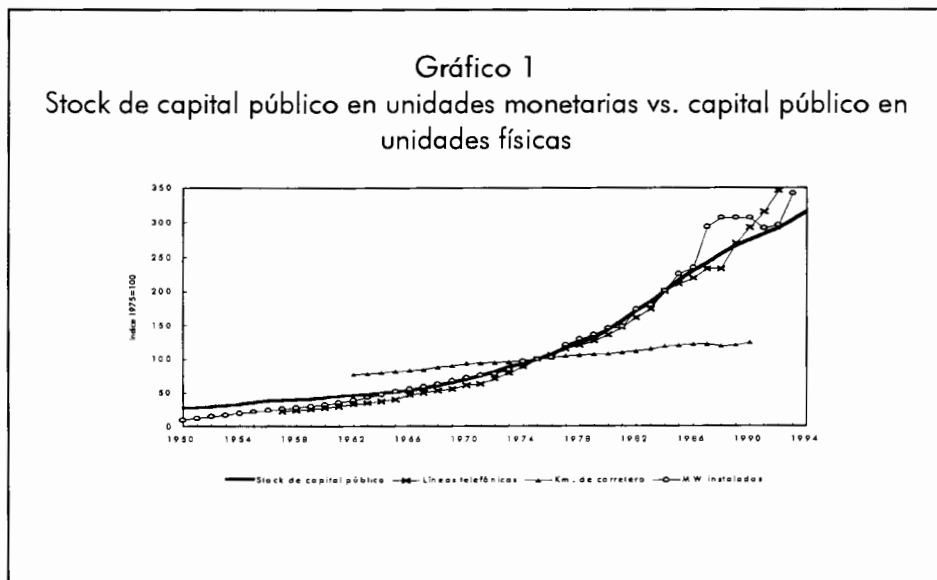
La construcción de los stocks de capital privado y público se hizo con base en la metodología del inventario perpetuo, i.e.

$$(10) \quad K_t = K_{t-1}(1-\delta) + I_t$$

donde K es el stock de capital, δ es la tasa de depreciación lineal e I , la formación bruta de capital fijo correspondiente. Para construir la serie es necesario calcular el stock inicial (K_0), lo cual se puede hacer de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$(11) \quad K_0 = \frac{I_0}{Y_0 + \delta}$$

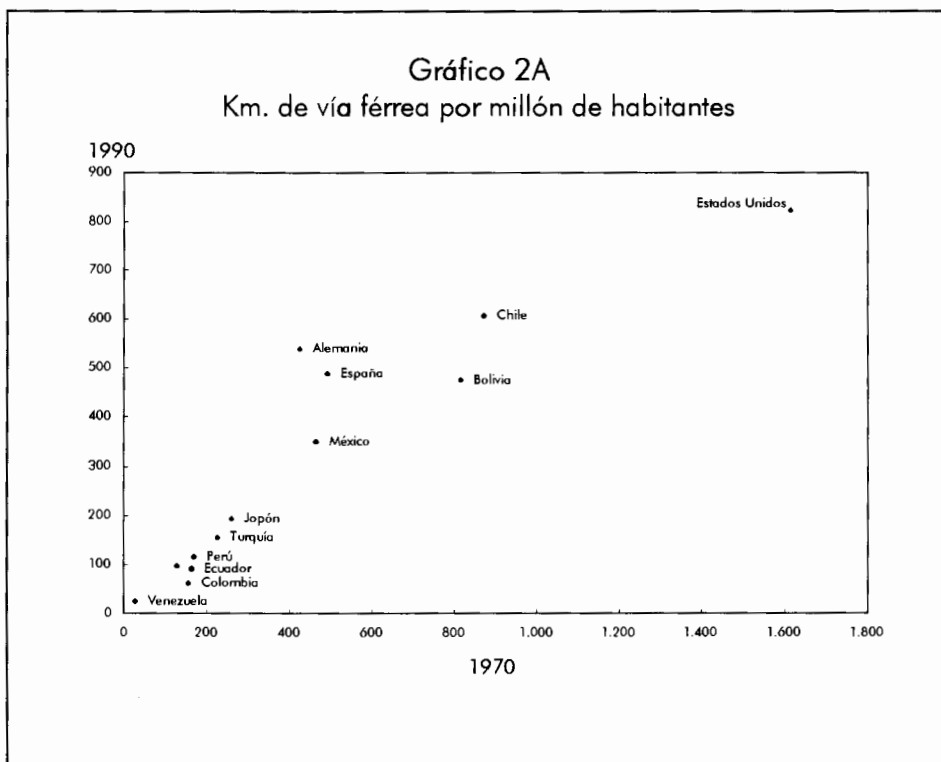
donde Y_0 es el crecimiento del PIB en el año inicial¹⁹. Se construyeron tres stocks de capital: privado en vivienda ($\delta=2\%$), privado sin vivienda ($\delta=5\%$) y público ($\delta=3.5\%$). La serie construida para el capital público se aprecia en el Cuadro 1 y el Gráfico 1.



¹⁹ Esta ecuación puede derivarse al suponer que la razón capital-producto converge a una media y que el producto crece a una tasa estable.

2. Unidades físicas

Esta sección examina la evolución de la infraestructura de ferrocarriles, carreteras, telecomunicaciones y energía medida en unidades físicas (Cuadro 1). El deterioro de los ferrocarriles es notorio. Las vías férreas nacionales en operación se redujeron de 3.353 km. en 1971 a sólo 1.600 km. en 1993, mientras que la carga transportada cayó en más de un 80% entre 1953 y 1993. Sin embargo, como se aprecia en el Cuadro 2, la disminución absoluta del kilometraje total de las vías férreas es un fenómeno común a otros países del mundo²⁰. En cualquier caso, Colombia ha tenido una pésima posición relativa (Gráfico 2A).



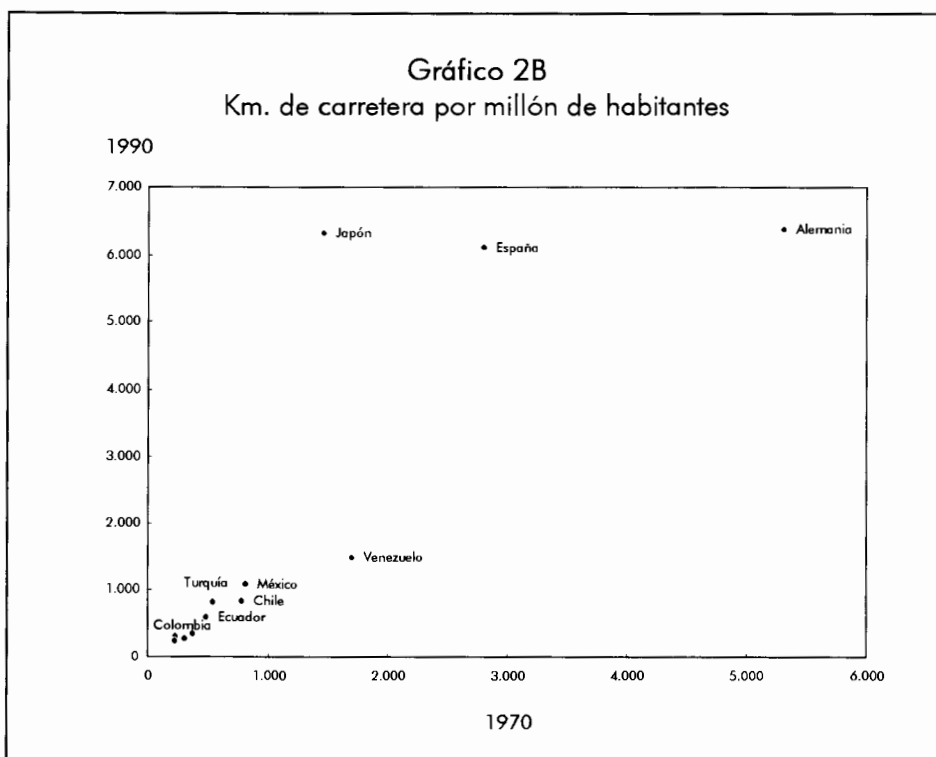
²⁰ La muestra incluye doce naciones: una que pertenece a los países de ingreso bajo (Egipto); cinco pertenecientes al grupo de ingreso mediano-bajo/mediano (Bolivia, Perú, Ecuador, Turquía y Chile); dos con ingreso mediano-alto (Venezuela y México); y cuatro con ingreso alto (España, Alemania, los Estados Unidos y Japón).

Cuadro 1
Evolución infraestructura

	Stock de K público \$ MM de 1975	Vía férrea Km. en operación	Carga Transp. por vía férrea (Ton 000)	Red vial nacional Km	Líneas telefónicas locales	Capacidad instalada MW	Población total	PIB 1975=100 \$ MM
1940						118	8.980.635	79.719
1941						139	9.157.475	81.056
1942						160	9.339.511	81.223
1943						181	9.526.940	81.557
1944						201	9.719.967	87.070
1945						222	9.918.805	91.153
1946						233	10.123.678	99.914
1947						245	10.334.820	103.793
1948						256	10.552.473	106.726
1949						267	10.776.893	116.062
1950	60.244					278	11.008.346	117.342
1951	62.016					348	11.247.110	121.001
1952	63.704					417	11.618.887	128.632
1953	67.888					487	12.005.600	136.453
1954	72.603		3.396			556	12.407.970	145.890
1955	79.516		3.578			626	12.826.761	151.592
1956	85.197		3.319			685	13.262.780	157.740
1957	87.257		4.142		219.150	744	13.716.879	161.259
1958	89.124		4.887		233.150	804	14.189.960	165.224
1959	91.413		4.759		251.450	863	14.682.976	177.162
1960	94.124		4.436		269.550	922	15.196.935	184.723
1961	98.357		4.465		289.900	1.017	15.732.905	194.124
1962	103.067		3.643	16.512	322.100	1.122	16.292.014	204.630
1963	106.074		3.655	16.692	339.100	1.237	16.875.460	211.355
1964	109.401		3.317	17.054	365.290	1.364	17.484.509	224.389
1965	112.510		3.062	17.479	392.790	1.504	17.993.946	232.467
1966	117.235		3.312	17.825	461.175	1.605	18.523.127	244.915
1967	125.459		3.169	17.997	492.090	1.712	19.072.953	255.211
1968	134.491		3.240	18.842	522.670	1.826	19.644.373	270.830
1969	143.449		3.050	19.267	543.960	1.948	20.238.381	288.073
1970	153.913		2.781	19.915	601.040	2.078	20.856.027	307.496
1971	166.242	3.353	2.653	20.017	619.040	2.180	21.498.414	325.825
1972	180.057	3.353	2.731	20.276	694.990	2.243	22.166.704	350.813
1973	194.199	3.232	2.760	20.408	775.520	2.426	22.862.118	374.398
1974	205.822	3.232	2.899	20.843	866.820	2.776	23.233.851	395.910
1975	219.638	3.138	2.439	21.264	973.960	2.866	23.613.157	405.108
1976	235.082	2.767	2.411	21.838	1.031.163	2.932	24.000.225	424.263
1977	256.699	2.912	2.519	22.268	1.126.944	3.474	24.395.248	441.906
1978	273.011	2.911	2.682	22.552	1.175.325	3.704	24.798.426	479.335
1979	290.142	2.911	2.394	22.757	1.241.252	3.898	25.209.965	505.119
1980	316.736	2.822	1.935	22.917	1.322.285	4.177	25.630.080	525.765
1981	344.588	2.822	1.347	23.373	1.433.780	4.237	26.058.993	537.736
1982	377.149	2.822	1.097	23.820	1.568.487	4.967	26.496.932	542.836
1983	406.492	2.680	1.247	24.472	1.698.198	5.137	26.944.134	551.380
1984	441.697	2.619	1.268	25.250	1.951.334	5.757	27.400.847	569.855
1985	475.062	2.619	1.333	25.582	2.057.931	6.465	27.867.326	587.561
1986	506.900		1.190	25.966	2.135.633	6.721	28.741.952	621.781
1987	531.403		1.055	25.951	2.270.076	8.413	29.649.814	655.164
1988	558.827		938	25.418	2.270.076	8.793	30.592.435	681.791
1989	585.439		854	25.657	2.630.414	8.793	31.571.420	705.068
1990	604.801	2.016	840	26.517	2.851.021	8.793	32.588.462	735.259
1991	622.107				3.071.628	8.356	33.645.346	750.694
1992	641.065	1.600	200		3.374.143	8.488	34.743.956	777.172
1993	667.066	1.600	595			9.803	35.886.280	817.292
Crecimiento								
Promedio %	5.75%	-3.31%	-4.37%	1.71%	8.13%	8.69%	2.65%	4.49%
Dev. estándar								
Crecimiento %	2.30%	3.70%	34.71%	1.27%	3.67%	6.13%	0.73%	2.13%

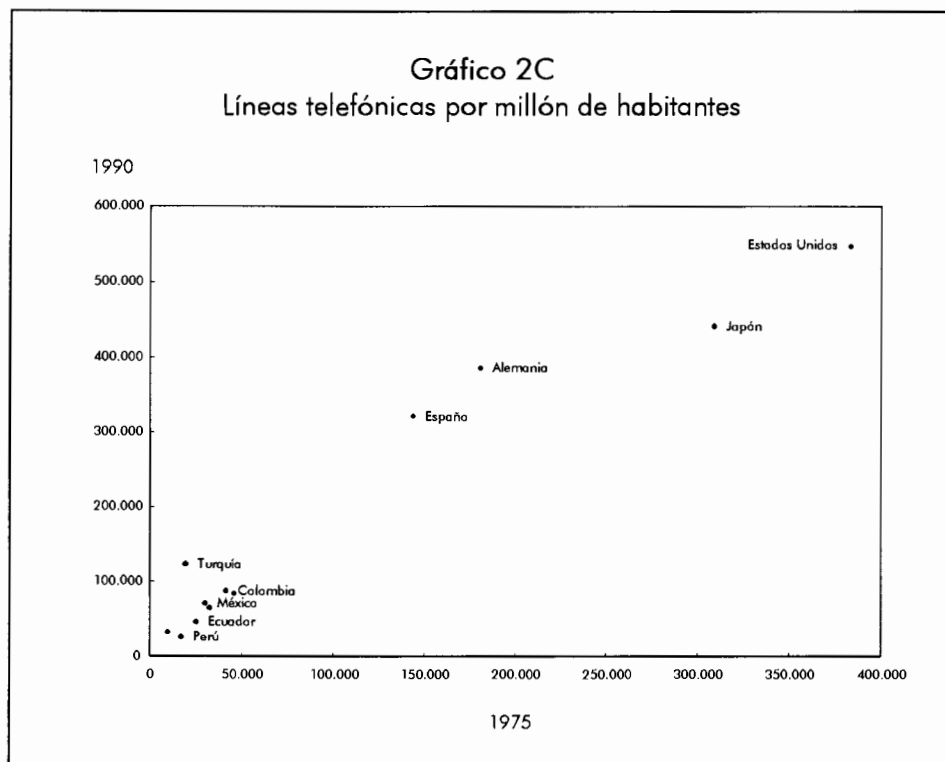
Fuente: Cuervo, ISA, DANE y cálculos de los autores.

De otra parte, en las carreteras, si bien no ha habido retrocesos en términos absolutos, no se ha observado un dinamismo comparable con las variables demográficas y de producción (Cuadro 1). En efecto, la Red Vial Nacional pasó de 16.500 km. de carreteras en 1962 a 26.500 Km. en 1993 (un incremento de 65%, mientras que el PIB se multiplicó por 2.5). Según los datos del Cuadro 2 y del Gráfico 2B, Colombia ocupó un modesto antepenúltimo lugar en una muestra que refleja inmensas diferencias entre países.

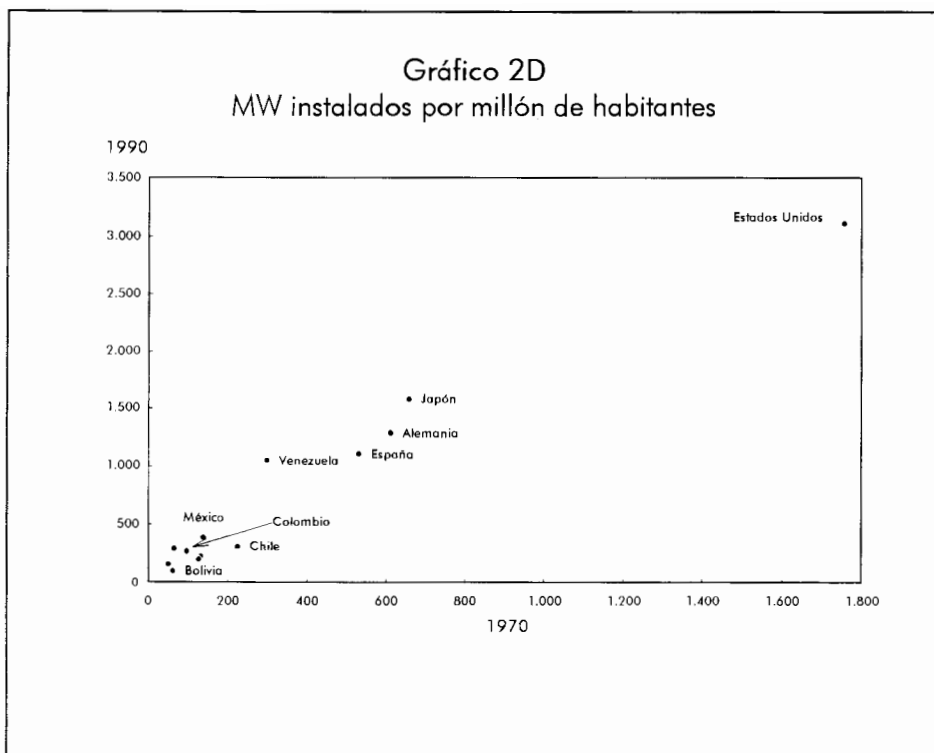


El frente con mejor comportamiento relativo ha sido el de las telecomunicaciones. Las líneas telefónicas nacionales instaladas en el país entre 1957 y 1992 se multiplicaron más de 14 veces (Cuadro 1). En el contexto de los países estudiados Colombia ocupa una posición intermedia en este campo (Cuadro 2 y Gráfico 2C). La energía eléctrica ha sido también un servicio público con gran dinámica en el país. Según el Cuadro 1, la capacidad instalada en MW aumentó más de 80 veces entre 1940 y 1993. Con todo, este acelerado crecimiento fue mayor durante la primera mitad del período (1940-

1966) que en la segunda (1967-1993). En términos internacionales la situación es comparable con la de países de ingreso menor que el de Colombia (Cuadro 2 y Gráfico 2D).



Todo lo anterior permite concluir que para los cuatro servicios escogidos y en relación con otras naciones del mundo, la evolución de la infraestructura en Colombia se puede diferenciar claramente en dos grupos. Por una parte, la infraestructura de transporte (ferrocarriles y carreteras) ha tenido una pobre evolución, inclusive frente a otros países de desarrollo similar. El deterioro de los ferrocarriles ha sido más acentuado que en otros países, y, peor aún, no ha estado acompañado de un incremento en la red vial. Por otra parte, en los servicios públicos de telefonía y energía eléctrica la evolución ha sido más satisfactoria, especialmente en el campo de las telecomunicaciones en el cual el país es líder a nivel regional.



El Gráfico 1 resume la información disponible sobre la infraestructura nacional. Como se aprecia, hay una estrecha relación entre el comportamiento de la serie en unidades monetarias (la acumulación de los montos invertidos en infraestructura) y las series de capital público medidas en unidades físicas, con excepción de las carreteras. En efecto, la evolución de los kilómetros de carreteras nacionales muestra un notorio rezago en relación con la tendencia de la inversión en unidades monetarias. Dada la prioridad que han tenido los proyectos viales en los planes de desarrollo, lo anterior sugiere que las ineficiencias en su ejecución son más pronunciadas que en otras áreas de la inversión pública.

Cuadro 2 Comparación internacional

Infraestructura férrea

	Km. de vía férrea por millón de habitantes		
	1970	1980	1990
Alemania	425	364	539
Bolivia	815	597	473
Chile	871	565	607
Colombia	156	110	62
Ecuador	164	119	91
Egipto	128	114	97
España	491	419	487
Estados Unidos	1.615	1.265	823
Japón	260	190	194
México	464	285	348
Perú	169	121	116
Turquía	226	184	156
Venezuela	28	19	25

Infraestructura vial

	Kilómetros de carretera pavim. por millón de habitantes		
	1970	1980	1990
Alemania	5.310	5.960	6.393
Bolivia	219	250	242
Chile	780	881	834
Colombia	224	320	310
Ecuador	481	528	597
Egipto	304	310	279
España	2.802	4.018	6.121
Estados Unidos	22.859	22.696	#N/A
Japón	1.457	4.375	6.334
México	809	950	1.085
Perú	368	364	348
Turquía	538	802	815
Venezuela	1.697	1.523	1.477

Infraestructura telefónica

	Líneas telefónicas locales por millón de habitantes		
	1975	1980	1990
Alemania	180.633	262.250	386.463
Bolivia	#N/A	25.494	25.134
Chile	32.407	32.571	65.296
Colombia	41.246	51.591	87.486
Ecuador	25.018	27.945	46.331
Egipto	9.727	11.083	32.760
España	143.780	192.558	321.602
Estados Unidos	383.392	413.959	547.048
Japón	308.848	341.880	441.625
México	29.927	36.583	70.845
Perú	16.754	18.598	26.193
Turquía	19.238	29.289	123.380
Venezuela	45.638	57.224	83.971

Infraestructura eléctrica

	MW Instalados por millón de habitantes		
	1970	1980	1990
Alemania	612	1.055	1.286
Bolivia	62	88	100
Chile	225	264	310
Colombia	97	163	270
Ecuador	50	138	157
Egipto	132	88	224
España	530	782	1.104
Estados Unidos	1.757	2.767	3.111
Japón	659	1.230	1.578
México	139	241	387
Perú	127	185	200
Turquía	65	115	292
Venezuela	299	564	1.048

Fuente: World Development Report 1994 (Banco Mundial) y cálculos de los autores.

B. Series departamentales

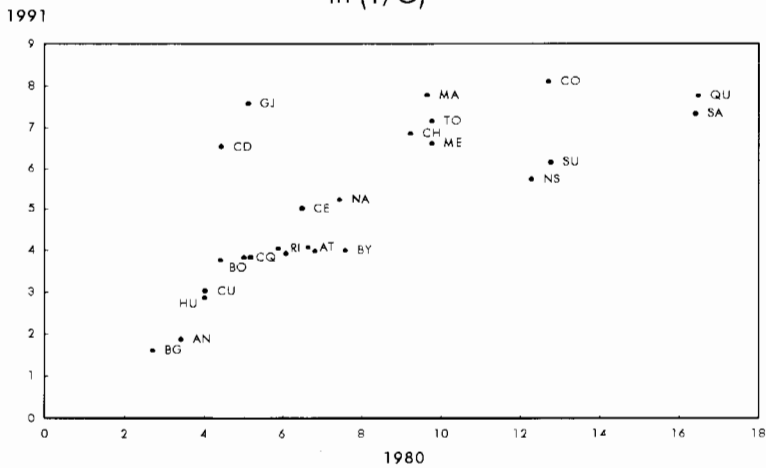
1. Unidades monetarias

La base para la construcción de los stocks departamentales de capital son las series departamentales de formación bruta de capital fijo público a precios corrientes, recopiladas por el Banco de la República para el período 1980-1992. La transformación de estas cifras en pesos constantes de 1975 se hizo por medio del deflactor implícito de las producciones departamentales del DANE. Para calcular el stock de capital inicial en cada departamento se optó por "regionalizar" el stock de capital nacional para 1980. Para ello, se utilizó la metodología propuesta por Holtz-Eakin (1993) que tiene en cuenta, como criterio de regionalización, la participación del departamento i en la inversión pública total en el año t . Es decir:

$$(12) \quad K_{i,t} = K_t \frac{I_{i,t}}{\sum_i I_{i,t}}$$

Por obvias razones, los stocks más grandes corresponden a aquellos departamentos que invirtieron más en el año inicial, supuesto que, sin embargo, se espera refleje las magnitudes relativas de los verdaderos stocks iniciales. El Gráfico 3 muestra la relación entre producción y capital público para cada departamento en 1980 y 1991. Es interesante que en casi todos los departamentos esta relación disminuyó durante el período en cuestión (excepto en dos de los departamentos más dinámicos del país, Guajira y Cundinamarca).

Gráfico 3
Productividad del capital público
 $\ln(Y/G)$



2. Unidades físicas

Los datos departamentales sobre el estado de la infraestructura son fragmentarios. Unas de las pocas series que es posible reconstruir de manera continua para el período 1975-1992 son el número de suscriptores del sector eléctrico (por tipo de usuario) y el nivel de pérdidas de las empresas departamentales. De otra parte, los censos nacionales de población y vivienda permiten obtener información puntual de la cobertura de energía, acueducto y alcantarillado en 1938, 1951, 1964, 1973 y 1985²¹ (Cuadros 3A-3C). El aumento de la cobertura ha sido significativo entre 1938 y 1985, especialmente para los servicios de energía y acueducto: en ambos casos se pasó de coberturas inferiores al 15% (para todo el país) a superiores al 70% de las viviendas. El caso del alcantarillado ha sido menos exitoso, en la medida en que para el censo de 1985 la cobertura aún no sobrepasaba el 60%.

²¹ Las cifras de cobertura de servicios públicos del Censo de 1993 no se encuentran disponibles.

Cuadro 3A
Cobertura servicios públicos básicos: Energía (%)

			Censo				
			1938	1951	1964	1973	1985
1	Amazonas	AM	5.69	8.12	19.28	79.55	93.10
2	Antioquia	AN	22.12	37.65	44.18	65.80	82.44
3	Arauca	AR	2.14	8.12	14.86	40.09	51.10
4	Atlántico	AT	45.37	61.68	63.58	87.42	96.47
5	Bolívar	BO	6.35	11.81	26.90	50.73	73.88
6	Boyacá	BY	3.25	5.95	14.46	23.96	63.97
7	Caldas	CA	24.97	37.75	21.57	65.92	87.48
8	Caquetá	CQ	2.14	18.57	9.58	25.36	37.08
9	Casanare	CS	3.25	8.12	14.47	23.96	27.90
10	Cauca	CU	6.28	10.78	15.91	33.03	53.65
11	Cesar	CE	10.06	16.76	25.57	43.01	65.14
12	Chocó	CH	5.69	6.32	5.54	23.93	33.69
13	Córdoba	CO	6.35	11.81	18.78	27.99	47.79
14	Cundinamarca	CD	8.90	16.82	20.50	38.52	71.35
15	Guainía	GU			0.56	75.72	85.10
16	Guajira	GJ	9.23	16.09	21.87	44.97	81.31
17	Guaviare	GV					17.80
18	Huila	HU	5.96	12.59	21.77	43.49	71.20
19	Magdalena	MA	10.06	16.76	25.57	47.66	63.22
20	Meta	ME	5.69	18.57	25.21	36.97	61.24
21	Nariño	NA	5.16	9.40	21.16	34.14	61.35
22	Norte de Santander	NS	19.45	27.70	39.01	54.44	70.69
23	Putumayo	PU	2.14	8.12	9.32	37.90	51.90
24	Quindío	QU	24.97	37.75	21.57	78.91	96.23
25	Risaralda	RI	24.97	37.75	21.57	74.86	91.87
26	San Andrés y Providencia	SP	5.69	18.57	18.64	78.94	94.70
27	Santafé de Bogotá D.C.	BG	58.18	75.10	85.45	94.79	98.39
28	Santander	SA	12.84	21.14	34.01	47.06	71.49
29	Sucre	SU	6.35	11.81	26.90	30.14	60.36
30	Tolima	TO	9.37	17.53	23.42	43.58	67.19
31	Valle del Cauca	VC	25.44	38.54	47.29	80.15	91.62
32	Vaupés	VA	2.14	8.12	6.18	29.41	68.20
33	Vichada	VI			5.70	5.26	44.50
34	Intendencias y comisarías	IC	2.86	9.34	12.64	40.26	48.51
	Total	COL	14.51	25.84	34.50	57.62	78.42

Fuente: Censos, DANE y cálculos de los autores.

Las intendencias y comisarías muestran, sin embargo, un particular rezago en este campo, fenómeno que está evidentemente ligado con la dispersión de las viviendas allí ubicadas. La cobertura de energía y acueducto para esta región no ha llegado al 50%, mientras que el alcantarillado apenas lo hace al 18% de las viviendas. Santafé de Bogotá es quien encabeza la lista nacional con una cobertura superior al 95% en los tres servicios. El caso del Chocó es, por otra

parte, preocupante: para 1985 la cobertura de alcantarillado se encontraba en el 11%, la de energía en 34% y el acueducto en 20%.

Cuadro 3B
Cobertura servicios públicos básicos: Acueducto (%)

			Censo				
			1938	1951	1964	1973	1985
1	Amazonas	AM	2.15	5.49	15.80	77.03	89.40
2	Antioquia	AN	15.01	41.23	55.61	72.44	73.16
3	Arauca	AR	0.11	5.49	17.74	48.30	48.00
4	Atlántico	AT	42.67	63.17	60.63	80.55	77.12
5	Bolívar	BO	2.89	13.90	23.60	45.27	47.39
6	Boyacá	BY	2.44	7.33	22.13	34.03	50.07
7	Caldas	CA	22.26	47.03	24.56	81.22	79.16
8	Caquetá	CQ	0.11	13.64	11.16	31.17	45.52
9	Casanare	CS	2.46	5.49	22.13	34.03	37.50
10	Cauca	CU	3.23	9.58	18.01	37.81	50.98
11	Cesar	CE	8.41	18.23	27.66	52.25	63.50
12	Chocó	CH	2.15	4.21	5.25	15.90	20.21
13	Córdoba	CO	2.89	13.89	19.75	33.11	39.75
14	Cundinamarca	CD	7.63	19.95	31.56	44.66	56.58
15	Guainía	GU			0.28	87.68	85.60
16	Guajira	GJ	7.54	17.24	20.12	56.49	63.88
17	Guaviare	GV					16.50
18	Huila	HU	29.24	16.59	24.79	62.83	73.82
19	Magdalena	MA	8.41	18.23	27.66	47.53	48.57
20	Meta	ME	2.15	13.64	36.29	50.18	65.96
21	Nariño	NA	0.74	7.67	22.33	42.08	56.46
22	Norte de Santander	NS	8.14	26.23	45.70	65.32	64.44
23	Putumayo	PU	0.11	5.49	6.15	34.10	37.20
24	Quindío	QU	22.26	47.03	24.56	89.18	93.67
25	Risaralda	RI	22.26	47.03	24.56	83.46	83.56
26	San Andrés y Providencia	SP	2.15	13.64	21.34	36.50	56.30
27	Santafé de Bogotá D.C.	BG	51.83	79.98	86.86	91.18	95.88
28	Santander	SA	9.80	23.66	39.76	55.12	67.20
29	Sucre	SU	2.89	13.90	23.60	30.11	43.20
30	Tolima	TO	10.41	24.48	28.79	61.28	67.50
31	Valle del Cauca	VC	22.53	42.27	46.79	81.52	83.30
32	Vaupés	VA	0.11	5.49	4.95	62.44	71.20
33	Vichada	VI			4.33	5.26	49.20
34	Intendencias y comisarías	IC	0.92	6.43	14.04	38.82	42.29
	Total	COL	11.83	28.78	38.70	62.73	70.42

Fuente: Censos, DANE y cálculos de los autores.

Cuadro 3C
Cobertura servicios públicos básicos: Alcantarillado (%)

			Censo				
			1938	1951	1964	1973	1985
1	Amazonas	AM	2.12	2.11	6.35	45.25	68.90
2	Antioquia	AN	11.12	30.51	43.74	59.65	68.65
3	Arauca	AR	0.06	2.11	3.79	8.17	6.60
4	Atlántico	AT	2.06	39.83	47.55	49.28	60.04
5	Bolívar	BO	0.21	7.45	17.14	13.56	22.33
6	Boyacá	BY	1.51	5.17	13.36	21.28	37.18
7	Caldas	CA	14.82	34.88	21.45	63.24	75.19
8	Caquetá	CQ	0.06	10.57	6.47	18.35	40.35
9	Casanare	CS	1.49	2.11	13.35	21.28	12.40
10	Cauca	CU	2.97	7.95	12.05	23.78	34.84
11	Cesar	CE	0.41	8.93	16.14	12.41	29.05
12	Chocó	CH	2.12	3.46	2.96	9.69	10.90
13	Córdoba	CO	0.21	7.45	12.99	5.87	11.61
14	Cundinamarca	CD	6.35	19.48	21.65	28.92	45.43
15	Guainía	GU			0.00	3.62	43.60
16	Guajira	GJ	0.38	8.40	7.97	11.33	19.29
17	Guaviare	GV					8.20
18	Huila	HU	1.74	9.44	16.28	36.23	52.72
19	Magdalena	MA	0.41	8.93	16.13	15.86	21.94
20	Meta	ME	2.12	10.57	24.65	35.64	54.71
21	Nariño	NA	0.78	4.96	14.12	25.15	37.25
22	Norte de Santander	NS	4.89	15.55	31.55	41.01	51.41
23	Putumayo	PU	0.06	2.11	1.78	22.34	32.20
24	Quindío	QU	14.82	34.88	21.45	74.77	87.28
25	Risaralda	RI	14.82	34.88	21.45	69.93	79.48
26	San Andrés y Providencia	SP	2.12	10.57	17.91	6.45	1.80
27	Santafé de Bogotá D.C.	BG	45.83	65.11	84.70	91.13	95.60
28	Santander	SA	3.67	15.71	29.72	41.27	58.86
29	Sucre	SU	0.21	7.46	17.14	11.82	23.57
30	Tolima	TO	4.16	13.44	18.48	37.39	56.45
31	Valle del Cauca	VC	15.04	33.53	41.70	68.19	74.81
32	Vaupés	VA	0.06	2.11	2.40	7.69	23.40
33	Vichada	VI			2.67	5.26	5.50
34	Intendencias y comisarías	IC	0.66	3.09	7.15	17.92	17.84
Total		COL	6.70	20.93	30.53	46.09	59.41

Fuente: Censos, DANE y cálculos de los autores.

Cuadro 4
Carreteras nacionales y departamentales

			Carreteras nacionales (ajustado)					Carreteras departamentales		
			1930	1930a	1966	1982	1990	1930	1930	1990
			(1)	(1a)	(2)	(3)	(4)	(5)	(5a)	(6)
1	Amazonas	AM								
2	Antioquia	AN	500	29	1.629	1.822	2.136	5.472	638	5.497
3	Arauca	AR					151			410
4	Atlántico	AT	97	80	83	385	423	284	85	201
5	Bolívar	BO	177	35	305	439	501	75	75	530
6	Boyacá	BY	1.204	451	1.586	2.214	2.619	521	153	3.976
7	Caldas	CA	208	35	592	860	1.005	2.145	362	1.995
8	Caquetá	CQ			255	285	434			502
9	Casanare	CS	46	17	112	206	540			1.158
10	Cauca	CU	1.106	207	967	1.628	1.724	4.173	104	1.731
11	Cesar	CE	237	56	896	1.164	1.272			612
12	Chocó	CH			230	332	370			
13	Córdoba	CO	127	25	511	639	705			24
14	Cundinamarca	CD	963	602	994	1.414	1.550	5.045	318	6.004
15	Guainía	GU								
16	Guajira	GJ	127	30	498	533	694			14
17	Guaviare	GV					89			
18	Huila	HU	620	102	942	1.329	1.410	271	271	3.741
19	Magdalena	MA	166	39	552	684	673	399	110	437
20	Meta	ME	0	0	785	940	1.038			1.662
21	Nariño	NA	597	239	978	1.147	1.136	319	197	1.128
22	Norte de Santander	NS	472	212	1.440	1.778	1.970	1.695	95	220
23	Putumayo	PU			205	203	246			89
24	Quindío	QU	87	15	185	196	203			1.226
25	Risaralda	RI	106	18	241	279	314			1.143
26	San Andrés y Providencia	SP			60	63	71			7
27	Santafé de Bogotá D.C.	BG								
28	Santander	SA	1.020	153	1.464	1.892	2.091	106	152	4.257
29	Sucre	SU	86	17	135	292	328			578
30	Tolima	TO	790	281	1.089	1.419	1.637	265	147	1.662
31	Valle del Cauca	VC	639		711	1.136	1.168	863	394	5.033
32	Vaupés	VA			82					
33	Vichada	VI				140	19			3
34	Intendencias y comisarías	IC	46	17	459	612	1.116	0	0	1.667
Total		COL	9.374	2.642	17.526	23.419	26.517	21.633	3.101	43.840

(1) Red de carreteras y caminos del país, sin incluir las trochas o caminos de las independencias y comisarías (Fuente: Alfredo D. Bateman (1986):

"La Ingeniería, las Obras Públicas y el Transporte en Colombia"; Historia Extensa de Colombia, Vol. XXI, p. 220; Ed. Lerner).

(1a) *Ibid.*, p. 221, pero se refiere sólo a "carreteras propiamente dichas, dentro del concepto actual de la palabra, o sea para servicio de automoviles".

(2) *Ibid.*, p. 233-234.

(3) *Ibid.*, p. 235-236.

(4) Archivos del grupo inventario nacional de carreteras y puentes (MOPT).

(5) Bateman: *Ibid.* p. 220-221.

(5a) Véase (1a).

(6) Véase (4).

Cuadro 5
Telefonía

			Líneas de teléfono locales					
			1976	1985	1989	1991	1992	
1	Amazonas	AM	200	1.000	1.200	1.216	1.200	
2	Antioquia	AN	240.750	458.338	631.436	629.680	671.248	
3	Arauca	AR	0	1.250	1.250	1.700	4.781	
4	Atlántico	AT	50.600	83.950	90.006	89.987	115.006	
5	Bolívar	BO	14.800	18.830	39.605	46.423	47.269	
6	Boyacá	BY	8.450	19.250	27.000	41.395	40.732	
7	Caldas	CA	24.880	41.900	60.770	67.027	74.395	
8	Caquetá	CQ	700	1.800	2.349	6.390	7.340	
9	Casanare	CS	0	1.000	1.000	3.000	5.592	
10	Cauca	CU	4.400	6.350	13.930	19.323	26.311	
11	Cesar	CE	2.500	8.800	9.080	21.213	23.233	
12	Chocó	CH	600	800	1.061	4.311	4.560	
13	Córdoba	CO	5.300	9.500	10.250	20.250	28.165	
14	Cundinamarca	CD	10.150	22.100	33.292	45.879	72.793	
15	Guainía	GU	0	100	120	132	279	
16	Guajira	GJ	800	4.200	5.344	6.562	9.389	
17	Guaviare	GV	0	0	400	380	1.100	
18	Huila	HU	9.400	23.500	26.757	38.029	39.806	
19	Magdalena	MA	6.900	5.000	12.956	13.911	30.822	
20	Meta	ME	3.500	6.050	15.100	21.283	25.284	
21	Nariño	NA	5.200	13.850	14.464	20.528	22.257	
22	Norte de Santander	NS	25.300	49.900	36.830	68.419	68.079	
23	Putumayo	PU	0	500	1.000	2.124	3.140	
24	Quindío	QU	10.539	25.600	36.540	40.600	41.400	
25	Risaralda	RI	17.150	30.150	49.142	64.050	68.558	
26	San Andrés y Providencia	SP	1.600	3.200	3.200	5.200	5.200	
27	Santafé de Bogotá D.C.	BG	437.500	866.000	1.050.872	1.226.276	1.316.716	
28	Santander	SA	20.800	80.250	99.390	130.638	147.898	
29	Sucre	SU	2.500	3.700	5.088	13.584	15.260	
30	Tolima	TO	12.160	20.638	37.603	45.833	61.340	
31	Valle del Cauca	VC	114.484	250.125	313.059	375.904	394.293	
32	Vaupés	VA	0	100	112	165	277	
33	Vichada	VI	0	200	208	216	420	
34	Intendencias y comisarías	IC	1.800	7.350	8.490	14.133	21.989	
Total			COL	1.031.163	2.057.931	2.630.414	3.071.628	3.374.143

Fuente: DNP-UINF y cálculos de los autores.

Otras fuentes permitieron obtener información para carreteras y telefonía (Cuadros 4 y 5) a nivel departamental. El conjunto de las carreteras controladas por los departamentos pasó de 21.633 km. en 1930 y a tan sólo 43.688 km. en 1990, mientras que la Red Vial Nacional se incrementó de 2.642 km. a 26.517 km. en el mismo período. La infraestructura telefónica tuvo un rápido crecimiento entre 1976 y 1992 (el promedio de líneas por habitante se multiplicó aproximadamente tres veces). Hay no obstante una gran heterogeneidad al interior del conjunto regional, donde sobresalen casos como el de la Guajira (donde el número de líneas se multiplicó más de diez veces) o el de Chocó (donde se multiplicaron más de 7 veces).

V. LA CONTRIBUCION DE LA INFRAESTRUCTURA A LA ACTIVIDAD ECONOMICA: EVIDENCIA PARA COLOMBIA

Esta sección tiene como propósito presentar alguna evidencia sobre la relación entre el stock de capital público y el producto en Colombia a partir de la metodología descrita en las secciones II y III, y de la información presentada en la sección anterior. En una primera instancia, se discuten los resultados de la estimación de la ecuación (4) cuando se utilizan series de tiempo para los datos agregados nacionales durante el período 1950-1994. La segunda parte introduce la metodología de panel al utilizar la información de todos los departamentos colombianos durante el período 1980-1991. Por último, se evalúa el impacto de la infraestructura en la producción del sector privado a partir de la información disponible en la Encuesta Anual Manufacturera para 98 sectores industriales durante el período 1974-1992.

A. Series de tiempo nacionales: 1950-1994

Para la estimación de la ecuación (4) a partir de los datos nacionales (1950-1994) se utilizaron el PIB total, los stocks de capital privado (no residencial) y público (en millones de pesos de 1975), el empleo total (Posada et al., 1993) y el número de estudiantes en secundaria como proporción de la población en edad de trabajar (Londoño (1990) y cálculos de Fedesarrollo) como indicador de capital humano²². En algunas regresiones se reemplazó el stock de capital

²² Alternativamente, se pueden utilizar otros indicadores como la tasa bruta de mortalidad (total e infantil), la esperanza de vida y las tasas de matrícula (primaria, secundaria y superior). Sin embargo, estos indicadores de capital humano no están disponibles para el período completo bajo análisis en este trabajo. Para una discusión acerca de la evolución de estos indicadores durante el período 1954-1990, véase Urrutia (1993).

público por las series de capital público medido en unidades físicas (kilómetros de carretera, líneas telefónicas locales y MW de capacidad instalada de energía eléctrica).

El Cuadro 6 muestra los resultados de la estimación de la ecuación (4) para dos especificaciones del parámetro tecnológico (constante y creciente a través del tiempo). Se usaron dos mediciones diferentes del grado de utilización de la capacidad instalada basadas en el ciclo económico estimado a través de un ejercicio de descomposición del tipo Beveridge-Nelson²³. Los resultados de las regresiones en niveles indican que las elasticidades del producto con respecto a cada uno de los factores (α , β , γ y ϕ) se ubican dentro de los rangos obtenidos en la literatura internacional²⁴. En el caso del capital público, la elasticidad estimada fluctúa entre 0.05 y 0.12 dependiendo de la metodología para medir el ciclo económico. La elasticidad del producto frente al empleo oscila entre 0.35 y 0.54, de acuerdo con resultados previos que corresponden en términos generales a la participación de la masa salarial en el valor agregado de la economía. Las estimaciones también muestran los resultados de evaluar la hipótesis de rendimientos constantes a escala ($\alpha + \beta + \gamma + \phi = 1$) por medio de la prueba de Wald (véase apéndice). En todas las estimaciones la hipótesis de rendimientos constantes a escala se rechaza.

Sin embargo, las estimaciones anteriores no son consistentes ya que no fue posible rechazar la hipótesis de raíces unitarias en las series²⁵. En consecuencia, el modelo también se estimó en primeras diferencias, de acuerdo con la ecuación (7) (Cuadro 7). Por supuesto, los residuos de esta ecuación son la parte del cambio en el logaritmo del producto que no puede explicarse mediante variaciones en el empleo de factores productivos. Es decir, los residuos de esta ecuación son, en otras palabras, el cambio tecnológico estimado.

²³ Los modelos seleccionados corresponden a las especificaciones ARIMA(0,1,1) y ARIMA(0,1,4).

²⁴ Las estimaciones en niveles corrigen los problemas de autocorrelación serial de los errores de primer orden.

²⁵ En efecto, de acuerdo con la prueba de raíz unitaria de Dickey-Fuller, las series analizadas (PIB, empleo, *stock* de capital privado, *stock* de capital público en unidades monetarias y físicas) son I(1). Esto implica que las variables en niveles no producen estimadores consistentes, mientras que sus primeras diferencias sí lo hacen.

Cuadro 6

Estimaciones nacionales en niveles

Infraestructura en unidades monetarias

Todas las variables en logaritmos estadísticos t entre paréntesis

Tipo de estimación	Stocks de capital ajustados por u_2		Stocks de capital ajustados por u_3	
	Ecuación 1	Ecuación 2	Ecuación 1	Ecuación 2
	AR1	AR1	AR1	AR1
Constante	3.7181 (4.00)	3.9227 (3.54)	3.8030 (4.98)	4.7035 (6.82)
Tendencia (λ)	-	0.0018 (0.41)	-	0.0105 (3.44)
Capital privado sin vivienda (α)	0.5737 (5.57)	0.5670 (5.27)	0.5165 (6.21)	0.5235 (7.26)
Empleo (β)	0.5424 (6.61)	0.5115 (4.68)	0.5391 (7.22)	0.3500 (3.95)
Capital humano (ϕ)	0.1154 (7.05)	0.1144 (6.73)	0.0937 (5.40)	0.0893 (6.33)
Capital público (γ)	0.0787 (1.76)	0.0702 (1.40)	0.1270 (2.95)	0.0547 (1.35)
Prueba de Wald [$H_0 : \alpha + \beta + \gamma + \phi = 1$] χ^2	58.2837	14.2900	72.1027	1.8671
Significancia	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.17)
R ²	0.9998	0.9998	0.9998	0.9999
Durbin-Watson	1.5987	1.5777	1.6534	1.4382
Número de observaciones	44	44	44	44

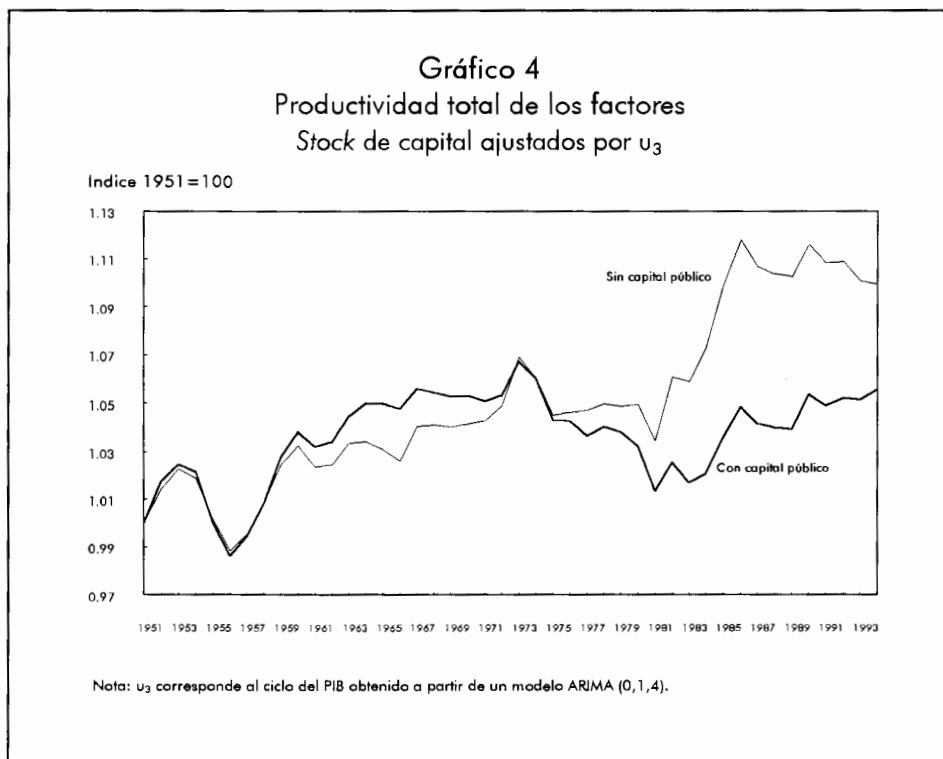
u_2 : corresponde al ciclo del PIB obtenido a partir de un modelo ARIMA (0,1,1).

u_3 : corresponde al ciclo del PIB obtenido a partir de un modelo ARIMA (0,1,4).

AR1: técnica de máxima verosimilitud para corregir autocorrelación de primer orden.

El Gráfico 4 compara la evolución de la *PTF* (calculada a partir de la ecuación 7) con la cual se obtiene en un modelo idéntico en el que se excluye la variable Δgu (el cambio en el stock de capital público). Por supuesto, al excluir una variable el residuo no explicado se hace mayor, de manera que la diferencia corresponde al cambio en la *PTF* atribuible al capital público. De esta forma, el cambio en la

PTF se "purga" por lo que en realidad corresponde al efecto del aumento en el capital público.



Los Cuadros 8 y 9 reportan las estimaciones en las cuales se utilizaron unidades físicas de infraestructura en lugar del stock de capital público en unidades monetarias. La telefonía aparece con una elasticidad de 0.07, mientras que la energía tiene una ligeramente más alta (0.1). Se construyó, además, un índice de unidades físicas de infraestructura que recoge, con las ponderaciones adecuadas, las variaciones en la construcción de carreteras, de instalación de nuevas líneas telefónicas y la generación de MW adicionales de energía. Dichas ponderaciones se construyeron con base en el peso relativo promedio de la inversión pública en cada uno de estos campos para el período 1991-1994 y la

que se proyecta hacer durante el cuatrienio 1995-1998²⁶. El índice resultó significativo, con una elasticidad cercana a 0.18.

Cuadro 7

Estimaciones nacionales en diferencias Infraestructura en unidades monetarias

Todas las variables en logaritmos estadísticos † entre paréntesis.

Tipo de estimación	Stocks de capital ajustados por u_2		Stocks de capital ajustados por u_3	
	Ecuación 1	Ecuación 2	Ecuación 1	Ecuación 2
	MCO	MCO	MCO	MCO
Capital privado sin vivienda (α)	0.7250 (8.09)	0.6020 (4.88)	0.7008 (9.44)	0.5182 (5.65)
Empleo (β)	0.5635 (5.80)	0.5222 (5.21)	0.5359 (6.11)	0.4439 (5.16)
Capital humano (ϕ)	0.0768 (2.05)	0.0714 (1.92)	0.0858 (2.55)	0.0749 (2.41)
Capital público (γ)	-	0.1052 (1.43)	-	0.1808 (2.96)
R^2	0.5500	0.5501	0.7176	0.7221
Durbin-Watson	1.7088	1.7050	1.6498	1.5150
Número de observaciones	43	43	43	43

u_2 : corresponde al ciclo del PIB obtenido a partir de un modelo ARIMA (0,1,1).

u_3 : corresponde al ciclo del PIB obtenido a partir de un modelo ARIMA (0,1,4).

MCO: mínimos cuadrados ordinarios.

B. Panel departamental: 1980-1991

Esta sección muestra los resultados de la estimación de la ecuación (8) a partir del panel de datos departamentales para el período 1980-1991. Las series específicas a cada departamento son el producto por habitante, el nivel de empleo (véase apéndice) y el stock de capital público. Como no fue posible

²⁶ El peso relativo de las carreteras es de 40%, el de la energía eléctrica es de 34% y el de telefonía es de 26%. La información para la construcción de las ponderaciones fue suministrada por el Departamento Nacional de Planeación (DNP).

construir a nivel departamental series de capital privado y humano, se optó por incluir en las estimaciones panel las series nacionales de estas dos variables. Por

Cuadro 8
Estimaciones nacionales en niveles
Infraestructura en unidades físicas

Todas las variables en logaritmos estadísticos t entre paréntesis

Tipo de Estimación	Stocks de capital ajustados por u_2				Stocks de capital ajustados por u_3			
	Ecuación				Ecuación			
	1	2	3	4	1	2	3	4
	AR1	AR1	AR1	AR1	AR1	AR1	AR1	AR1
Constante	-0.2698 (-0.15)	2.1762 (2.13)	3.0216 (3.01)	2.1005 (1.55)	3.1516 (4.15)	2.4788 (2.76)	3.5815 (4.53)	2.5105 (2.63)
Capital privado sin vivienda (α)	0.6972 (4.84)	0.7472 (6.98)	0.6742 (7.15)	0.7696 (6.23)	0.5553 (7.62)	0.6204 (7.29)	0.5993 (8.28)	0.7096 (8.44)
Empleo (β)	0.5043 (4.19)	0.4603 (4.41)	0.5376 (6.13)	0.4285 (3.04)	0.4008 (4.57)	0.4283 (4.43)	0.5964 (8.56)	0.3071 (2.57)
Capital humano (θ)	0.0440 (1.03)	0.1142 (5.83)	0.0910 (5.03)	0.1074 (3.67)	0.0581 (3.51)	0.0630 (2.92)	0.0594 (3.63)	0.0893 (3.73)
Kilómetros de carretera (t)	0.3268 (1.50)	-	-	-	-	-	-	-
Líneas telefónicas locales (t)	-	0.0324 (0.70)	-	-	0.0970 (2.40)	0.1236 (2.91)	-	-
MW de capacidad instalada (t)	-	-	0.0398 (1.47)	-	0.0719 (2.69)	-	0.0645 (2.70)	-
Índice compuesta de infraest. (t)	-	-	-	0.0601 (1.04)	-	-	-	0.1801 (4.07)
Prueba de Wald [$H_0: \alpha + \beta + \gamma + \theta = 1$] χ^2		31.0125	177.2165	97.4159	11.9913	12.6674	177.8017	100.3848
Significancia		(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)
R^2	0.9999	0.9998	0.9998	0.9999	0.9999	0.9999	0.9998	0.9999
Durbin-Watson	1.6683	1.6343	1.5432	1.6033	1.7632	1.7786	1.5909	1.6342
Número de observaciones	29	36	43	29	36	36	43	29

u_2 : corresponde al ciclo del PIB obtenido a partir de un modelo ARIMA (0,1,1).

u_3 : corresponde al ciclo del PIB obtenido a partir de un modelo ARIMA (0,1,4).

AR1: técnica de máxima verosimilitud para corregir autocorrelación de primer orden.

supuesto, esta escogencia no está libre de inconvenientes. Implícitamente se supone que el nivel de las variables nacionales es el mismo de las variables departamentales omitidas (y que se mueven de manera idéntica). Como esto es

improbable, también se estiman las regresiones excluyendo aquellas variables para las que no existe información departamental (en cuyo caso los coeficientes pueden inflarse debido al sesgo por variables omitidas). También se incluyó en algunas estimaciones el número de suscriptores al servicio de energía como medida física de infraestructura. El panel se estimó con efectos fijos y sin ellos, tanto en niveles como en diferencias.

Cuadro 9

Estimaciones nacionales en diferencias Infraestructura en unidades físicas

Todas las variables en logaritmos estadísticos † entre paréntesis.

Tipo de estimación	Stocks de capital ajustados por u_2				Stocks de capital ajustados por u_3			
	Ecuación 1	Ecuación 2	Ecuación 3	Ecuación 4	Ecuación 1	Ecuación 2	Ecuación 3	Ecuación 4
	MCO	MCO	MCO	MCO	MCO	MCO	MCO	MCO
Capital privado sin vivienda (α)	0.7754 (4.93)	0.6544 (5.85)	0.8327 (6.12)	0.8540 (5.63)	0.7462 (4.91)	0.6166 (7.24)	0.7170 (7.34)	0.8097 (7.91)
Empleo (β)	0.4277 (3.11)	0.5130 (4.92)	0.3952 (3.33)	0.3697 (2.43)	0.4424 (3.34)	0.4660 (5.14)	0.3388 (3.28)	0.2160 (1.67)
Capital humano (ϕ)	0.0352 (0.62)	0.0741 (2.00)	0.1112 (2.45)	0.0877 (1.82)	0.0725 (1.36)	0.0817 (2.56)	0.0756 (1.91)	0.0886 (2.29)
Kilómetros de carretera (γ)	0.3334 (1.60)	-	-	-	0.1346 (0.75)	-	-	-
Líneas telefónicas locales (η)	-	-	0.0237 (0.46)	-	-	-	0.1015 (2.26)	-
MW de capacidad instalada (ζ)	-	0.054261 (1.69)	-	-	-	0.0703 (2.56)	-	-
Índice compuesto de infraestr. (ξ)	-	-	-	0.0589 (0.84)	-	-	-	0.1690 (3.13)
R^2	0.6338	0.5661	0.5996	0.5973	0.7918	0.7361	0.7548	0.7653
Durbin-Watson	1.7889	1.7763	1.8053	1.7342	1.7296	1.6333	1.7152	1.6648
Número de observaciones	28	42	35	28	28	42	35	28

u_2 : corresponde al ciclo del PIB obtenido a partir de un modelo ARIMA (0,1,1).

u_3 : corresponde al ciclo del PIB obtenido a partir de un modelo ARIMA (0,1,4).

De acuerdo con los resultados que se resumen en el Cuadro 10, los efectos fijos son significativos en todas las estimaciones, de forma que es necesario incluir las

variables *dummy* para cada departamento. Asimismo, el coeficiente λ estimado (la tendencia lineal) no es significativo en todos los casos y presenta cambios de signo de una ecuación a otra. Por su parte, las series nacionales de capital privado y humano no resultaron significativas en la ecuación estimada.

Cuadro 10
Estimaciones panel departamental en niveles
Infraestructura en unidades monetarias

Todas las variables en logaritmos estadísticos t entre paréntesis.

	Ecuación			
	1	2	3	4
Tendencia (λ)	-	-	-0.0229 (-1.14)	-0.0072 (-1.27)
Empleo (β)	0.8031 (5.22)	0.6921 (6.71)	0.8448 (5.35)	0.8437 (5.35)
Capital privado (α)	-0.2301 (-0.88)	-	0.7498 (0.84)	-
Capital humano (ϕ)	-0.0979 (-0.63)	-	0.0289 (0.15)	-
Capital público (γ)	0.2519 (4.52)	0.2368 (4.52)	0.2481 (4.44)	0.2573 (4.69)
R ²	0.7426	0.7415	0.7439	0.7431
F - "fixed effects" [$H_0: \alpha_i = \alpha$]	81.2840	82.3450	81.4020	81.7220
Significancia - F	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)
Número de observaciones	300	300	300	300

Por el contrario, las variables específicas a cada departamento resultaron altamente significativas y con signos esperados. La elasticidad del empleo se ubica entre 0.7 y 0.84 en tanto que el capital público presenta una elasticidad cercana a 0.25, similar a la obtenida para los Estados Unidos. Es muy interesante que a diferencia de los resultados reportados por Holtz-Eakin (1994), la presencia de efectos fijos no elimina la significancia del capital público en las estimaciones ya que la confiabilidad de estos coeficientes es igual o mayor que

el 95%. Al utilizar el número absoluto de suscriptores al servicio de energía como proxy del capital público (Cuadro 11), se obtienen elasticidades que oscilan entre 0.06 y 0.12.

Cuadro 11
Estimaciones panel departamental en niveles
Infraestructura en unidades físicas

Todas las variables en logaritmos estadísticos t entre paréntesis.

	Ecuación			
	1	2	3	4
Tendencia (λ)	-	-	-0.0197 (-0.96)	0.0115 (1.51)
Empleo (β)	0.5556 (3.14)	0.8191 (6.49)	0.5890 (3.26)	0.6244 (3.47)
Capital privado (α)	0.6899 (2.09)	-	1.4878 (1.66)	-
Capital humano (ϕ)	-0.0613 (-0.38)	-	0.0412 (0.21)	-
Suscriptores al servicio de energía (γ)	0.0535 (0.75)	0.1233 (2.02)	0.0677 (0.93)	0.0619 (0.85)
R ²	0.7051	0.6995	0.7061	0.7021
F - "fixed effects" [$H_0: \alpha_i = \alpha$]	125.7100	126.3300	125.5200	124.7900
Significancia - F	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)
Número de observaciones	288	288	288	288

El Cuadro 12 muestra los resultados de estimar el modelo de la ecuación (8) en diferencias (sin efectos fijos) en el que tanto el empleo como el capital público resultaron significativos. Los coeficientes para el empleo se ubicaron entre 0.4 y 0.55, mientras que los correspondientes al capital público estuvieron entre 0.07 y 0.17.

Cuadro 12
Estimaciones panel departamental en diferencias
Infraestructura en unidades monetarias

Todas las variables en logaritmos estadísticos t entre paréntesis.

	Ecuación			
	1	2	3	4
Constante (λ)	-0.0030 (-0.19)	-	-0.0025 (-0.17)	-
Empleo (β)	0.5512 (3.54)	0.4167 (2.53)	0.5477 (3.54)	0.4073 (2.49)
Capital privado (α)	0.4286 (0.66)	0.5502 (0.89)	-	-
Capital humano (ϕ)	0.0196 (0.25)	0.0635 (0.75)	-	-
Capital público (γ)	0.1652 (2.22)	0.0635 (0.75)	0.1734 (2.37)	0.0781 (0.94)
R^2	0.0706	0.0320	0.0689	0.0288
F - "fixed effects" [$H_0: \alpha_i = \alpha$]	-	2.1246	-	2.1232
Significancia - F	-	(0.00)	-	(0.00)
Número de observaciones	275	275	275	275

C. Panel de datos para la industria: 1974-1992

Por último, el estudio del impacto de la infraestructura pública en la producción del sector privado se estimó a partir de un panel de datos de la industria colombiana (ecuación 8). En este caso i denota los 94 sectores de la industria manufacturera (correspondientes a la clasificación CIIU a 4 dígitos) y t abarca el período 1974-1992. El panel de datos se basa en la información disponible en la Encuesta Anual Manufacturera (EAM).

El stock de capital privado se calculó a partir de las series de inversión neta de la encuesta, mientras que el capital público corresponde al agregado nacional. Es evidente que el capital público es utilizable por todos los sectores industriales. En

este caso se usó como medida de utilización el componente cíclico de la producción en cada sector, estimado a partir de los residuos de un modelo AR(1). De otra parte, la variable empleo se desagregó en empleo calificado y no calificado (obreros), de acuerdo con la clasificación de la EAM. Esta desagregación resulta útil, ya que la diferencia entre las elasticidades de ambos tipos de trabajo, se puede interpretar como la contribución del capital humano a la producción.

Cuadro 13
Estimaciones panel industrial en niveles
1974-1992

	Ecuación						
	1	2	3	4	5	6	7
Empleo calificado	0.27 (8.95)	0.26 (6.94)	0.25 (10.44)	0.25 (6.96)	0.25 (10.26)	0.25 (10.30)	0.26 (9.08)
Empleo obrero	0.23 (7.9)	0.16 (10.90)	0.16 (6.92)	0.16 (10.25)	0.16 (6.99)	0.16 (6.98)	0.20 (7.36)
Capital privado	0.44 (34.61)	0.25 (20.90)	0.25 (20.62)	0.25 (20.00)	0.25 (20.70)	0.25 (20.24)	0.46 (37.21)
Capital público		0.55 (28.98)					
Kms. de carreteras			0.54 (28.81)				
Líneas telefónicas				0.53 (28.02)			
MW de capacidad instalada					0.52 (27.14)		
Indice de infraestructura en unidades físicas						0.53 (27.84)	
Capital humano							1.34 (10.7)
T	-0.07 (-25.57)	-0.07 (-30.59)	-0.04 (-15.59)	-0.07 (-30.40)	-0.07 (-31.54)	-0.06 (-26.54)	-0.09 (-27.98)
R ²	0.72	0.71	0.82	0.81	0.80	0.81	0.74
Estadístico-F							
H ₀ : [α ₁ =α ₂ =...=α _n]	48.82	83.57	83.38	81.52	79.59	80.33	52.67
significancia	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)
Estadístico-t							
H ₀ : [α+β=1]	-2.57	-16.50	16.59	-16.21	-15.67	-16.19	-2.94
significancia	(0.01)	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)

Notas: El estadístico-F prueba la hipótesis nula de que los interceptos son iguales para todos los sectores.

El estadístico-t prueba la hipótesis nula de que existen rendimientos constantes a escala del capital y el trabajo.

Entre paréntesis aparece el estadístico t de cada coeficiente.

La hipótesis nula de estabilidad de los coeficientes (test de Chow) se acepta con un 99% de confianza.

Los resultados de la estimación en niveles se muestran en el Cuadro 13. Allí se aprecia que la elasticidad del capital privado es sensible a la especificación de la ecuación. En efecto, esta se reduce de 0.44 a 0.25 al incluir el capital público en la regresión. Por el contrario, la elasticidad del trabajo, tanto obrero como calificado, es relativamente estable en todas las especificaciones de la ecuación (0.16 y 0.25, respectivamente). De acuerdo con lo esperado, en todos los casos el trabajo calificado presenta una elasticidad mayor que el trabajo obrero. El capital público (corregido por el nivel de utilización) resulta positivo y significativo en todos los casos (con elasticidades superiores a 0.5). Cuando se utilizan las unidades físicas de infraestructura, las elasticidades son 0.55 para carreteras, 0.53 para telefonía y 0.52 para capacidad de generación de energía eléctrica²⁷. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Sánchez (1993) para Colombia, quien también encontró una mayor contribución relativa de las carreteras a través de una base de datos diferente.

VI. CONCLUSIONES

Como se mencionó en la introducción, el principal objetivo del presente trabajo es cuantificar el impacto que ha tenido la infraestructura en la producción y la productividad en Colombia. Dicha cuantificación es de gran importancia, ya que permite comparar los rendimientos de la inversión en capital privado con los resultantes de la inversión en infraestructura pública.

Luego de construir una base de datos sobre la infraestructura en Colombia, el trabajo compara la cobertura de la infraestructura en Colombia con la de otras naciones. La infraestructura colombiana vista desde esta última perspectiva muestra serios rezagos. La base de datos le otorga especial atención a las cifras departamentales que ponen en evidencia las fuertes disparidades que aún subsisten en el país tanto en materia de cobertura de servicios públicos (especialmente alcantarillado) como en infraestructura de transporte. Los contrastes al interior del país resultan comparables con las brechas entre naciones ricas y pobres.

²⁷ La similitud de las elasticidades individuales con las del índice general de capital público sugiere un comportamiento paralelo de los diferentes tipos de infraestructura. Esto implica que el coeficiente registrado por la infraestructura en kilómetros de carretera capta también el efecto de los demás componentes del capital público.

Desde el punto de vista analítico, el trabajo desarrolla un marco conceptual para medir la elasticidad del producto con respecto al capital público (así como frente a los demás factores productivos que incluyen el empleo, el capital privado y el capital humano). El cálculo de las elasticidades y de la *PTF* se hizo a partir de las series de tiempo con datos nacionales (1950-1994), así como con los paneles con información departamental (1980-1991) e industrial (1974-1992). Los procedimientos estadísticos utilizados corrigen buena parte de los inconvenientes encontrados en la literatura internacional para ejercicios similares. Los resultados que se reportan son estadísticamente robustos y constituyen una fuente confiable de información.

Las elasticidades obtenidas a nivel nacional indican que, en promedio, para el período 1950-1994, todo lo demás constante, un aumento del 8% del stock de capital público está asociado con un incremento de 1% en el *PIB*. Los ejercicios a nivel departamental refuerzan el punto anterior. El panel departamental revela que, en promedio, para el período 1980-1991, la elasticidad del *PIB* departamental a la inversión pública *local* se encuentra alrededor de 0.25, es decir, dos veces mayor que la estimada a nivel nacional.

Las estimaciones panel realizadas para 98 sectores de la industria nacional revelan que la infraestructura pública tiene un impacto significativo en el crecimiento del producto privado, presentando elasticidades inclusive superiores a las del trabajo y el capital. Los resultados sugieren que un aumento de 1% en el stock de capital público se refleja en un incremento de 0.5% en el *PIB* industrial. De igual forma sugiere que el trabajo calificado contribuye más que el trabajo obrero al crecimiento del producto.

Los resultados obtenidos permiten establecer una estrecha relación de largo plazo entre el crecimiento del producto y la inversión en infraestructura. Los coeficientes son altos en términos internacionales y robustos al tipo de información y grado de agregación. En síntesis, las elasticidades obtenidas reiteran la importancia de invertir en infraestructura para aumentar la eficiencia del aparato productivo. Buena parte de las ganancias en productividad a nivel de la firma pueden explicarse a partir del capital público.

El Cuadro 14 muestra, a manera de conclusión, la productividad marginal del capital público y privado estimada a partir de las elasticidades reportadas. Si se toman en cuenta las productividades marginales más altas encontradas, se ve que a nivel nacional es más productivo en el margen el capital privado (0.55)

que el público (0.41), mientras que es mucho más productivo en el margen el capital público *local* a nivel departamental (1.64). A nivel industrial, por otra parte, la productividad marginal del capital privado es equivalente a la encontrada a nivel nacional (0.55); sin embargo, la productividad marginal del capital público a nivel industrial (0.12) es inferior a la reportada a nivel nacional, ya que los beneficios de la inversión en infraestructura para la economía exceden los de un sector en particular, en este caso, la industria manufacturera.

Cuadro 14
Productividad marginal de los stocks de capital privado y público

Stock	Nivel	Relación PIB/Stock	Elasticidad mínima	Elasticidad máxima	PMg mínima	PMg máxima
Capital privado	Nacional	0.9543	0.4388	0.5737	0.4188	0.5475
Capital público	Nacional	1.7258	0.0787	0.2349	0.1359	0.4055
Capital público	Departamental	6.3671	0.2368	0.2573	1.5075	1.6385
Capital privado	Industrial	0.2263	0.2500	0.2500	0.0566	0.0566
Capital público	Industrial	0.2578	0.5500	0.5500	0.1418	0.1418

REFERENCIAS

Aaron, H., "Discussion," in A. Munnell (ed.), *Is There a Shortfall in Public Investment?* Boston: Federal Reserve Bank of Boston, 1990, pp. 51-63.

Aschauer, David A. "Is Public Expenditure Productive?" *Journal of Monetary Economics*, 1989a, 23(2), pp. 177-200.

_____. "Public Investment and Productivity Growth in the Group of Seven," *Economic Perspectives*, 1989b, 13(5), pp. 17-25.

_____. "Genuine Economic Returns to Infrastructure Investment," *Policy Studies Journal*, 1993, 21, pp. 380-90.

Báteman, Alfredo D., 1986. *La Ingeniería, las Obras Públicas y el Transporte en Colombia*. Historia Extensa de Colombia, Vol. XXI. De. Lerner.

Canning, David and Marianne Fay, 1993a. "The Effect of Infrastructure Networks on Economic Growth". Columbia University Working Paper. New York.

_____. 1993b. "The Effect of Transportation Networks on Economic Growth". Columbia University Working Paper. New York.

Costa, Jose da Silva, Richard Ellson, and Randolph C. Martin. "Public Capital, Regional Output, and Development: Some Empirical Evidence", *Journal of Regional Science*, Vol. 27, No. 3 August 1987, pp. 419-37.

Cuervo, Luis Mauricio, 1992. *De la Vela al Apagón: 100 Años de Servicio Eléctrico en Colombia*. Cinep.

Duffy-Deno, Kevin T. and Eberts, Randall W. "Public Infrastructure and Regional Economic Development: A Simultaneous Equations Approach," *Journal Urban Economics*, Nov. 1991, 30(3), pp. 329-43.

Eberts, Randall W. "Estimating the Contribution of Urban Public Infrastructure to Regional Economic Growth." Federal Reserve Bank of Cleveland Working Paper No. 8610, Dec. 1986.

_____. "Public Infrastructure and Regional Economic Development," *Economic Review, Federal Reserve Bank of Cleveland*, Quarter 1, 1990, pp. 15-27.

_____. "Public Infrastructure and Regional Economic Development," *Fedr. Res. Bank of Cleveland Econ. Rev.*, 1990, 26, pp. 15-27.

_____. "Estimating the Contribution of Urban Public Infrastructure to Regional Growth", *Federal Reserve Bank of Cleveland, Working Paper 8620*, 1986.

Eisner, Robert. "Infrastructure and Regional Economic Performance," *New Eng. Econ. Rev. Fed. Res. Bank of Boston*, Sept./Oct. 1991, pp. 47-58.

Fernald, John. "How Productive is Infrastructure? Distinguishing Reality and Illusion with a Panel of U.S. Industries." Federal Reserve Board Discussion Paper, Aug. 1993.

Fishlow, Albert, 1965. *American Railroads and the Transformation of the Ante-bellum Economy*. Cambridge, Harvard University Press.

Flores de Frutos, Rafael and Pereira, Alfredo. "Public Capital and Aggregate Growth in the United States: Is Public Capital Productive?" U. of California at San Diego Discussion Paper 93-31, July 1993.

Fogel, Robert, 1964. *Railroads and American Economic Growth: Essay in Econometric History*. Baltimore, Johns Hopkins Press.

Ford, Robert y Pierre Poret, "Infrastructure and Private Sector Productivity", *OECD Economic Studies*, 17, 1991, Autumn, pp. 63-89.

Garcia-Milá, T. and T. McGuire, "The Contribution of Publicly Provided Inputs to States' Economies," *Regional Science and Urban Economics*, Vol. 22, No. 2, June 1992.

Hansen, Niles M. "Unbalanced Growth and Regional Development", *Western Economic Journal*, Vol. 4, Fall 1965, pp. 3-14.

Hirschman, Albert O. *The Strategy of Economic Development*, New Haven, CT: Yale University Press, 1958.

Holtz-Eakin, D., "State-Specific Estimates of State and Local Government Capital," *Regional Science and Urban Economics*, 1993a, pp. 185-209.

_____. "Solow and the States: Capital Accumulation, Productivity, and Economic Growth," *National Tax Journal*, forthcoming, 1993b.

_____. "Public Sector Capital and the Productivity Puzzle," *Review of Economics and Statistics*, February, 1994. pp. 12-21.

Hulten, C. and R. Schwab, "Regional Productivity Growth in U. S. Manufacturing: 1951-1978," *American Economic Review*, 74, 1984, pp. 152-162.

Hulten, C. and R. Schwab, "Public Capital Formation and the Growth of Regional Manufacturing Industries," *National Tax Journal*, December 1991, pp. 121-134.

Ingram, Gregory, 1994. "Infrastructure and Economic Growth". Prepared for the Latin American Seminar on Economic Growth. World Bank.

Judge, George, R. Carter Hill, William Griffiths, Helmuth Lütkepohl y Tsoung-Chao Lee, 1988. *Introduction to the Theory and Practice of Econometrics*. John Wiley & Sons eds.

Londoño, Juan Luis, 1990. *Income Distribution during the Structural Transformation: Colombia 1930-1988*. Tesis Doctoral, Harvard University.

Looney, Robert, and Peter Frederiksen. "The Regional Impact of Infrastructure in Mexico", *Regional Studies*, Vol. 15, No. 4, 1981, pp. 285-96.

Mera, Koichi. "Regional Production Functions and Social Overhead Capital: An Analysis of the Japanese Case", *Regional and Urban Economics*, Vol. 3, No. 2, May, 1973, pp. 157-85.

_____. *Income Distribution and Regional Development*. Tokyo: University of Tokyo Press, 1975.

Munnell, Alicia H. "¿How Does Public Infrastructure Affect Regional Economic Performance?", ed., 1990b, pp. 69-103. "¿Is there a shortfall in public capital investment?". Conference Series No. 34. Boston: Federal Reserve Bank of Boston, 1990b.

_____. "Why Has Productivity Growth Declined? Productivity and Public Investment," *New England Economic Review*, January/February, 1990a, pp. 3-22.

_____. "Infrastructure Investment and Economic Growth," *J. Econ. Perspectives*, Fall 1992, 6(4), pp.189-98.

Nadiri, M. Ishaq, y Theofanis P. Mamuneas. "Infrastructure and Public R&D Investments, and the Growth of Factor Productivity in U. S. Manufacturing Industries", *National Bureau of Economic Research, INC.*, Working Paper No. 4845, August, 1994.

Posada, Carlos Esteban, Adriana Barrios, Marta Luz Henao, Fanny Mercedes Valderrama y Diego Mauricio Vásquez, 1993. "Empleo y Capital en Colombia: nuevas estimaciones (1950-1992)". *Archivos de Macroeconomía* No. 15, DNP.

Sánchez, Fabio, 1993. "El Papel del Capital Público en la Producción, la Inversión y el Crecimiento Económico en Colombia". Documento 18, *Archivos de Macroeconomía*, Departamento Nacional de Planeación. Santafé de Bogotá, D.C.

Tatom, John A. "Should Government Spending on Capital Goods Be Raised?" *Fed. Res. Bank of St. Louis Rev.*, Mar./Apr., 1991a, pp. 3-15.

_____. "Public Capital and Private Sector Performance," *Fed. Res. Bank of St. Louis Rev.*, May/June, 1991b, 73(3), pp. 3-15.

_____. "Shifting Perspectives on the Role of Public Capital Formation," *Fed. Res. Bank of St. Louis Rev.*, Forthcoming.

_____. 1993, "Is an Infrastructure Crisis Lowering the Nations Productivity?" *Federal Reserve Bank of St. Louis Review*, November/December, pp. 3-21.

Urrutia, Miguel, 1993, "Distribución del ingreso y la pobreza en Colombia: evolución reciente". *Revista del Banco de la República*, Agosto.

Winston, Clifford and Bosworth, Barry. "Public Infrastructure," in *Setting domestic priorities: What can government do?* Eds.: Henry J. Aaron and Charles L. Schultze. Washington, D C: Brookings Institution, 1992, pp. 267-93.

APENDICES

Prueba de Wald

Se utiliza para probar hipótesis acerca de los coeficientes en las regresiones. Sea $\hat{\theta}$ el vector de parámetros estimados sin restricciones. Se formula la siguiente hipótesis acerca de un conjunto de restricciones:

$$H_0: c(\hat{\theta}) = q$$

Si las restricciones son válidas, entonces por lo menos aproximadamente, $\hat{\theta}$ debería satisfacerlas. Sin embargo, si la hipótesis es errada, $c(\hat{\theta}) - q$ debería encontrarse más lejos de 0 de lo que explicaría la variabilidad del muestreo solamente. La herramienta que se utiliza para formalizar este concepto es la prueba de Wald.

Estadístico de Wald

$$W = (c(\hat{\theta}) - q)' (\text{var}[c(\hat{\theta}) - q])^{-1} (c(\hat{\theta}) - q)$$

Bajo H_0 , W tiene una distribución chi-cuadrado con grados de libertad iguales al número de restricciones (i.e. el número de ecuaciones en $c(\hat{\theta}) = q$). Un valor alto de W lleva a rechazar la hipótesis nula. W requiere únicamente del cálculo del modelo sin restricciones. Se debe calcular en todo caso la matriz de varianzas que aparece en la anterior forma cuadrática. Esta es la varianza de una posible función no lineal.

$$\text{var}[c(\hat{\theta}) - q] = C \text{var}[\hat{\theta}] C' \quad C = \left[\frac{\partial c(\hat{\theta})}{\partial \hat{\theta}'} \right]$$

Esto es, C describe la matriz $J \times K$ cuya j -ésima fila corresponde a la derivada de la j -ésima restricción con respecto a los K elementos de q . Algo similar ocurre al probar un conjunto de restricciones lineales ($Rq = q$):

$$H_0: c(\hat{\theta}) - q = R\hat{\theta} - q = 0,$$

$$C = \left[\frac{\partial c(\hat{\theta})}{\partial \hat{\theta}'} \right] = R,$$

$$\text{var} \left[c(\hat{\theta}) - q \right] = R \text{var} \left[\hat{\theta} \right] R'$$

y

$$W = [R\hat{\theta} - q]' \left[R \text{var}(\hat{\theta}) R' \right]^{-1} [R\hat{\theta} - q]$$

El número de grados de libertad es el número de filas en R .

Construcción de las series de empleo departamental 1980-1992

Se decidió utilizar una aproximación indirecta a esta variable a partir de una serie de definiciones para el i -ésimo Departamento en año t :

$$\text{Tasa Bruta de Participación}_{i,t} = \frac{\text{Poblacion Economicamente Activa}_{i,t}}{\text{Poblacion Total}_{i,t}} = TBP_{i,t} = \frac{PEA_{i,t}}{PT_{i,t}}$$

$$\text{Tasa de Desempleo}_{i,t} = \frac{\text{Desocupados}_{i,t}}{\text{Poblacion Economicamente Activa}_{i,t}} = TD_{i,t} = \frac{D_{i,t}}{PEA_{i,t}}$$

$$\text{Empleo}_{i,t} = L_{i,t} = PT_{i,t} TBP_{i,t} (1 - TD_{i,t}) = PT_{i,t} \frac{PEA_{i,t}}{PT_{i,t}} \left(1 - \frac{D_{i,t}}{PEA_{i,t}} \right) = PEA_{i,t} - D_{i,t}$$

Es de gran importancia, por la diferencia en la dinámica de la producción entre el campo y la ciudad, diferenciar entre el empleo rural y el empleo urbano. Por lo tanto, es necesario definir los dos anteriores para cada Departamento y en todo momento del tiempo:

$$L_{i,t}^U = PEA_{i,t}^U - D_{i,t}^U$$

$$L_{i,t}^R = PEA_{i,t}^R - D_{i,t}^R$$

En el caso del sector urbano²⁸, para el período 1980-1992, se dispone de la Encuesta Nacional de Hogares del DANE para la TBP y la TD. Entre 1981 y 1992 la ENH abarca 13 ciudades y la información acerca de ellas se distribuyó para las capitales no encuestadas, así:

A la población de la capital de:	Se le asigna la TBP y la TD urbanas de:
Amazonas	Villavicencio
Antioquia	Medellín
Arauca	Villavicencio
Atlántico	Barranquilla
Bolívar	Cartagena
Boyacá	Bucaramanga
Caldas	Manizales
Caquetá	Villavicencio
Casanare	Villavicencio
Cauca	Pasto
Cesar	Barranquilla
Chocó	Medellín
Córdoba	Montería
Cundinamarca	Ibagué
Guainía	Villavicencio
Guajira	Barranquilla
Guaviare	Villavicencio
Huila	Ibagué
Magdalena	Barranquilla
Meta	Villavicencio
Nariño	Pasto
Norte de Santander	Cúcuta
Putumayo	Villavicencio
Quindío	Pereira
Risaralda	Pereira
San Andrés y Prov.	Total 7 ciudades
Santafé de Bogotá, D.C.	Bogotá
Santander	Bucaramanga
Sucre	Montería
Tolima	Ibagué
Valle del Cauca	Cali
Vaupés	Villavicencio
Vichada	Villavicencio

Para San Andrés y Providencia se utilizó el promedio de 7 ciudades, ya que en ningún trimestre del año se realiza la encuesta en la totalidad de las 13 capitales. En 1980 la ENH sólo se hacía en 7 ciudades, razón por la cual en ese año las asignaciones fueron diferentes a las del resto del período²⁹.

²⁸ Por urbano se entiende en este trabajo sólo la capital del departamento.

²⁹ Las ciudades a las cuales se les asignaron la TBP y la TD de capitales que aparecieron en la ENH de 7 ciudades (1980) y en la de 13 ciudades (1981-1992) conservaron su asignación en 1980. A las que en la ENH de 1980 perdieron la ciudad encuestada que tenían asignada para el período 1981-1992 se les asignó el promedio de las 7 ciudades.

El caso del sector rural es bien diferente. La Encuesta Nacional de Hogares Rural (ENHR) sólo se ha hecho en los años 1978, 1988 y 1991, y no se concentra en ciudades sino que arroja estadísticas descriptivas por regiones del país (Atlántica, Central, Oriental y Pacífica). En este caso, por lo tanto, no fue necesario solamente asignar cada departamento a alguna región sino también llenar los vacíos de información mediante extrapolaciones. La asignación fue la siguiente:

A la población rural de	Se le asigna la TBP y la TD rurales de la zona:
Amazonas	Oriental
Antioquia	Central
Arauca	Oriental
Atlántico	Atlántica
Bolívar	Atlántica
Boyacá	Oriental
Caldas	Central
Caquetá	Oriental
Casanare	Oriental
Cauca	Pacífica
Cesar	Atlántica
Chocó	Pacífica
Córdoba	Atlántica
Cundinamarca	Oriental
Guainía	Oriental
Guajira	Atlántica
Guaviare	Oriental
Huila	Central
Magdalena	Atlántica
Meta	Oriental
Nariño	Pacífica
Norte de Santander	Oriental
Putumayo	Oriental
Quindío	Central
Risaralda	Central
San Andrés y Provid.	Oriental
Santafé de Bogotá, D.C.	Oriental
Santander	Oriental
Sucre	Atlántica
Tolima	Central
Valle del Cauca	Pacífica
Vaupés	Oriental
Vichada	Oriental

Con las asignaciones y las fórmulas antes expuestas se obtuvieron la series departamentales de empleo rural y urbano, que sumadas forman el empleo total de cada departamento.

INSTRUCCIONES A LOS AUTORES

Propósitos:

La revista ESPE tiene como objetivo la publicación de artículos, notas y comentarios de alta calidad técnica cuyos temas centrales comprendan el análisis teórico o práctico de la economía y la política económica de Colombia, con particular énfasis en las áreas en que se desarrolle la acción del Banco de la República (Banco Central).

1. Los artículos para consideración del Comité Editorial deben ser enviados a:
José Darío Uribe Escobar
Subgerencia de Estudios Económicos.
Banco de la República
Carrera 7a. No. 14-78 - Piso 11

La presentación de artículos al editor supone que el material en cuestión es original del autor y que cumple con los siguientes requisitos: i) Su temática se encuadra dentro de los propósitos técnicos de esta Revista, y ii) Este no ha sido publicado anteriormente, ni es sometido simultáneamente al criterio de otra revista o publicación.
2. La aceptación o no de dicho material para publicación será notificada al autor dentro de los tres meses posteriores a su recibo y, en general, ella requiere: i) La aprobación técnica por parte de un cuerpo evaluador (conformado por miembros del Comité Editorial) y ii) La transferencia de los derechos de autor a esta revista.
3. Los artículos y comentarios deben venir por duplicado escritos con las siguientes especificaciones:
 - a) Texto escrito en Word, a doble espacio, con márgenes convencionales, sin sangría y en archivo independiente de cuadros y gráficos.
 - b) Cuadros y gráficos independientes grabados en Excel o en el programa original en que se hicieron.
 - c) El artículo será sometido a dos revisiones por parte del autor; la primera, para aceptar correcciones de estilo y la segunda, para dar el visto bueno de impresión.
 - d) La numeración debe ser consecutiva en toda la obra o artículo, con ordenadores numéricos clásicos o tradicionales (números romanos y arábigos, ejm. I. A. 1. a. 1) a...) incluyendo: cuadros, gráficos (si los hubiere) y bibliografía. Los artículos, en general, no deben superar las 35 páginas, y los comentarios 10 páginas.
4. La primera página del artículo o comentario debe contener la siguiente información: i) Título del trabajo; ii) Nombre(s) del(os) autor(es), su filiación institucional y dirección; iii) Un resumen de no más de 100 palabras. En la misma página podrán incluirse los agradecimientos del caso.
5. Las fórmulas deben estar alineadas y numeradas consecutivamente al margen izquierdo. Para artículos de cierta elaboración matemática, se sugiere el envío de un anexo (no publicable) de derivaciones de las fórmulas con el fin de facilitar la labor del Comité evaluador.
6. Las referencias bibliográficas deben comprender únicamente la literatura específica sobre el tema, siguiendo este formato:
 - a) Cuando se refiere a un artículo de revista:
 - i) En el texto, autor, año y página; e.g.:

Estudios recientes demuestran que la elasticidad-ingreso de las importaciones es cercana a la unidad (Villar, 1985, p. 85).
 - ii) En la bibliografía, autor (año). "Nombre artículo", nombre revista, mes, volumen, número páginas; e.g.:

Villar, L. (1985). "Determinantes de las importaciones en Colombia: un análisis econométrico", *Ensayos Sobre Política Económica*, diciembre, No. 8.
 - b) Cuando se refiere a un libro:
 - i) En el texto, autor, año y página; e.g.:

Los principales determinantes y debates alrededor de la expedición del Estatuto Cambiario han sido extensamente analizados (Banco de la República, 1987).
 - ii) En la bibliografía, autor (año). "Nombre libro", Editorial; e.g.:

Banco de la República (1987). *Colombia: 20 años del Régimen de Cambios y de Comercio Exterior*, Departamento Editorial.
7. Las notas de pie de página deben ser de carácter aclaratorio; e.g.:
 - 1 Otro de los estudios que no ha encontrado relación de causalidad entre tasa de cambio y precios es el de Herrera (1985).