



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE COAHUILA
CENTRO DE INVESTIGACIONES SOCIOECONÓMICAS
DOCTORADO EN ECONOMÍA REGIONAL

Tesis

**“La contribución de la infraestructura al crecimiento económico
de las áreas urbanas de México”**

Presenta

HÉCTOR ALONSO BARAJAS BUSTILLOS

Comité Evaluador:

Director: Dr. Vicente Germán-Soto

Codirector: Dr. Luis Gutiérrez Flores

Lector: Dr. Julen Berasaluce Iza

Lector: Dr. Osvaldo Becerril Torres

Lector: Dr. Nicholas P. Sisto

ÍNDICE

I Introducción.....	5
A. Entorno.....	5
B. Formulación del problema.....	7
C. Hipótesis.....	8
D. Objetivos.....	9
Capítulo 1. La infraestructura en el crecimiento económico, revisión de la literatura	11
1.1 Introducción.....	11
1.2 Teorías de crecimiento económico neoclásicas.....	13
1.2.1 Crecimiento exógeno.....	13
1.2.2 Crecimiento endógeno.....	15
1.2.3 El gasto público en el crecimiento económico.....	18
1.2.3.1 El gobierno regional.....	20
1.2.4 El gasto público en infraestructuras en el crecimiento económico.....	20
1.3 La infraestructura.....	21
1.3.1 Clasificación de la infraestructura.....	23
1.3.2 Medición de la infraestructura.....	24
1.4 Efectos de la infraestructura física en la economía.....	26
1.4.1 Efectos espaciales.....	26
1.4.2 Efectos temporales.....	27
1.4.3 Efectos en el desarrollo económico.....	28
1.5 Revisión de la literatura crecimiento-infraestructura.....	29
1.5.1 Evidencia para México.....	32
1.6 Conclusiones del capítulo.....	33
Capítulo 2. Marco teórico-metodológico de la relación crecimiento - infraestructura	35
2.1 Introducción.....	35
2.2 Modelo teórico.....	36
2.3 Construcción de la base de datos.....	37
2.3.1 Datos poblacionales.....	37
2.3.2 Datos económicos.....	39
2.3.3 Datos de infraestructura.....	40

2.4 Construcción del modelo empírico.....	43
2.4.1 La función de producción.....	43
2.4.2 La función de producción Cobb-Douglas.....	43
2.4.3 La función Cobb-Douglas en la econometría.....	44
2.4.4 La técnica de datos de panel.....	46
2.4.5 Tipos de panel.....	47
2.5 construcción de las variables.....	48
2.5.1 Índice de Biehl.....	51
2.5.2 El modelo a estimar.....	52
2.5.2.1 El tiempo en la estimación econométrica.....	53
2.6 Prueba de especificación del modelo.....	54
2.7 Conclusiones del capítulo.....	56
Capítulo 3 Marco espacio-temporal	58
3.1 Introducción.....	58
3.2 Delimitación geográfica.....	58
3.3 Estratificación.....	63
3.4 Análisis estadístico exploratorio por patrones.....	68
3.4.1 Datos económicos.....	68
3.4.2 Datos de infraestructura.....	75
3.5 Conclusiones del capítulo.....	85
Capítulo 4 Pruebas de raíz unitaria y cointegración para datos de panel en la relación crecimiento e infraestructura	86
4.1 Introducción.....	86
4.2 El enfoque de la raíz unitaria.....	87
4.2.1 Levin y Lin (1992).....	89
4.2.2 Prueba IPS de Im Pesaran y Shin (1997).....	90
4.2.3 p-values combinados (Fisher).....	91
4.2.3.1 Maddala y Wu (1999).....	91
4.2.3.2 Choi (1999).....	91
4.2.4 Test basado en el multiplicador de Lagrange (Im): Hadri (1999).....	92
4.3 Test de cointegración.....	93
4.3.1 Kao (1999).....	93

4.3.2 Prueba residual basada en el multiplicador de Lagrange: McCoskey y Kao (1998).....	94
4.3.3 Pedroni (1997).....	94
4.3.4 Test basado en la razón de verosimilitud (LR): Larsson, Lyhagen, y Lothgren (1998).....	95
4.4 Resultados empíricos de las pruebas.....	96
4.5 Conclusiones del capítulo.....	103
Capítulo 5 Estimación del modelo y análisis de resultados	104
5.1 Introducción.....	104
5.2 Resultados para el total de las áreas urbanas.....	104
5.3 Resultados por regiones.....	108
5.4 Resultados por ingresos.....	112
5.5 Análisis de resultados.....	116
5.6 Pruebas de especificación.....	119
5.7 Conclusiones del capítulo.....	121
Capítulo 6. Conclusiones finales.....	123
Bibliografía.....	127

I INTRODUCCIÓN

A. ENTORNO

El tema del crecimiento económico regional en México es importante dada la existencia de desigualdades económicas y sociales entre las regiones. Estas diferencias son estrechamente marcadas tanto en el crecimiento como en la productividad así como en los distintos niveles de desagregación geográfica, lo que lo convierte en un tema elemental y de actualidad para el área de la economía y las ciencias sociales.

Las características de desigualdad pueden dividirse en tres grupos. Los recursos naturales, donde difícilmente los individuos pueden interferir en su formación; los recursos humanos (oferta de trabajo, capacitación, disciplina, motivación, entre otros) y la formación de capital (maquinaria, fábricas, instalaciones, entre otros), mismos que regularmente se llevan a cabo en un entorno empresarial; y, finalmente, aquellas diferencias originadas desde el gobierno mismo a través de la promoción y ejecución de políticas públicas como la educación, la seguridad, la legislación y la infraestructura.

El tema del crecimiento económico no es un problema nuevo, desde el surgimiento de la economía como uno de los campos de la ciencia los primeros economistas trataron de explicar las desigualdades entre los países o las regiones (véase las contribuciones clásicas de Smith, Ricardo, Mills, entre otros). Más recientemente, los estudios sobre crecimiento económico se concentran en la necesidad de hacer crecer una economía para paliar esas desigualdades. En general, incorporan a la teoría elementos que puedan modificar la productividad y con esto aumentar el crecimiento.

En la literatura del crecimiento económico se pueden distinguir cinco grandes escuelas de pensamiento. A saber, los clásicos, los keynesianos, los neoclásicos, la nueva geografía económica y las nuevas teorías del crecimiento o crecimiento endógeno. Esta investigación se inscribe en esta última corriente donde se explica el crecimiento con factores tales como la educación, la innovación, las ideas, el gasto del gobierno, entre otros, que influyen en el capital humano (Barro, 1990 y Romer, 1994).

En México, a partir del proceso de descentralización de la producción y la apertura comercial se encontró que existe una relación entre los estados con mayores niveles de capital humano, una menor concentración de las actividades agrícolas y una mayor disponibilidad de infraestructura básica, con una mayor concentración de grandes plantas industriales que potenciaron el crecimiento regional (Chiquiar, 2005), lo cual genera espirales acumulativas que hicieron difícil la tarea de reducir dichas desigualdades regionales. Así, el crecimiento y la expansión de la producción que se dio gracias a la apertura comercial no favoreció a la disminución de desigualdad sino que solo acentuó la división entre los estados (Buitrago, 2009).

Y dado que las manufacturas no se han convertido en una fuente de innovación y progreso tecnológico (Ros, 2008), México padece de una industrialización sin arrastre, sin las infraestructuras necesarias, atraso tecnológico, productividad basada en el uso intensivo del trabajo y la explotación de los recursos naturales (Dautrey, 2008) que limita su crecimiento.

Ahora, para disminuir la desigualdad es necesario que el gobierno local-regional participe con políticas públicas adecuadas a las condiciones propias de la problemática de su región (Calderón Villarreal, 2006). Asimismo, el Estado debe participar en la economía con políticas compensatorias que aminoren estas desigualdades (De Hoyos y Lustig, 2009) que él mismo había omitido realizar (Ocegueda Hernández, 2007).

Es entre estas políticas que destaca la creación de la infraestructura, ya que es un elemento en el que los diferentes niveles de gobierno pueden intervenir a través de su gasto público, ya que también la dotación de infraestructuras puede ayudar al crecimiento regional, estatal o incluso municipal. Por esta razón, el papel del gobierno como proveedor de infraestructura se vuelve trascendental. Se puede afirmar entonces, que la dotación de infraestructuras se convierte en un componente determinante de la política regional (Fuentes y Fuentes, 2003).

La infraestructura participa activamente en el proceso de producción de dos formas. Primero, lo hace directamente como insumo al ser un elemento necesario en la creación de las condiciones adecuadas del proceso productivo. Segundo, participa indirectamente no solo al facilitar las comunicaciones y el transporte, sino en la mejora de la calidad de vida de los individuos y los hogares, al hacer un entorno más agradable para la convivencia y la recreación mejorando la salud y el bienestar en general. Todo lo anterior hace de la infraestructura un elemento potenciador del crecimiento y del desarrollo económico y por tanto es necesario abundar en los estudios de los diferentes efectos que produce (Aschauer, 1990).

B. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Algunas investigaciones previas sobre la desigualdad económica confluyen en que la región norte de México se ha visto beneficiada de su colindancia con Estados Unidos de América, lo que ha hecho que exista prosperidad económica, mientras que la región centro se ha visto favorecida gracias a la centralización del poder político en la Ciudad de México (Gutiérrez, 2003). Así, la integración de las dos regiones ha dejado en desventaja a la parte Sur del país, lo que estimula un proceso de desigualdad económica entre las grandes regiones geográficas de México.

Además, con los procesos de relocalización de la industria local que se alejó de los centros tradicionales de producción (Distrito Federal, Estado de México, Guadalajara y Monterrey) hacia la frontera norte (Estrada, 2008), así como el proceso de apertura comercial en los años noventa que provocó una dispersión de la producción y una nueva concentración al darse una búsqueda de localizaciones que le representara mayor productividad (Cruz y Peón, 2008) lo que generó espirales acumulativas que acrecentaron las desigualdades regionales.

Algunas cifras son elocuentes al respecto. Mientras que los estados de la frontera norte, en el periodo de 1994 a 2006 crecieron a una tasa promedio de 4.07 por ciento en su producción, los estados de la frontera sur lo hicieron a una tasa de 2.84 por ciento (Peláez, López y Sovilla, 2011) lo que hará que si no se interviene de una manera la desigualdad regional seguirá creciendo.

La dotación de infraestructura puede ser una de las herramientas que disminuya dichas desigualdades ya que se ha probado empíricamente la relación entre crecimiento e infraestructura arrojando que una mayor dotación de infraestructura se asocia a mayores niveles de producto (Aschauer, 2000, Aschauer, 1990, Aschauer, 1989b, Ford y Poret, 1991, Easterly y Rebelo, 1994, Garcia-Milá y McGuire, 1992, Munnell, 1990, Munnell, 1992), sin embargo, también se ha demostrado empíricamente que la relación es mínima (Evans y Karras, 1994b, Holtz-Eakin, 1993, Holtz-Eakin y Schwartz, 1994, Evans y Karras, 1994^a) e incluso negativa (Crihfield y Panggabean, 1995, Devarajan et al., 1996, Otto y Voss, 1996), se presume que esto es debido principalmente a técnicas de estimación que no han sido del todo consistentes para captar la relación.

La inversión en infraestructura tiene características que la hacen provocar efectos tanto espaciales como temporales. El crecimiento de un stock de infraestructura no solo se da inmediatamente sino que puede tener efectos también en el mediano plazo con la integración de la infraestructura a los procesos económicos, mientras que en el largo plazo puede atraer otras inversiones a las áreas urbanas con alta dotación de infraestructura detonando procesos de aglomeración. Los estudios existentes han sugerido someramente la posible

existencia de dichos efectos (Lächler y Aschauer, 1998, Noriega y Fontenla, 2007), sin embargo no existe evidencia suficiente que muestre dicho efecto.

C. HIPÓTESIS

A partir de un contexto de análisis urbano, en este estudio se busca demostrar, primero que existe una relación positiva entre crecimiento e infraestructura, tal y como predice la teoría. Sin embargo, también se presenta evidencia de que una de las razones de que existan diferencias en el crecimiento regional de México es debida a la desigual dotación de infraestructuras, potenciando el crecimiento en aquellas áreas que gozan de mayor dotación en comparación a las de menor dotación de insumos físicos. Por último, la metodología asumida permite valorar si la infraestructura ejerce alguna relación con el crecimiento económico más allá del puramente efecto contemporáneo. Se asume que los efectos no necesariamente son inmediatos y que pueden propagarse en el tiempo.

D. OBJETIVOS

Establecer evidencia de que existe un efecto positivo entre infraestructura y crecimiento económico así como aportar evidencia de que dicho efecto no es inmediato y se presenta diferido en el tiempo.

Objetivos particulares

Demostrar que la infraestructura tiene un efecto rezagado sobre el crecimiento económico.

Proporcionar evidencia empírica de que la relación entre infraestructura y crecimiento se autorrefuerza con los años.

Para lo anterior, además de esta introducción, el documento se compone de cinco capítulos donde en el primero se presenta la parte teórica del documento, desde las teorías de crecimiento económico neoclásico, la definición, clasificación y cuantificación de las infraestructuras así como una revisión de la investigación empírica sobre la relación crecimiento económico - infraestructuras.

En un segundo capítulo se propone un modelo econométrico que ayude a aportar evidencia sobre los objetivos establecidos anteriormente para lo cual se construyó una base de datos poblacionales, económicos y de infraestructura para las 71 áreas urbanas elegidas en los periodos con datos disponibles.

El tercer capítulo presenta un análisis descriptivo de las variables contenidas en la base de datos que se construye en el capítulo dos encuadrado en un marco espacial haciendo distintas agrupaciones por área geográfica, ingresos y capital política para medir el efecto de la infraestructura en diferentes escenarios.

Para el cuarto capítulo se hacen análisis de pruebas de estacionariedad para datos de panel a todas las variables contenidas en la base de datos con el fin de comprobar que sea factible su uso en el modelo econométrico sugerido.

Finalmente, el quinto capítulo presenta los resultados de las estimaciones y de las pruebas de especificación para comprobar que los resultados obtenidos sean confiables.

Por último, se presenta el apartado de las conclusiones finales del documento.

CAPÍTULO 1. LA INFRAESTRUCTURA EN EL CRECIMIENTO ECONÓMICO, REVISIÓN DE LA LITERATURA

1.1. INTRODUCCIÓN

Para disminuir el problema de la desigualdad regional en México es necesario encontrar evidencia de que la infraestructura puede generar crecimiento económico y desarrollo, para lo cual es necesario conocer el mecanismo por medio del cual la infraestructura actúa en la economía, la relación que tiene con el crecimiento económico, así como la evidencia empírica que contribuya al estado del arte. Estos aspectos deben mostrar los elementos necesarios para formular un modelo económico que contribuya a probar la hipótesis del presente documento.

En este sentido, el objetivo del capítulo es hacer una revisión de la relación teórica entre el crecimiento económico y la infraestructura. Para ello se entenderá al crecimiento económico como la expansión de la producción de un país o una región medida a través del incremento de la producción *per cápita* y por tanto de los ingresos de la población, de acuerdo a las teorías del crecimiento económico de la corriente neoclásica.

Las causas y determinantes del crecimiento se pueden ordenar en cuatro grupos (Samuelson y Nordhaus, 2002) que son:

1. Los recursos naturales (tierra, minerales, combustibles, calidad del medio ambiente, entre otros).
2. Los recursos humanos (oferta de trabajo, educación, disciplina, motivación, entre otros).
3. La formación de capital (máquinas, fábricas, carreteras, entre otros).

-
4. La tecnología (ciencia, ingeniería, dirección de empresas, iniciativa empresarial, entre otros).

En el primer grupo están los recursos naturales como la fuente básica del crecimiento, mismos que se definen como las condiciones o dotaciones iniciales de cada país o región en las que difícilmente el hombre tiene capacidad de alterar, salvo el descubrimiento de algún combustible o mineral que pudiera modificar su aprovechamiento.

En el segundo grupo los recursos humanos y su calidad son el principal motor del crecimiento de la productividad y, por ende, la fuente principal de expansión del ingreso de un país o región. Una característica es que sobre este determinante sí es posible actuar y obtener resultados positivos.

En el grupo tercero se encuentra el capital físico que junto al capital humano transforma los recursos naturales para producir bienes y servicios. Dentro de la dotación, creación y acondicionamiento del capital físico destaca la participación del Estado como regulador y facilitador de instrumentos y medios para su acumulación, además de su participación como proveedor de infraestructura.

Finalmente, el factor tecnología, entendiéndola como el conjunto de técnicas, las metodologías, los sistemas o los métodos de producción y su difusión como una fuente de crecimiento.

Este trabajo de tesis se concentra en el tercer grupo, en la parte del capital físico conocido como infraestructura y parte del supuesto que es el Estado quien hace la dotación más importante. Por tanto, en el capítulo se hace una revisión del modelo de crecimiento económico endógeno con la inclusión del gobierno y la dotación de infraestructuras mediante el gasto público. Posteriormente, se hace una exploración del concepto de infraestructura y se clasifica de modo que sea cuantificable y se pueda ver su relación con la economía. Aquí debemos diferenciar entre efectos temporales y efectos espaciales. Se concluye el capítulo con una revisión de la literatura empírica de la relación crecimiento económico e infraestructura.

1.2. TEORÍAS DE CRECIMIENTO ECONÓMICO NEOCLÁSICAS

1.2.1. Crecimiento exógeno

El modelo simple de Solow (1956) inicia como una crítica a los modelos de equilibrio keynesiano, trata de dar una aportación al problema del atraso de los países mediante la existencia de un equilibrio dinámico estable que permita el pleno empleo de la fuerza laboral disponible.

El modelo parte de una función de producción neoclásica de tres factores: el trabajo (L_t), que supone al total de los trabajadores como idénticos, el capital (K_t) y, finalmente, la tecnología o conocimiento (A_t) con la cual se produce. La producción se mide en términos monetarios (Y_t) y está en función de las diferentes combinaciones que puedan tener los tres factores, por lo que en forma simplificada se suele expresar como:

$$Y_t = f(K_t, L_t, A_t)$$

Intuitivamente, la economía se puede hacer crecer siempre que aumente el capital, el trabajo o la tecnología. Sin embargo la metodología y los supuestos del modelo dicen que el trabajo es exógeno y que su variabilidad dependerá del comportamiento y aumento de la población ya que supone que la fuerza laboral es igual a la población total. La tecnología se supone también como exógena y constante por lo que no se puede modificar. Por tanto, en este modelo el incremento en el capital será el factor que generará el crecimiento económico.

El crecimiento del capital dependerá de la inversión de las empresas, que es igual al ahorro de las familias. Una parte de la inversión servirá para aumentar la maquinaria con la intención de incrementar la producción y la otra se usará para la sustitución de la maquinaria deteriorada en el proceso productivo.

La ecuación fundamental del modelo de Solow-Swan, como ha sido conocido, mide el incremento del capital *per cápita* \dot{k}_t dado por la inversión o tasa de ahorro s , menos la depreciación del capital δk_t , menos el capital disponible *per cápita* por la tasa de crecimiento de la población nk_t :

$$\dot{k}_t = sf(k_t, A) - \delta k_t - nk_t \quad (1)$$

La acumulación de capital irá disminuyendo hasta que se detenga al llegar a un punto conocido como el estado estable. Se considera que las economías llegan a su estado estable debido a los rendimientos decrecientes de los factores. Así, las economías más pobres crecerán más rápido que las economías más ricas, lo que las lleva en conjunto a un proceso conocido como convergencia.

El debate de este modelo se centró en la tecnología y sus incrementos. La tecnología se introduce en el modelo de forma exógena y se estima de manera residual una vez estimados los otros factores (Solow, 1957). Con ello se mide el crecimiento tecnológico, ya que nos da la diferencia observada entre el PIB y el crecimiento ponderado de los factores directamente observables (Barro, 1999).

Para ilustrar de manera sencilla los fundamentales de esta teoría generalmente se considera una economía cerrada, después se analiza el modelo con movilidad de factores y considerando la apertura de las economías. Una economía abierta prevé una rápida convergencia ya que los factores se moverán de una región a otra hasta que se llegue a un equilibrio, asimismo, el grado de apertura le permite solicitar y prestar dinero en los mercados internacionales (Barro et al., 1995).

Para un enfoque regional de la teoría son necesarios algunos ajustes. McCann (2005) menciona dos tipos de modelos a los que llama de un sector o de dos sectores, en el primero los factores de producción se moverán de una región a otra hasta llegar a un equilibrio en ambas regiones, aquí se supone que las dos regiones tienen una función de producción similar. El proceso, de acuerdo a

Martínez-Pellegrini (2003), se da en cinco etapas: a) sociedad agraria, economías de subsistencia; b) condiciones de despegue, mejoras en el transporte, especialización productiva, y mercado interregional; c) despegue, predominio industrial, progreso técnico y expansión de mercado; d) madurez, interrelación entre sectores, diversificación de la actividad y aumento de la renta y e) sociedad de consumo de masas, desarrollo del sector servicios. Por otro lado, en el modelo de dos sectores se supone que cada región tiene su propia función de producción con tecnología propia.

Algunas de las críticas consideran que los modelos neoclásicos del crecimiento y, así también, los del crecimiento regional subestiman el papel representado por la distancia, el espacio y la localización. De igual manera dejan fuera elementos como la dotación de recursos naturales y su explotación para que permanezcan en el largo plazo, es decir, se consideran fijos (Gutiérrez, 2008).

Asimismo, existen otros factores que no se toman en cuenta como que la libre movilidad no es tan fácil ya que intervienen factores geográficos que implican costos adicionales a los ya tomados en cuenta por el costo de migrar. Además, el capital físico tampoco es perfectamente móvil ya que implica costos y pérdidas, tampoco toma en cuenta la difusión espacial, a lo que se tiene que agregar la dificultad para definir las regiones (Polese, 1998).

1.2.2. Crecimiento endógeno

El crecimiento endógeno es la escuela más reciente que trata de explicar al crecimiento desde una perspectiva donde los rendimientos de los factores dejan de ser decrecientes, surge como una respuesta en los años 80s a lo que el modelo neoclásico no podía explicar empíricamente como la convergencia y los rendimientos decrecientes en los factores (Romer, 1994).

La idea es utilizar mecanismos de endogenización de las variables que afectan al progreso técnico introduciendo las externalidades que afectan positivamente a la producción. Es decir, se establecen condiciones que afectan conjuntamente a la producción de todas las empresas. De este modo se incluyen variables como el capital humano, mecanismos de aprendizaje en la práctica o introducción de rendimientos crecientes a escala (Fuentes et al., 2003).

La diferencia de estos modelos respecto a los modelos de crecimiento neoclásico exógeno es que la tecnología deja de ser constante y exógena ya que el trabajador no nace con las aptitudes para trabajar, sino que las adquiere a través del tiempo. Es decir, hay una inversión en tiempo y en recursos para prepararse para la producción así como para la difusión de ideas y de conocimientos que influyen directamente en el cambio de la tecnología. Con ello los rendimientos ya no son decrecientes en los factores trabajo y capital. En este modelo las políticas encaminadas a fomentar el ahorro y disminuir la población tendrán efectos positivos y crecimiento constantes, ya que esta economía no conduce a un estado estacionario y de la misma forma no lleva a la convergencia.

Entre los trabajos pioneros está el de Romer (1986), en donde se afirma que por medio de la inversión una empresa aumentará su stock de capital que llevará a un aumento no solo de su propia producción sino también de la producción de las empresas que están a su alrededor, ya que con la inversión se adquieren conocimientos y experiencia que se transmiten hacia las demás empresas con las que se relaciona.

Otro de los trabajos fundadores es el modelo de Lucas (1988), en donde se supone que el trabajador es más productivo a medida que cuenta con una mayor educación y acumulación de aprendizaje, es decir hay una inversión en tiempo y en recursos para prepararse para la producción, por lo tanto se puede considerar como un capital humano. El capital físico y el capital humano son bienes distintos producidos por diferentes tecnologías ya que la formación de capital humano es intensiva en capital humano. La lógica es que cuanto más formada esté la población

en general, mayor será la interacción entre trabajadores cualificados y mayor será la generación y transmisión de innovaciones que permitan la mejora de las técnicas y procedimientos de producción de cada empresa.

La inversión en educación se puede ver a través de la formación escolar y el gasto en investigación y desarrollo de tecnología (I+D). Sus efectos llevan a fomentar la innovación tecnológica y a incrementar las habilidades y conocimientos de los individuos. Las mejoras en la productividad incrementan los salarios y consecuentemente se genera crecimiento económico a través del incremento en las tasas de ahorro, además genera bienestar en los hogares (Rivas-Aceves, 2010, Rivas-Aceves y Carranco Gallardo, 2009, Rivas-Aceves y Venegas-Martínez, 2008).

Según Mattos (2000) se observa una correlación positiva entre crecimiento de largo plazo e inversión no solo en maquinaria y equipo sino también en el nivel de desarrollo científico y tecnológico de cada país. Existe evidencia de que el gasto en I+D y sus consecuentes innovaciones se concentran en los países ricos, por lo que su crecimiento puede ser indefinido, lo que vuelve difícil que los países pobres logren darles alcance.

En términos regionales los modelos endógenos permiten insertar los comportamientos complejos e interactivos que tienen lugar en el espacio, además integran fuerzas locales de crecimiento como factores endógenos (Capello, 2006), el espacio deja de ser un contenedor y puede considerarse como un factor de producción más.

Existe una gran cantidad de variables que pueden ayudar a acercarse a explicar el crecimiento como el trabajo, la corrupción, la democracia, la demografía, la educación, la fertilidad, las etnias, la salud, la inversión, la inflación, la religión y la infraestructura, entre otros.

En las variables anteriores se incluyen los servicios del gobierno, entre los cuales se encuentra la dotación de la infraestructura, que presenta una relación positiva como potencial de crecimiento (Barro, 1990a) y de aquí se desprende que la inversión pública en infraestructura es un determinante potencial que explica el crecimiento económico.

1.2.3. El gasto público en el crecimiento económico

En el documento de Barro (1990b) se incorpora el papel del gobierno en un modelo de crecimiento endógeno, con rendimientos constantes en la producción pero decrecientes en los factores individuales. El gasto del gobierno influye de dos maneras, la primera es dentro de la función de producción, donde actúa en la dotación de bienes de capital físico que afectan positivamente la productividad (carreteras, aeropuertos, parques industriales, etc.) así como la protección judicial de la propiedad intelectual de las empresas, el gasto en educación e investigación en innovación y desarrollo, entre otros. La segunda afecta la función de utilidad de los hogares mediante la dotación de capital físico no productivo (parques, museos, estatuas y monumentos, etc.) y en gastos que generan utilidad a las personas aunque no sea física ni productiva (bodas reales, fiestas públicas, celebraciones patrias, etc., Sala-i-Martin, 2000b). Un tercer elemento será el gasto corriente que es de consumo inmediato y no genera rendimientos inmediatos (costo de la administración pública, gastos en salud, gastos en cultura, etc.)

Los gastos que influyen en la función de producción son los que interesan en los modelos de crecimiento económico, a estos gastos se les conoce como gastos productivos y por definición representan un bien deseable. El gasto del gobierno se manifiesta entonces en bienes públicos, esto es importante pues dependiendo del tipo de bien público se determinará la forma de la función de la producción.

El gobierno recauda ingresos mediante una tasa impositiva, que juega un doble papel ya que por un lado la tasa impositiva disminuye los beneficios de las

empresas y la utilidad de los individuos y por otro los bienes públicos aumentan la productividad de las empresas y la utilidad de los individuos, teniendo necesariamente que estar en equilibrio para beneficiar a todos.

Barro y Sala-i-Martin (1992) presentan tres formas de introducir el gasto público en la función de producción dependiendo de las características del bien público del que se trate. Si el gasto del gobierno es en bienes públicos no rivales y no excluibles, es decir, que todos los ciudadanos y empresas pueden acceder a ellos sin que se pueda evitar que alguien los utilice (no excluible) y que el uso de un individuo no impida la utilización por parte de otros (no rival) la función de producción para la j -ésima empresa está dada por:

$$y_j = Ak_j^\beta G^{1-\beta} \quad (2)$$

donde y_j y k_j son la cantidad de ingreso y capital respectivamente de la j -ésima empresa y G el bien público agregado en términos monetarios. Si el bien público es rival y excluible, es decir que el uso de dicho bien solamente es utilizado por la j -ésima empresa la función de producción será:

$$y_j = AK_j^\beta g_j^{1-\beta} \quad (3)$$

donde, g_j es la cantidad del bien público correspondiente a la j -ésima empresa. Finalmente, el bien público parcialmente excluible, es aquel que en un principio es no rival y no excluyente, sin embargo está sujeto a congestión, es decir, el uso por parte de muchos individuos satura a dicho bien público y se representa como:

$$y_j = Ak_j^\beta \left(\frac{G}{K} \right)^{1-\beta} \quad (4)$$

Así, si G aumenta y K se mantiene, entonces aumenta la producción, sin embargo, si K aumenta y G permanece constante, habrá una disminución de la producción debido al efecto del congestión.

Los rubros en los que se utiliza el gasto público son distintos entre países, aunque se pueden clasificar en deuda pública, gasto corriente, educación, salud, seguridad social, desarrollo regional y urbano, asistencia social e infraestructuras. De los anteriores, la educación y las infraestructuras serían gastos productivos que complementan la producción privada, mientras que el resto podría denominarse gasto social.

1.2.3.1. El gobierno regional

La delimitación de región se hace generalmente acorde a la división política, los estudios se centran en las divisiones administrativas de los países. Así, el análisis está sujeto a estados, provincias, departamentos, comunidades, municipios, etc. El gasto público se destina ordinariamente a la educación, la salud, la infraestructura, la seguridad, el gasto corriente, los servicios urbanos, etc., rubros que no difieren mucho entre los niveles administrativos del gobierno que se trate.

Una adecuada inversión en bienes públicos productivos que genere, debido a efectos propios de la región y del espacio, incrementos en la productividad de los trabajadores así como la atracción de nuevas empresas, generaría una fuente de crecimiento económico regional, se incrementarían los salarios y la región sería atractiva no solo para capitales sino también para la mano de obra. Debido a que entre las regiones de un mismo país existe libre movilidad de mano de obra, ésta se moverá de las regiones deprimidas hacia la región en crecimiento y el stock de bienes públicos actuaría como el impulso inicial que lleve a la región a un estado de causación acumulativa.

1.2.4. *El gasto público en infraestructuras en el crecimiento económico*

A partir del estudio de Aschauer (1989b) sobre el efecto del gasto público en la productividad, la infraestructura pudo cobrar relevancia como un instrumento de crecimiento económico y se incrementó el interés por sus efectos y alcances. Sus

estimaciones de elasticidad fueron en un principio polémicas, dado que reportó una elasticidad muy elevada, pero cuando afinó el modelo de gasto público en otro de sus trabajos (Aschauer, 2000) se obtuvieron resultados más realistas.

1.3. LA INFRAESTRUCTURA

No existe una definición única y satisfactoria que abarque el concepto de infraestructura ya que ésta dependerá de las ramas de estudio a la que se circunscriba, en los estudios empíricos de economía se le entiende generalmente como carreteras, telecomunicaciones, edificios, etc. sin embargo el concepto va más allá.

A grandes rasgos la infraestructura es el conjunto de alteraciones que el hombre hace en la naturaleza para satisfacer sus necesidades y con el afán de que sean duraderas (Folgado Blanco, 1991).

Una definición más amplia del concepto de infraestructura se interpreta como la suma de los materiales institucionales y personales de una economía que contribuyen a la consecución de la asimilación de la remuneración de los factores, teniendo en cuenta una asignación oportuna de recursos, es decir, un grado relativamente alto de integración y el nivel más alto de los derechos económicos de las actividades como sea posible (Buhr, 2009).

Biehl (1988) desecha la definición anterior por ser tan amplia y ajustarse más al concepto de bienes públicos, en cambio define a la infraestructura como la parte del capital total de una economía que por ser de tipo público es generalmente suministrado por el Estado.

En este documento se delimita a la infraestructura como la totalidad de los activos rentables, equipo y capital circulante en una economía que sirva de

suministro de energía, servicio de transporte y telecomunicaciones que coadyuva a la producción nacional, facilitan la movilidad, la productividad y el consumo haciendo más sencilla la actividad económica y social.

Ahora bien, y dado lo complejo del concepto, existen diferentes tipos de infraestructuras. Buhr (2003, 2009) reconoce tres tipos de infraestructura, cada una con su propia definición:

- *La infraestructura material o física* se conoce como los bienes de capital que, en esencia inmóvil, contribuyen a la producción de bienes de infraestructura y servicios necesarios para satisfacer los requisitos básicos, físicos y sociales de los agentes económicos, donde además colaboran para que la producción en masa sea económicamente factible.
- *La infraestructura institucional*, esta categoría incluye todos los hábitos sociales y el establecimiento de las reglas formales y las restricciones informales (convenciones, normas de comportamiento) para dar forma a la mejor interacción humana.
- *La infraestructura personal (o humana)* comprende el número de personas (así como su estructura) y las propiedades relevantes de la población activa y la oferta laboral de una economía, independientemente de si la fuerza laboral está empleada o desempleada.

Sobre la infraestructura material que es la que interesa en este documento, Biehl (1988) menciona que contiene las siguientes características:

- *Indivisibilidad*, implica que puede utilizarse con distintas intensidades, además, la indivisibilidad supone un bien de larga duración y que por sus características resulta una inversión muy alta para los agentes privados.
- *Insustituibilidad*, implica que de no disponer de un recurso concreto no es posible reemplazarlo a bajo costo por otro y especialmente, no podrá sustituirse por uno de carácter privado.

-
- *Inmovilidad*, se refiere a que por sus características es de difícil movilidad, ya sea por los elevados costos de transporte que esto representa o por ser un recurso fijo.
 - *Polivalencia*, es decir que el recurso puede ser utilizado como insumo de distintos procesos productivos, en el caso contrario, la *monovalencia* es aquel recurso que solo puede ser empleado para un único sistema de producción.

Si el recurso cumple con las cuatro características anteriores entonces es un recurso integralmente público. El grado de carácter público dependerá del número de las características anteriores que cumpla y a medida que éstas sean menores entonces será de más fácil acceso a los agentes privados.

Finalmente, cabe añadir que debido al factor del espacio, del medio ambiente y de las regulaciones urbanas las infraestructuras deben ser cada vez más eficientes en su utilización (Gómez de Antonio, 2001).

1.3.1. Clasificación de la infraestructura

La infraestructura material como tal es aún muy general ya que abarca distintas categorías, entre las cuales son recurrentes las siguientes (Herranz, 2004):

- Redes de transporte
- Redes de comunicación
- Redes de distribución de energía
- Obras hidráulicas
- Estructuras urbanas
- Instalaciones educativas
- Instalaciones sanitarias
- Instalaciones culturales, deportivas y turísticas
- Infraestructuras sociales
- Infraestructuras medioambientales

Para Hansen (1965) la infraestructura puede clasificarse en dos categorías: la social (SOC) y la económica (EOC). Las inversiones públicas específicas clasificadas como EOC son carreteras, suministro de gas y electricidad, abastecimiento de agua, drenaje y alcantarillado, puentes, puertos y sistemas de transporte fluvial, casas, sistemas de riego y los mercados. Las sociales o SOC son número de escuelas, protección contra incendios, policía, edificios públicos (distintos de los incluidos en la EOC), recolección de basura y residuos, servicio postal, parques y campos deportivos, el remozamiento de la ciudad, la salud, hogares para los adultos mayores y los vehículos (cuando no se utilicen para una actividad EOC).

Según Biehl (1988), se pueden clasificar en dos categorías: de red (como carreteras, ferrocarriles, telecomunicaciones y suministro de agua) y de núcleo (como escuelas, hospitales, museos, etc).

Aschauer (2008) también propone dos categorías: las básicas, en las que se pueden considerar carreteras, autopistas, transporte público, electricidad, telecomunicaciones, distribución de agua y gas; y las no básicas, en el que están todas los demás.

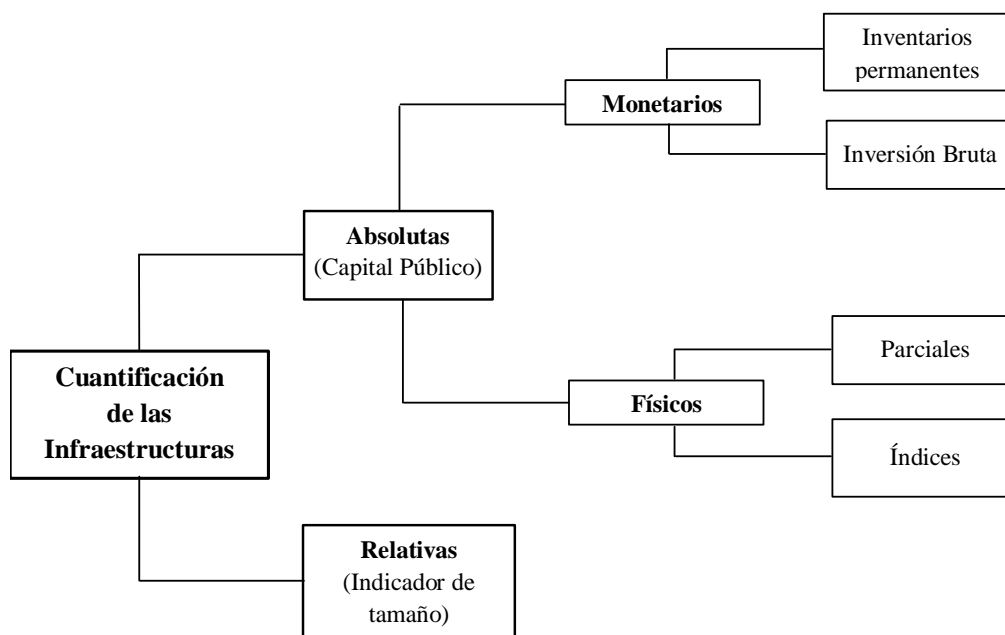
Las tres distinciones se basan en las que afectan directamente a la producción y al sistema económico y en las que prestan servicios a la sociedad. Será en el primer grupo de infraestructuras en las que se centre este documento.

1.3.2. Medición de la infraestructura

Una vez resuelto el problema de la definición y la clasificación de infraestructuras sigue resolver el problema de la cuantificación. Existen diferentes métodos en la literatura empírica que se resumen en la Figura 1. De acuerdo con este esquema las infraestructuras se dividen en absolutas y relativas, donde las primeras se miden en dotaciones de capital público, mientras que las segundas se relativizan con algún

indicador de tamaño que generalmente es población o superficie (Fuentes y Mendoza, 2003a). A su vez, las absolutas se pueden medir de dos maneras: en términos físicos o en términos monetarios.

Figura 1. Medición de la Infraestructura



FUENTE: Elaboración propia

Monetariamente se miden de dos maneras: a través de indicadores de flujo, como lo es la formación bruta de capital público por infraestructura, y por indicadores de acervo, como los acervos de capital acumulados en las distintas categorías (Fuentes y Mendoza, 2003a), sin embargo este tipo de medición solo puede ser aplicable cuando se tienen datos confiables y comparables.

En términos físicos la infraestructura también se mide de dos maneras: como indicadores parciales, es decir en unidades, dependiendo de la categoría donde se encuentren –así, las carreteras o los ferrocarriles se miden en kilómetros, la electricidad por unidades de medidores, transformadores, estaciones de distribución, etc.– y en indicadores sintéticos, que se obtienen por categorías de infraestructuras con diferente nivel de agregación por medio de diversos índices.

1.4. EFECTOS DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA EN LA ECONOMÍA

1.4.1. Efectos espaciales

Se pueden agrupar en cinco rubros: de producción, de transporte, de comercio, de calidad de vida y de medio ambiente. En la producción la infraestructura puede considerarse como un bien producido que a su vez se utiliza para producir otros bienes. Entra en la función de producción como un factor más, al mismo tiempo también puede influir en la productividad multifactorial y por lo tanto en la producción de manera indirecta (De Haan et al., 2007) por lo que una alta dotación de infraestructura complementa la inversión privada haciéndola más productiva y creando una ventaja comparativa contra una menos equipada (Biehl, 1988).

En cuanto al transporte, las infraestructuras disminuyen los efectos de las distancias y facilitan la movilidad de bienes y personas, lo que afecta la decisión de localización de las empresas (Cutanda y Paricio, 2005), además, también afecta la decisión de vivienda y a otras infraestructuras como las de comunicación, educación, salud, etc. (Rephann y Isserman, 1994) teniendo externalidades y economías de localización propias del fenómeno de aglomeración (Gómez de Antonio, 2001).

Las utilidades provenientes del comercio internacional no solo dependen de la liberalización de los aranceles sino también de la calidad de la infraestructura y de los servicios relacionados, ya que la mejora de la infraestructura y de los servicios de logística desempeñan un papel importante en el flujo de transacciones internacionales. La reducción de los costos de transacción integra la producción y el comercio entre distintos países o regiones y con esto se genera una enorme riqueza a través de la integración comercial (Cipoletta Tomassian, 2008, De, 2008, Edmonds y Fujimura, 2008, García Rodríguez, 2009, Limão y Venables, 2007).

La mejora del medio ambiente y la calidad de vida no son propiamente efectos económicos, pero un aumento en la calidad de vida de los hogares produce

un incremento en su productividad. La infraestructura de transporte disminuye distancias al hacer trayectos más cortos y rápidos, disminuye el estrés, la contaminación, la congestión, etc. además, facilita la movilidad urbana al hacer más accesibles los servicios de salud, educación y esparcimiento entre otros (García Rodríguez, 2009).

Por último, y también como un efecto de la infraestructura en la economía, no hay que dejar fuera el detalle de que es un bien público suministrado por el gobierno y que por tanto la dotación de infraestructuras tiene un costo que será sufragado por los contribuyentes. La decisión sobre dónde y cuánto invertir en infraestructura puede tener un efecto negativo en otros rubros del gasto público, una mala decisión de inversión puede menoscabar el presupuesto en educación, salud, defensa, etc. Sin embargo, existen otras fuentes de financiamiento que incluyen la participación de empresas privadas, arrendamientos, concesiones, etc., donde el costo de la infraestructura se carga a los usuarios y no al total de los contribuyentes (Gutiérrez de Vera y Doderó Jordán, 2007, Brooks y Zhai, 2008).

1.4.2. Efectos temporales

Los efectos temporales se dividen en tres. En el corto plazo, donde la infraestructura tiene una relación positiva en la producción y en el empleo, mediante los efectos de la construcción directa o los efectos asociados con la construcción financiada por el gasto público (se acumulan principalmente en el sector de la construcción, ya sea dentro o fuera de la región) y su efecto multiplicador (Nijkamp y Ubbels, 1999). En el mediano plazo la inversión en capital público provoca efectos redistributivos entre los factores, los sectores y las regiones, además tiene efectos sobre la productividad de los factores de producción (Avilés, 2001) como inferencia en los precios que conducen a una mejora de la posición competitiva de las empresas regionales a través de las ganancias del comercio. En el largo plazo la mejora de la accesibilidad conduce a una reducción en los costos de transporte para las empresas y los

hogares, los efectos en el largo plazo pueden explicarse también en las teorías del desarrollo económico.

1.4.3. Efectos en el desarrollo económico

En las teorías del desarrollo regional la infraestructura es una parte importante en su papel de propulsor de la economía. Hirschmann (1973) menciona aquellos servicios que hacen funcionar a los sectores económicos (como los servicios públicos, la justicia, la educación, la salud, las comunicaciones, la energía, el drenaje, etc.) como *capital social fijo* y añade que es esencial para el desarrollo de las actividades productivas además de que funciona como fuerza de atracción para algunas actividades productivas y localización de nuevas empresas desde donde se puede detonar el crecimiento de una economía. Esto genera secuencias entre la inversión en capital social y capital privado en cuya relación se crean externalidades positivas que a su vez funcionan como fuente de atracción de nuevas inversiones.

Otra de las teorías más aceptadas sobre la infraestructura como detonante del crecimiento es la del potencial de crecimiento, la cual según Biehl (1988) es la capacidad de una región para crecer y elevar el nivel de bienestar de su población. Los elementos potenciadores de los que dependen el crecimiento y el desarrollo económico regional son:

- Localización: ayuda a determinar las actividades económicas, además, la distancia entre la región y los principales centros de actividad económica tienen un papel determinante en el potencial de la región.
- Aglomeración: disminuye el costo de transporte de bienes, servicios y personas según sea la densidad de la región. Sin embargo, la aglomeración desmedida puede traer otros efectos negativos como el tráfico, la contaminación, el estrés, altos costos de vivienda, entre otros.

-
- Estructura sectorial: está en función de la relación y proporción de los sectores agrícolas, de manufactura y de servicios en el total de la actividad económica.
 - Infraestructura: es la herramienta gubernamental para aminorar las desventajas regionales y aprovechar mejor los recursos naturales.

Así, los cuatro recursos representan la capacidad productiva de una economía regional o nacional. Los recursos privados, los factores de producción tradicionales, como el capital y el trabajo, son necesarios para explotar el potencial de desarrollo regional, pero no lo determinan, porque es fácil importarlos o exportarlos siempre que el mercado brinde la adecuada remuneración.

Ambas teorías refuerzan la idea de la causación circular acumulativa donde la infraestructura, entre otras, funciona como impulso inicial que le permitirá a la región acumular condiciones de crecimiento de una manera continua (Myrdal, 1974).

1.5. REVISIÓN DE LA LITERATURA CRECIMIENTO-INFRAESTRUCTURA

Con la aparición de los modelos de crecimiento económico endógeno cobran importancia el papel del gobierno y la forma en que se invierte el gasto público: salud, educación, cultura, seguridad, instituciones, combate a la corrupción, burocracia, servicios públicos, democracia o infraestructura, entre otras. Estos son los principales elementos que se introducen en los modelos de crecimiento para medir sus efectos y consecuencias.

El gasto público en infraestructura despertó un gran debate a partir de la publicación de Aschauer (1989b) en donde encontró evidencia de que dicho gasto afecta a la productividad positiva y significativamente para Estados Unidos utilizando series de tiempo y una periodicidad de 40 años, sus resultados se vuelven

estimulantes para los gobiernos que pensaron podrían reactivar sus economías mediante el gasto en infraestructura, sin embargo, lo elevado del coeficiente sembró dudas entre los investigadores de la época, la elasticidad de 0.39 resultó ser superior al coeficiente del trabajo (0.35) e incluso muy superior al capital privado (0.26) por lo que un gran número de estudios buscaron confirmar o contradecir dichos resultados.

Se publicaron distintos documentos replicando el estudio de Aschauer en Estados Unidos y algunos países desarrollados (Aschauer, 1989a, Ford y Poret, 1991, Easterly y Rebelo, 1993) con resultados positivos, significativos y similares.

Sin embargo, el coeficiente seguía siendo alto, por lo que el primer cambio importante se da en la medición del gasto en infraestructura al introducir el gasto público, medido a través de inventarios permanentes (García-Milá y McGuire, 1992, Munnell, 1990, Munnell, 1992) y estimado mediante series de tiempo como el artículo original para Estados Unidos. Además, con la introducción de técnicas de panel de datos los resultados en las elasticidades son menores que los anteriores, pero siguen siendo positivos y significativos.

En 1993 surgió una crítica hacia los estudios de series de tiempo por parte de Holtz-Eakin quien menciona el problema de la causalidad como fuente de los elevados coeficientes. El autor utilizó variables rezagadas para probar endogeneidad y obtuvo estimaciones pequeñas con efectos positivos y significativos. Estos mismos resultados se obtuvieron al utilizar las series en niveles (Evans y Karras, 1994b, Holtz-Eakin, 1994). Sin embargo, con primeras diferencias las elasticidades fueron pequeñas y positivas pero perdieron la significancia estadística (Evans y Karras, 1994a). Finalmente, al incluir los efectos fijos se perdió la significancia estadística (Evans y Karras, 1994a, Holtz-Eakin y Schwartz, 1994, Holtz-Eakin y Schwartz, 1995).

Al ampliar las muestras se encontraron coeficientes pequeños, negativos y no significativos (Crihfield y Panggabean, 1995, Devarajan et al., 1996, Otto y Voss, 1996), a lo que Hulten (1996) explicó que los resultados dependen de la eficiencia

del gasto público, de la depreciación del stock de infraestructura, así como del gasto en rehabilitación y reconstrucción que afecta a las estimaciones volviéndose poco comparables en muestras grandes.

Aschauer (1998, 2000a) defiende sus resultados, separa el gasto público en gasto en infraestructura productiva (comunicaciones, transporte y energía), amplía la temporalidad de sus estudios, incluye el capital humano y obtiene resultados positivos y significativos. A partir de entonces los análisis se volvieron más complejos metodológicamente al incluir efectos dinámicos y de cointegración, así como estimaciones con variables instrumentales (Nourzad, 1998, Bougheas et al., 2000) que lograron mejorar los resultados con efectos positivos y significativos.

Fernald (1999) hizo cortes de tiempo y separó el gasto público por sectores de actividad económica y encontró una relación positiva entre el gasto público y el crecimiento económico. El autor menciona que los elevados coeficientes fueron fruto de la alta inversión pública de la posguerra. Al separar los efectos en el tiempo el coeficiente, aunque positivo y significativo, disminuye, lo que le lleva a sugerir que conforme avanza el tiempo el tamaño de los coeficientes cae debido a la saturación del stock de infraestructura.

El estudio de Aschauer fue replicado en diferentes países y regiones con disponibilidad de datos. En España se desarrolló a la par que en Estados Unidos un debate en torno a los efectos del gasto público en infraestructura, lo que derivó en un importante número de aportaciones a la teoría.

Los primeros estudios son impulsados por la aparición de una serie de datos de gasto público en infraestructura sobre inventarios permanentes hecha por el Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas (IVIE) y de la Fundación BBVA, en donde con series de tiempo, análisis de cointegración y datos de panel se mide la relación crecimiento e infraestructura en el país y en las comunidades autónomas. En general se encuentran resultados positivos y significativos pero menores a los de Estados Unidos (Bajo-Rubio y Sosvilla-Rivero, 1993, Mas et al., 1993a, Mas et al., 1994, Mas et al., 1995, Mas et al., 1993b).

Una vez confirmado el efecto positivo, en la última década los estudios se han centrado en probar si la infraestructura lleva a la convergencia, si puede ser utilizado el gasto público en infraestructuras como política redistributiva de los ingresos regionales para disminuir las desigualdades, así como para ver el efecto de los Fondos Estructurales de la Unión Europea en las regiones atrasadas (De la Fuente, 2001, De la Fuente, 2003, De la Fuente, 2008a, De la Fuente et al., 2002).

Otros estudios recientes con resultados positivos y significativos en España y sus comunidades autónomas indican menor nivel de saturación que en Estados Unidos (Delgado y Álvarez, 2000). Además, las estimaciones mejoran cuando se desagregan los sectores de la actividad económica (Pedraja et al., 2002).

Con las nuevas series del IVIE, Mas y Maudos (2004) encuentran que los coeficientes disminuyen drásticamente, aunque persisten como positivos y estadísticamente significativos. Cantos (2002) desagrega a nivel de provincias y encuentra que las variables pierden la significancia estadística, efecto contrario al que encuentran Cutanda y Paricio (2005) y Ramón y Puigcerver (2005). Los diversos estudios reflejan los mismos comportamientos erráticos que en Estados Unidos al variar la cobertura, las variables empleadas, la definición de infraestructuras, la desagregación, la metodología, la temporalidad y las variables adicionales. Crescenzi y Rodríguez-Pose (2012) al utilizar las variables en indicadores físicos parciales (km. de carreteras, km. de vías férreas, etc.) encuentran resultados más consistentes que al utilizar gasto público.

1.5.1. Evidencia para México

En cuanto a la evidencia empírica sobre México ésta generalmente ha sido conforme a las expectativas teóricas. Feltenstein y Ha (1995) concluyeron que la infraestructura en carreteras es improductiva, sin embargo, Fuentes (2003) y Fuentes y Mendoza (2003) reportan efectos positivos de la infraestructura en electricidad, comunicaciones y transportes, mientras que Noriega y Fontela (2007) estiman efectos positivos de la electricidad y las carreteras en el crecimiento de

largo plazo, pero con un retardo cercano a los 11 años, lo que puede ser indicativo de que el vínculo con el crecimiento no necesariamente es contemporáneo.

Aunque muchos otros estudios sobre México han ajustado las estimaciones econométricas para tomar en cuenta el efecto tiempo, la consideración de la infraestructura ha sido más bien contemporánea o con un año de retardo. De acuerdo con Lächler y Aschauer (1998) y Noriega y Fontela (2007) los aumentos de inversión en infraestructura no se traducen automáticamente en mayor crecimiento económico, dejando entrever que pueden existir efectos temporales de mayor duración al de un año.

Las investigaciones anteriores son hechas a nivel entidad federativa, mientras que a nivel municipio se cuantificaron los niveles de dotación para el Estado de México (Álvarez y Becerril, 2008) con una metodología multivalente encontrando correlación entre ingreso y dotación de infraestructura (Postel-Vinay y Robin, 2002).

1.6. CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO

El capítulo hace una revisión del estado actual de la literatura respecto a la relación crecimiento económico e infraestructura. En la primer parte se abordaron las teorías neoclásicas del crecimiento económico exógeno y endógeno, se vieron las principales líneas de investigación entre las que se encuentra el gasto público como factor de crecimiento, asimismo, se especificó cómo dentro de este gasto público se encuentra el gasto público en infraestructura.

Una vez que se tuvo documentada una base teórica sobre la relación de crecimiento económico con infraestructura fue necesario definir el concepto de infraestructura, acotando el concepto a solo la infraestructura material, misma que se clasificó en las que benefician a la producción (EOC, Red o Básicas) y las que brindan servicios a la población (SOC, núcleo o no básicas). Dentro de las primeras

se encuentran infraestructuras como ferrocarriles, aeropuertos, carreteras, suministro de agua, electricidad, etc., mientras que como parte de las segundas se ubican a los servicios médicos, de seguridad, de recolección de basura, principalmente.

Se define entonces que será en la infraestructura material, específicamente en las productivas, donde se situará esta investigación, la cual puede ser medida en indicadores absolutos monetarios o físicos.

También se analizaron las formas a través de las cuales participa la infraestructura en la economía. Además, se discutió la forma en que pueden presentarse los efectos en el corto, en el mediano y en el largo plazo.

En la última sección se revisó la evidencia empírica desde donde se muestra el debate por el valor, el signo y la significancia de la elasticidad. Se subraya que a medida que se perfeccionaron los métodos de medición, así como los de estimación, se tiene una relación positiva de la infraestructura en el crecimiento económico. Esta evidencia es sustentada en los efectos espaciales, sin embargo los efectos temporales no son tratados de manera directa y solo aparecen como sugerencias a desarrollar.

También se desprende que los indicadores físicos son efectivos y comparables cuando la información en términos monetarios es dispar y que a menor desagregación los resultados son más consistentes

En cuanto a la evidencia para México los resultados han sido diversos quizá por la elección de periodos de tiempo inestables, política y económicamente (crisis económicas), así como a la elección de las metodologías de cuantificación y a las unidades de estudio, sin embargo la evidencia sugiere que los resultados pueden presentar algún grado de sesgo al no considerar la distribución de los efectos en el tiempo.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO-METODOLÓGICO DE LA RELACIÓN CRECIMIENTO-INFRAESTRUCTURA

2.1. INTRODUCCIÓN

La evidencia empírica sugiere la existencia de efectos temporales de la infraestructura que al no ser contemplados en las estimaciones puede llevar a que los resultados no sean los esperados y/o a coeficientes de elasticidad estadísticamente no significativos. Esto significa que es necesario incorporar la posibilidad de que los efectos no sean solamente contemporáneos en las ecuaciones de regresión que miden la relación crecimiento e infraestructura.

En este capítulo se presenta un modelo empírico que pueda servir para mostrar evidencia del efecto temporal de la dotación de infraestructura sobre el crecimiento económico de las áreas urbanas de México.

No existe una serie de datos para México de infraestructura por lo que fue necesario construir una base de datos en forma de panel que concentre información de áreas urbanas, datos económicos y de infraestructura para distintos años. Dado que la recolección se hizo en distintas fuentes de datos algunas variables tuvieron que ser transformadas para homogeneizarlas. En la tercera sección de este capítulo se explican a detalle las fuentes y las modificaciones realizadas.

Una vez que se tiene la base de datos, en la cuarta sección se expone la construcción de un modelo empírico partiendo de una función de producción y se explican las transformaciones que son necesarias para estimarse econométricamente, además, se incluye una revisión a la técnica de datos de panel y sus diferentes manifestaciones.

Posteriormente se construyen las variables a estimar según los datos disponibles en la base de datos de forma tal que se pueda estimar el modelo propuesto con la técnica econométrica revisada.

Finalmente, se presenta una prueba de especificación del modelo que dará validez a los resultados que se estimen mediante el modelo propuesto.

2.2. MODELO TEÓRICO

Las primeras estimaciones del efecto del gasto público en la infraestructura (Aschauer 1989a; Ford y Poret 1991; Easterly y Rebelo, 1993; García-Milá y McGuire; 1992, Munnell, 1990 y Munnell, 1992) partieron de un modelo de crecimiento económico de gasto público y no de un modelo de crecimiento económico apoyado en el crecimiento del stock de infraestructura. Holtz-Eakin y Schwartz (1994) presentaron un modelo que parte de una función de producción Cobb-Douglas de la forma:

$$Y_t = K_t^\alpha G_t^\beta (\psi_t L_t)^{1-\alpha-\beta} \quad (5)$$

donde Y_t es la producción total, K_t es el capital privado, G_t es el stock o capital público, L_t es la cantidad física de trabajo, ψ_t es un índice de eficiencia técnica que transforma las unidades físicas en unidades efectivas de trabajo y por último t es el indicador de tiempo. Suponiendo que ψ_t crece a una tasa constante de λ_t , entonces:

$$\psi_t = \psi_0 e^{\lambda t}$$

De igual forma se asume que L_t crece a una tasa constante n y dividiendo todas las variables por la cantidad efectiva del trabajo, se obtiene la función de producción en forma intensiva:

$$y_{et} = K_{et}^\alpha g_{et}^\beta$$

donde e denota cantidades por unidad de trabajo efectivo.

La propensión a invertir en capital público será dada por θ , es decir la porción de la producción dedicada a la acumulación de capital del sector público y la tasa

geométrica de depreciación del capital es δ , entonces el capital público evoluciona de acuerdo a la identidad:

$$\dot{G}_t = \theta Y_t - \delta G_t$$

donde el punto sobre la variable significa que es derivada con respecto al tiempo. La tasa del crecimiento del capital está dada por:

$$\frac{\dot{g}_{et}}{g_{et}} = \theta k_{et}^\alpha g_{et}^{\beta-1} - (n + \lambda + \delta) \quad (6)$$

Así, la tasa de crecimiento del capital es igual a la inversión en infraestructura menos el crecimiento de la población, la depreciación del capital público y el crecimiento de la eficiencia técnica.

La validez empírica de una teoría generalmente está sujeta a la disponibilidad de información. En el caso de la relación crecimiento e infraestructura, además, la teoría no toma en cuenta los efectos temporales de la infraestructura. Con este fin es necesario estudiar la cantidad de datos disponibles en el conjunto de las áreas urbanas de México para después plantear un modelo que pueda considerar econométricamente las relaciones temporales entre crecimiento e infraestructura.

2.3. CONSTRUCCIÓN DE LA BASE DE DATOS

Los datos provenientes desde fuentes oficiales sobre las áreas urbanas de México son escasos y recientes. Para tener una base de datos sólida se procedió a construir un panel desde distintas fuentes de información, tal y como se describe a continuación.

2.3.1. Datos Poblacionales

Los datos de población se obtuvieron de los Censos Generales de Población y Vivienda así como de los Conteos de Población para cada municipio. Los datos de las zonas metropolitanas constituyen la suma de los municipios que las componen.

El uso de la variable población es para construir variables en términos per cápita y de esta manera reducir el sesgo que puede haber en los indicadores de infraestructura debidos al tamaño de la población de un área urbana. Entre las variables de población usadas están la *Población Total*, la *Población de 12 Años y Más* y la Población entre 12 y 15 años de edad. Las opciones obedecen a que la dinámica de crecimiento puede ser distinta dependiendo de la unidad con la que se relativiza un indicador. La primera es una medida general de la evolución económica, mientras que la segunda es más precisa al ser una variable más próxima a la población en condiciones de trabajar y de demandar servicios e infraestructura. Por último, la población de entre 12 y 15 años se empleó debido a que es en ese rango de edad promedio que se encuentra la población que debería de estar estudiando la secundaria. El Cuadro 1 resume lo anterior.

Cuadro 1. Datos poblacionales

Variable	Descripción	Unidad de medida	Fuente
PT	Población total		
P12y+	Población de 12 años y mas	Personas	Censos Generales de Población y los Conteos de Población de 1980, 1990, 1995, 2000, 2005 y 2010.
P15y+	Población de 15 años y mas		
P12_15	Población de entre 12 y 15 años		

FUENTE: Elaboración propia

Se incluyó en el panel una variable de educación que sea *proxy* del capital humano, las variables de educación sirven en el modelo económico para representar el capital humano (Barro y Lee, 1993) y se añaden para ver su relación con la dotación de infraestructura. Se utilizan los estudiantes matriculados en educación secundaria ya que en estudios previos de crecimiento y convergencia en México es una variable estadísticamente significativa y con elevado efecto positivo sobre la convergencia y el crecimiento (Díaz-Bautista, 2000, Mayer-Foulkes, 2007, Ocegueda Hernández y Plascencia López, 2004, Cortés et al., 2000). La variable de capital humano se construyó según lo hecho por Barro y Lee (1993), dividiendo los estudiantes matriculados en secundaria entre la población en edad de estar en secundaria para así formar una variable de stock de capital humano en formación. La información cuantitativa para construir estas variables proviene de los censos de

población y vivienda publicados por INEGI, así como del Consejo Nacional de Población (Conapo).

Dado el interés de este trabajo en usar información económica publicada en los censos económicos de cada cinco años y debido a que los años del censo de población y vivienda (1990, 1995, 2000, 2005 y 2010)¹ no coinciden con los de los censos económicos se realizó una aproximación de la información a los años de los censos económicos (1985, 1988, 1993, 1998, 2003 y 2008) a través de técnicas de interpolación lineal entre una fecha censal y otra. Así, para el caso de la población se usó la siguiente expresión:

$$k = \left[\left(\frac{P_f}{P_i} \right)^{\frac{1}{t}} - 1 \right] * 100$$

donde k es la tasa de crecimiento estimada. Así, la población intercensal es dada por:

$$P_{t+1} = P_t * k \quad (7)$$

donde P es la población, f es el dato final, i el dato inicial, t el tiempo y k la tasa de crecimiento.

2.3.2. Datos económicos

Los datos económicos son obtenidos de los Censos Económicos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), dado que son datos absolutos del año anterior al levantamiento se emplearon como los años de estudio a 1985, 1988, 1993, 1998, 2003 y 2008.

El Personal ocupado comprende tanto al personal contratado directamente por la razón social como al personal ajeno suministrado por otra razón social, que

¹ 1995 y 2005 son años de conteo de población.

trabajó para la unidad económica. La *Formación bruta de capital fijo* es el valor de los activos fijos comprados por la unidad económica menos el valor de las ventas de activos fijos realizadas. La *Producción Bruta Total* es el valor de todos los bienes y servicios producidos o comercializados por la unidad económica como resultado del ejercicio de sus actividades y finalmente el *Valor Agregado Censal Bruto* es el valor de la producción que se añade durante el proceso de trabajo por la actividad creadora y de transformación del personal ocupado, el capital y la organización, lo anterior se resume en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Datos económicos.

Variable	Descripción	Unidad de medida	Fuente
UE	Unidades Económicas	Establecimientos	
PO	Personal ocupado	Personas	
AF	Activos fijos		Censos Económicos 1989, 1994, 1999, 2004 y 2009
FCBF	Formación bruta de capital fijo	Miles de pesos a precios de 2003	
PBT	Producción Bruta Total		
VACB	Valor Agregado Censal Bruto		

FUENTE: Elaboración propia

2.3.3. Datos de Infraestructura

Los datos de infraestructura se obtienen de datos oficiales ofrecidos por el INEGI en los anuarios estadísticos de las entidades federativas de México para cada año de interés. Son once variables en total las que aparecen de manera regular en los anuarios, las cuales se agruparon en tres categorías: abastecimiento y mantenimiento de agua y saneamiento, abastecimiento de energía eléctrica y finalmente transportes como se muestra en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Datos de infraestructura.

Tipo de infraestructura	Unidad de medida	Tipo de equipamiento	Fuente
<i>Abastecimiento de Agua</i>			
Agua potable	Tomas	Puntual	
Pozos Profundos	Numero de pozos	Puntual	
Capacidad de Extracción	Miles de metros cúbicos diarios	Puntual	
<i>Abastecimiento de Energía Eléctrica</i>			
Electricidad	Tomas	Puntual	Anuario Estadístico Estatal de las 32 entidades federativas, 1989-2010. INEGI
<i>Transportes</i>			
Carretera Principal	Km	Red	
Carretera Secundaria	Km	Red	
Carretera Terciaria	Km	Red	
Automóviles	Unidades	Puntual	
Aeropuertos	Unidades	Puntual	
Vuelos	Unidades	Puntual	
Pasajeros	Unidades	Puntual	

FUENTE: Elaboración Propia

La tasa de crecimiento promedio entre los periodos se muestra en el Cuadro 4. Es importante notar que las carreteras tienen un comportamiento irregular y su crecimiento en 20 años parece ser más bien pequeño, sin embargo, esto se debe a la naturaleza de la medición por lo que dejar los datos así puede ocasionar sesgos de estimación.

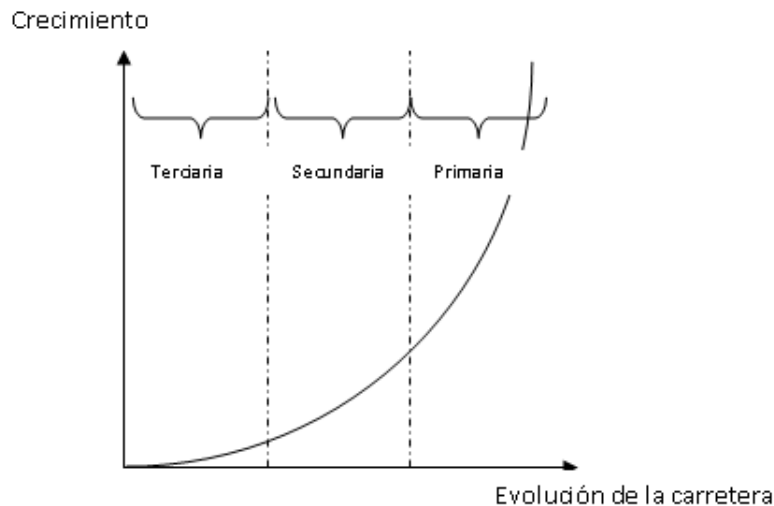
Cuadro 4. Crecimiento porcentual promedio.

	1988-1993	1993-1998	1998-2003	2003-2008	1988-2008
Tomas de Agua	30	21	25	20	137
Pozos	32	2	145	50	394
VDE	-8	35	-41	28	-6
Tomas de Luz	40	17	20	22	139
Carretera Principal	7	-5	1	1	4
Carretera Secundaria	7	2	5	7	23
Carretera Terciaria	9	2	13	1	27
Autos	8	17	50	26	139
Vuelos	11	8	14	5	44
Pasajeros	16	19	14	44	127

FUENTE: Elaboración propia

Por tanto, la variable se consideró en términos relativos a la superficie de su respectiva área urbana. Ahora, dado que en el proceso de crecimiento de una ciudad el papel de las carreteras no es el mismo, las carreteras terciarias y secundarias no detonan tanto el crecimiento como en su caso deben hacerlo las autopistas, se puede incorporar esta idea si se asignan pesos o ponderaciones a cada una de las categorías de carretera, según su importancia. Con este fin se aplica el supuesto de que los diferentes tipos de caminos tienen un rendimiento exponencial a medida que avanzan de caminos rurales a carreteras secundarias y a autopistas, tal y como se muestra en la Figura 2. En esta figura la pendiente de la curva de rendimientos empieza muy débil al principio, luego aumenta de forma importante y, finalmente se hace casi vertical para ilustrar que los diferentes tipos de carretera ejercen impactos diferentes que crecen a medida que se vuelven autopistas. De esta manera se construye la variable VIAL que se usará más adelante como indicador de carreteras.

Figura 2. Simulación exponencial de la infraestructura carretera en el crecimiento.



FUENTE: Elaboración Propia

2.4. CONSTRUCCIÓN DEL MODELO EMPÍRICO

2.4.1. La función de producción

Para la construcción del modelo empírico es necesario partir de la función de producción, ya que para producir bienes y servicios se requiere de una combinación de recursos. A las diferentes posibilidades se les conoce como función de producción y ésta describe una relación matemática que asocia a cualquier conjunto de cantidades de insumo un nivel máximo de producción que puede ser logrado.

Existen distintos elementos que afectan e influyen en el proceso de producción, Y . Entre ellos están los recursos humanos, L , representados por el trabajo, el cual es entendido como el tiempo y el esfuerzo que invierten los individuos en la elaboración de dichos bienes y servicios. Otro elemento es el capital que es compuesto por la planta, el equipo, las construcciones y los inventarios de materias primas y de bienes semi-terminados que se utilizan para producir otros bienes y servicios, todo en términos monetarios. Un tercer elemento son los recursos naturales, R , en su forma de minerales, combustibles, tierra y materia prima. El gobierno y su recaudación, G , administración y gasto también influye en la producción. Otros elementos son la infraestructura, H , y la tecnología, A , que se exponen como las formas y combinaciones de los elementos anteriores para la producción (Samuelson y Nordhaus, 1999). Estas relaciones se resumen en forma matemática como:

$$Y = Af(K, L, R, G, H) \quad (8)$$

2.4.2. La función de producción Cobb-Douglas

De acuerdo con Nicholson (1997) existen distintas funciones de producción. Algunas de las más utilizadas en estudios de crecimiento económico son la función

de producción lineal, la función de producción de elasticidad constante (CES), la función de producción de proporciones fijas y la función de producción Cobb-Douglas (De la Fuente, 2008). Es en esta última en la que se basa el presente documento y que matemáticamente se expresa como:

$$Y = \prod_{i=1}^n X_i^{\beta_i} \quad (9)$$

donde $\forall \beta_i > 0$, X representa un factor de producción y va de $i = 1, 2, \dots, n$.

2.4.3. La función Cobb-Douglas en la econometría

Para estimar económicamente la ecuación anterior es necesario linealizarla, dadas sus variables exponenciales es necesario utilizar logaritmos quedando:

$$\ln Y = \ln A + \sum_{i=1}^n \beta_i \ln(X_i)$$

La función de producción Cobb-Douglas es ampliamente utilizada en el estudio del crecimiento económico neoclásico ya que cuando $\sum \beta_i = 1$ cumple con las condiciones que satisfacen las propiedades neoclásicas de la función de producción (Sala-i-Martin, 2000a), esto es: a) presenta rendimientos a escala (que es homogénea de grado uno), b) la productividad marginal de los factores es positiva y decreciente y c) cumple con las condiciones de *Inada*².

La expresión matemática simplificada para la región i a solo capital privado, K , trabajo, L , capital público en infraestructura, P , y capital humano, H , se expresa como:

$$Y_i = A_i K_i^{\beta_1} L_i^{\beta_2} P_i^{\beta_3} H_i^{\beta_4} \quad (10)$$

² El valor de la función en 0 es 0, la función es continuamente diferenciable, es una función cóncava, el límite de la derivada cercana a 0 es infinito y el límite de la derivada hacia el infinito es cero.

donde β_1 es la participación del capital, β_2 es la participación del factor trabajo, β_3 es la participación de la infraestructura en la producción y β_4 la participación del capital humano. Para conocer el valor de los parámetros existen distintas técnicas estadísticas y de econometría que se aplican a la ecuación transformada a través de logaritmos:

$$\ln Y_i = \ln A_i + \beta_1 \ln K_i + \beta_2 \ln L_i + \beta_3 \ln P_i + \beta_4 \ln H_i + \varepsilon_i$$

Expresando los logaritmos en minúsculas y añadiendo el factor tiempo se obtiene:

$$y_{it} = a_{it} + \beta_1 k_{it} + \beta_2 l_{it} + \beta_3 p_{it} + \beta_4 h_{it} + \varepsilon_{it}$$

Esta ecuación se conoce como estimación en “niveles” de la función de producción (De la Fuente et al., 2002). La función solo da la información de un solo periodo, por lo que para estimar los efectos en el crecimiento económico se expresan las variables en tasas de crecimiento de un periodo a otro. A este proceso también se le conoce como función de producción en “primeras diferencias” y dado que:

$$\Delta X_{it} = X_{it} - X_{it-1}$$

donde el subíndice t indica un periodo en el tiempo para el factor de producción i entonces la función de producción en primeras diferencias queda como:

$$\Delta y_{it} = \Delta a_{it} + \beta_1 \Delta k_{it} + \beta_2 \Delta l_{it} + \beta_3 \Delta p_{it} + \beta_4 \Delta h_{it} + \varepsilon_{it} \quad (11)$$

La tecnología, en este caso representada por a , puede ser idéntica en todas las regiones o distinta entre regiones a lo largo del tiempo. Dado que existen características para cada individuo que influyen sobre la variable dependiente y que se mantienen fijas en el tiempo, la especificación será diferente dependiendo de los supuestos que se hagan. El problema de la heterogeneidad puede ser atendido a través del método de datos de panel, ya que si no se toman en cuenta las diferencias inherentes entonces se incurre en un sesgo (Wooldridge, 2002).

2.4.4. La técnica de datos de panel

La ecuación (11) puede ser estimada mediante datos de panel. Siguiendo a Arellano (1990), un panel de datos es aquel que contiene observaciones de series temporales para una muestra de unidades individuales. Así, un conjunto de unidades pueden ser observadas a través de distintos momentos de tiempo, es decir para el individuo i :

$$y_i = \begin{bmatrix} y_{i1} \\ y_{i2} \\ \vdots \\ y_{iT} \end{bmatrix} X_i = \begin{bmatrix} X_{i1}^1 & X_{i1}^2 & \dots & X_{i1}^K \\ X_{i2}^1 & X_{i2}^2 & \dots & X_{i2}^K \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{iT}^1 & X_{iT}^2 & \dots & X_{iT}^K \end{bmatrix} u_i = \begin{bmatrix} u_{i1} \\ u_{i2} \\ \vdots \\ u_{iT} \end{bmatrix}$$

donde $i = 1, 2, \dots, N$ para cada unidad de corte transversal y $t = 1, 2, \dots, T$ para cada unidad de tiempo. Representando la ecuación en su forma matricial:

$$y_{it} = \beta X_{it} + u_{it} \quad (12)$$

donde las variables independientes pueden variar transversal y temporalmente. Cuando existe información completa para cada periodo de tiempo e individuo se dice que es un panel balanceado. Las unidades pueden ser individuos, empresas, familias, países regiones, etc., y su medición en el tiempo es en sí ya una ventaja para la metodología de datos de panel que no posee las estimaciones de sección cruzada y series de tiempo por separado (Johnston y Dinardo, 1997).

Otras ventajas de la técnica son que se tiene mayor cantidad de datos, más variabilidad, menos colinealidad, más grados de libertad, además se puede medir la dinámica de cambio y controlar la heterogeneidad teniendo así mayor eficiencia. A su vez permite utilizar un conjunto de datos más informativos, en el sentido de que es capaz de recoger con mayor precisión la variabilidad en los datos, tanto la existente entre individuos como la que existe a lo largo del tiempo (De la Fuente, 2008b). Las dos últimas son de lo más importante para los estudios de crecimiento económico regional ya que con datos de panel se pueden controlar efectos propios

de las unidades de estudio y del tiempo. Las desventajas que la técnica presenta se refieren principalmente a la dificultad de obtener los datos.

2.4.5. Tipos de panel

El modelo más básico de datos de panel es aquel que supone que no existe heterogeneidad en los datos y por tanto se pueden estimar todos juntos a través de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), éste se representa como:

$$y_{it} = \beta X_{it} + u_{it}$$

donde se asume que los errores son $u_{it} \sim iid(0, \sigma^2)$ para toda i y para toda t

Al tratar con distintas regiones puede haber elementos que solo impacten en una de ellas y no en el resto, asimismo puede haber efectos en el tiempo que solo ocurrieron en un periodo en particular y éstos afectan el crecimiento económico, por tanto es necesario asumir heterogeneidad tanto en los individuos como en el tiempo. Es preciso contemplar dichos efectos que se interpretan usualmente como un componente del error, teniendo así:

$$u_{it} = \alpha_i + \delta_t + \varepsilon_{it}$$

En donde las α_i son los efectos que difieren entre las unidades pero no en el tiempo, δ_t son los efectos que varían en el tiempo pero no entre los individuos y finalmente ε_{it} es el término de error puramente aleatorio. Los efectos pueden estimarse dependiendo del supuesto de correlación con las variables independientes (Arellano y Bover, 1990):

1. *Modelo de efectos aleatorios.* α_i no está correlacionada con X_{it}
2. *Modelo de efectos fijos.* α_i está correlacionada con X_{it}

Para el primer caso, se señala que los efectos no son independientes entre sí y se estiman usualmente como una parte del error, por tanto son conocidos como

de errores compuestos y usualmente se utilizan modelos de este tipo cuando la información procede de una muestra poblacional de datos (Novales, 1993, Wooldridge, 2002). Se estima como:

$$y_{it} = \beta X_{it} + u_{it}$$

donde u_{it} será compuesto dependiendo del supuesto:

1. Solo varían en el tiempo

$$u_{it} = \delta_t + \varepsilon_{it}$$

2. Solo varían entre individuos

$$u_{it} = \alpha_i + \varepsilon_{it}$$

3. Varían tanto en el tiempo como entre individuos

$$u_{it} = \alpha_i + \delta_t + \varepsilon_{it}$$

En el caso del modelo de efectos fijos, se asume que son independientes entre sí y por tanto se agregan al intercepto, suponiendo así que afectan por igual a todas las variables de corte transversal.

1. Solo varían en el tiempo

$$y_{it} = \mu + \delta_t + \beta X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (13)$$

2. Solo varían entre individuos

$$y_{it} = \mu + \alpha_i + \beta X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (14)$$

3. Varían tanto en el tiempo como entre individuos

$$y_{it} = \mu + \alpha_i + \delta_t + \beta X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (15)$$

donde μ es el intercepto para todos los individuos.

2.5. CONSTRUCCIÓN DE LAS VARIABLES

En general, se utilizarán cuatro tipos de variables. Las de tipo económicas son la producción por trabajador, la producción per cápita (es decir, en relación a la población total) y la producción per cápita pero considerando solo a la población

mayor de 15 años. Estas tres variables corresponden a las tres clases de variables dependientes con las que se ensayarán los modelos. El personal ocupado promedio se utiliza como medida del empleo y la formación bruta de capital como proxy del capital, con ello se completa una función de producción tradicional.

En el segundo grupo de variables se encuentran las de tipo infraestructura que pueden ser medidas en unidades físicas y en índices sintéticos. La idea es reflejar la capacidad de servicio y uso de los equipamientos de infraestructura de una manera más precisa que bajo una medida monetaria (Delgado y Álvarez, 2001). En la elaboración de estos indicadores se acudió a datos de transportes y energía, mientras que la información sobre comunicaciones no fue tomada en cuenta debido a problemas importantes de medición como consecuencia del rápido avance tecnológico a lo largo del periodo.

La infraestructura física sobre equipamiento de agua entubada (AGUA) se construyó a partir de las tomas de agua disponibles por cada mil habitantes de 15 años y más. Se espera una relación positiva de esta variable. La siguiente ecuación expresa su cálculo:

$$AGUA = (T_A / P15y) * 1000 \quad (16)$$

donde la parte que se halla entre paréntesis es el número de tomas de agua como proporción de la población mayor de 15 años.

La categoría infraestructura eléctrica (LUZ) es la cantidad de tomas eléctricas por cada mil habitantes de 15 años y más. Se espera una relación positiva con el crecimiento y se construyó de la siguiente forma:

$$LUZ = (T_L / P15y) * 1000 \quad (17)$$

La categoría infraestructura en drenaje (DRE) es la cantidad de tomas de drenaje por cada mil habitantes de 15 años y más. Se espera una relación positiva con el crecimiento y se construyó de la siguiente forma:

$$DRE = (T_D / P15y) * 1000 \quad (18)$$

Adicionalmente, se utilizaron tres variables interactivas o de control. La variable 'aeropuertos', como variable dicotómica que busca captar si hay un efecto diferenciado en aquellas áreas urbanas que disponen de servicios aeroportuarios; el 'capital humano', para ver si las diferencias educativas pueden ser un factor determinante; y el 'número de vehículos', como una variable que aproxima la densidad y flujo de las carreteras.

La densidad vehicular (VE) es la variable usada para investigar si el tráfico fluido beneficia al crecimiento por lo que se espera una relación positiva. Está construida como:

$$VE = (Veh / P15y) * 1000 \quad (19)$$

Por último la variable de capital humano (CH) que se espera tenga una relación positiva con el crecimiento, se construye como:

$$CH = (E_S / P12-15) * 1000 \quad (20)$$

donde la parte entre paréntesis es la matrícula de estudiantes en secundaria en relación a la población total en edad de estudiar secundaria.

También se consideran en el modelo tres índices sintéticos. Uno económico (IIC), otro social (IIS) y un tercero agregado (IGI).

Para homogeneizar los distintos tipos de datos y sus respectivas mediciones se utiliza una normalización convirtiendo las variables en magnitudes a dimensionales en forma de porcentaje con respecto al máximo valor de cada variable, teniendo así índices que van de 0 a 100, donde 100 será el área urbana con mayor dotación de infraestructura según la variable que se esté tomando como referencia. Formalmente el cálculo es:

$$S_{jr} = \left(\frac{a_{jr}}{a_{MAXr}} \right) \cdot 100$$

donde:

a_{jr} = equipamiento de infraestructura para cada variable j en la región r .

a_{MAXr} = medida de la región con el valor máximo.

S_{jr} = indicador normalizado para la región r y variable j .

Teniendo así valores unidimensionales y comparables. Finalmente para la agregación de los índices existen distintos métodos, el método de Indicadores Sintéticos de Biehl (MB), el Método de Componentes Principales (MCP) (Cancelo de la Torre y Uriz Tomé, 1994) y el Método de Análisis Factorial Múltiple (AFM) (García Lautre et al., 1998) de entre los cuales el MB es el más utilizado y es que se usa en este trabajo, tal y como se describe a continuación.

2.5.1. Índice de Biehl

Este índice parte del supuesto de que las dotaciones menores en una categoría pueden ser compensadas con dotaciones mayores en alguna otra de las categorías, la agregación se hace con medias aritméticas cuando los equipamientos se consideran como sustitutivos y con medias geométricas cuando no lo son (Biehl, 1988).

Se construye cada categoría con una media aritmética de la siguiente forma:

$$I_{ir} = (1/n) \cdot \sum S_{jr}$$

donde:

I_{ir} = indicador de la categoría i en la región r .

S_{jr} = indicador de la subcategoría j que está incluido en la categoría i .

Las categorías son agregadas con una media geométrica ya que son insustituibles, la formulación es la siguiente:

$$IG_r = \sqrt[n]{\prod_i I_{ir}} \quad (21)$$

donde IG_r es el Indicador global de infraestructura en la región r e I_{ir} el indicador de la categoría i en la región r .

2.5.2. El modelo a estimar

El cuadro 5 sintetiza las variables que se utilizarán en el modelo econométrico, las abreviaturas para cada variable en los cuadros de resultados así como en las unidades en que están medidas.

Cuadro 5. Variables a estimar.

Tipo	Variable	Nombre	Unidades
Económicas			
	YPO	Producción entre personal ocupado	Miles de pesos de 2003
	YPT	Producción entre población total	Miles de pesos de 2003
	YP15	Producción entre población mayor de 15 años	Miles de pesos de 2003
	POP	Personal ocupado promedio	Personas
	FBCF	Formación Bruta de Capital	Miles de pesos de 2003
Índices			
	IIS	Índice de Infraestructura Social	Índice sintético
	IIC	Índice de Infraestructura Carretera	Índice sintético
	IGI	Índice Global de Infraestructura	Índice sintético
Parciales			
	VIAL	Índice de Carreteras Ponderadas	Por cada mil habitantes
	DRE	Drenaje entre población mayor de 15	Por cada mil habitantes
	AGU	Agua entre población mayor de 15	Por cada mil habitantes
	LUZ	Luz entre población mayor de 15	Por cada mil habitantes
Otras			
	AER	Aeropuerto	1 = cuenta con aeropuerto
	VE	Vehículos entre población mayor de 15	Por cada mil habitantes
	CH	Capital Humano	Proporción de estudiantes matriculados en secundaria del total de población en edad de cursar la secundaria

FUENTE: Elaboración propia

Teniendo estas variables se forman ecuaciones de producción tipo (11)

$$\Delta \ln(y)_{i,t} = \alpha_0 + \beta_1 \Delta \ln(L)_{i,t} + \beta_2 \Delta \ln(C)_{i,t} + \beta_3 \Delta \ln(CH)_{i,t} + \sum \gamma_j (INFRA)_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (22)$$

Donde Δ se usa para indicar que se trata de una variable en primeras diferencias, $i = 1, \dots, n$; $t = 1, \dots, T$ y $\varepsilon_{i,t}$ es el término de error estocástico, con n como el total de individuos en el panel y T es el número total de observaciones temporales. La variable dependiente ‘ y ’ es el producto per cápita, ‘ L ’ es la población de trabajadores, ‘ C ’ es la inversión bruta y ‘ CH ’ es el capital humano. El conjunto de coeficientes γ incluido en la ecuación representa al resto de variables de infraestructura a ser estimadas, como pueden ser: agua, drenaje, carreteras, aeropuertos, etc.

Con las primeras diferencias es posible reducir la autocorrelación de primer orden que se presenta en estructuras de datos quinquenales o anuales. En las estimaciones se supondrá efectos fijos en el tiempo (13), en los individuos (14) y en ambos (15).

2.5.2.1. El tiempo en la estimación econométrica

La estimación de la ecuación (22) muestra los efectos contemporáneos del crecimiento de las variables independientes sobre las variables dependientes. El resultado de esta estimación arrojará los efectos inmediatos de la construcción y dotación de la infraestructura y dejará fuera los efectos de mediano y largo plazo como se mencionó en el Capítulo 1. Para incorporar estos efectos al análisis se estimará la ecuación (22) con la variable contemporánea, con un rezago (-1) y con dos rezagos (-2), lo cual dará el efecto contemporáneo, el efecto después de cinco años de la dotación de la infraestructura y después de 10 años (dos rezagos).

El uso de variables rezagadas en la estimación de la relación de crecimiento e infraestructura ha sido utilizado para medir endogeneidad (Holtz-Eakin, 1993), en análisis de series de tiempo para medir cointegración (Mas et al., 1993a, Mas et al., 1994). Noriega y Fontela (2007) estiman efectos positivos de la electricidad y las

carreteras en el crecimiento de largo plazo para México con un retardo cercano a los 11 años quienes junto con Lächler y Aschauer (1998), también para México, dejan ver la posibilidad de que las estimaciones deben incorporar el efecto temporal.

La inclusión de los rezagos en las estimaciones aportara evidencia empírica que sustenta la hipótesis del efecto temporal de la infraestructura en el crecimiento económico de las áreas urbanas de México y de sus diferentes regiones.

2.6. PRUEBA DE ESPECIFICACIÓN DEL MODELO

En la relación crecimiento e infraestructura la teoría sobre la cantidad de variables que deben ir especificadas en el modelo no está clara, tampoco está definida la cantidad de rezagos de una variable que debe ser incluida en la ecuación para captar los efectos temporales. La mayoría de las veces esta decisión queda a criterio del investigador o en base a argumentos empíricos como el tamaño de la muestra y la disponibilidad de información temporal. Por tanto, será conveniente considerar alguna prueba más formal que guíe sobre una especificación adecuada del modelo que se busca estimar.

La prueba BDS, nombrado así por sus autores, Brock, Dechert y Scheinkman (1996), se utiliza para comprobar la no linealidad en series de datos. En economía financiera se utiliza en teoría del caos, mientras que en econometría con MCO se utiliza como una prueba para la correcta especificación de un modelo si se comprueba que sus residuos tienen un comportamiento independiente e idénticamente distribuidos (*i.i.d*), así como un supuesto en las variables que se utilizan en estimaciones de sección cruzada. Para esta investigación se utiliza la prueba BDS como una medida de bondad de ajuste para comprobar que los modelos planteados se encuentran correctamente especificados.

De acuerdo con esta técnica si el modelo es correcto, entonces los residuos estimados pasarán la prueba de *i.i.d* , en caso contrario habrá sospecha de que el modelo seleccionado está mal especificado (Kim et al., 2003).

Teniendo a $\{x_t\}$ como una serie temporal finita con función de distribución F , el test parte de que en dos observaciones x_i y x_j la probabilidad de que no disten entre sí más de ε es:

$$P_1 \equiv (P | x_i - x_j | \leq \varepsilon)$$

Con $i \neq j, i, j \in N$ donde ε es el concepto de proximidad y esta

$$0 < \varepsilon < \max(x) - \min(x)$$

Y con la probabilidad de que dos observaciones se hallen próximas una de la otra así como que sus predecesoras se encuentren también cerca una de la otra será dado por:

$$P_2 \equiv (P | x_i - x_j | \leq \varepsilon, | x_{i-1} - x_{j-1} | \leq \varepsilon)$$

Si la serie es *i.i.d* la probabilidad de que una observación esté próxima a otra es igual al cuadrado de la probabilidad de que dos observaciones queden próximas, es decir:

$$P_2 = P_1^2$$

Esta relación aplica en cualquier dimensión m , por tanto se puede decir que

$$H_0 : P_m = P_1^m$$

$$H_a : P_m \neq P_1^m$$

Así, la hipótesis nula es que la serie es independiente e idénticamente distribuida *i.i.d* . Por lo tanto, si eventualmente existiese algún tipo de dependencia entre las observaciones debería ser producida por algún mecanismo no lineal de

generación de datos sin importar si es determinista o estocástica, sin embargo no determinará de cual se trata (Kanzler, 1999). El estadístico BDS para una dimensión m y una distancia de ε es definido como:

$$w_{m,N}(\varepsilon) = \sqrt{N-m+1} \frac{c_{m,n}(\varepsilon) - c_{1,N-m+1}(\varepsilon)^m}{\sigma_{m,N-m+1}(\varepsilon)} \quad (23)$$

donde $c_{m,n}(\varepsilon)$ es la fracción de pares de historias que están cercanas. Si el resultado no rechaza la hipótesis nula entonces indica que las observaciones son puramente al azar, por tanto no hay dependencias no lineales de ningún tipo.

La dificultad en la realización de la prueba BDS surge de la cuestión de cómo se deben establecer los parámetros de distancia y dimensión, dado que el estadístico sigue la distribución normal con media cero y varianza unitaria. Esto implica que la probabilidad de rechazar la hipótesis nula de independencia cuando los datos son en realidad *i.i.d* es independiente de la elección de ε y m .

2.7. CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO

En este capítulo se describió la base de datos con información poblacional, económica y de infraestructura para los años 1985, 1988, 1993, 1998, 2003 y 2008, los cuales corresponden a los años con información de los censos económicos. La base de datos consta de 21 variables que se pueden aprovechar en el estudio de la relación entre el crecimiento y la infraestructura de las áreas urbanas de México.

A partir de esta disponibilidad de datos se construyó un modelo empírico que parte, al igual que los trabajos más relevantes sobre el tema de una función de producción Cobb-Douglas (Aschauer 1989a; Ford y Poret 1991; Easterly y Rebelo 1993; García-Milá y McGuire, 1992; Munnell, 1990 y 1992; Holtz-Eakin y Schwartz,

1994 y De la Fuente et al., 2002), donde la infraestructura se incluye en el modelo como un factor de producción más.

Ya que se cuenta con datos para áreas urbanas y para periodos de tiempo se presentó la técnica econométrica de datos de panel que servirá para estimar el modelo empírico presentado. La ventaja de esta técnica es que combina información de datos cruzados con series de tiempo añadiendo grados de libertad a las estimaciones con datos que no son abundantes.

Una vez que se tiene el modelo empírico y la metodología a utilizar se convirtieron las series de datos en variables normalizadas que puedan ser comparables y se incorporan al modelo dando como resultado la ecuación (22).

Para incluir el efecto del tiempo en la estimación se introducen variables contemporáneas y rezagadas en uno y dos periodos, así se medirá el impacto de la infraestructura en un nivel inmediato. Con la variable rezagada un periodo se captará el efecto de la dotación de infraestructura cinco años después, mientras que con la variable rezagada dos periodos permitirá ver el efecto de la dotación de infraestructura diez años después de haberse realizado y pueden ser estimadas todas en la misma ecuación.

Finalmente, se presentó la metodología de la prueba BDS que servirá para probar que los modelos a estimar no violan el requisito de especificación, lo que puede dar confianza para interpretar los resultados estimados.

CAPÍTULO 3. MARCO ESPACIO-TEMPORAL

3.1. INTRODUCCIÓN

Ya que el territorio mexicano es muy extenso y existen diferencias en el clima, la topografía y la cultura que influyen en el uso y necesidades de infraestructura, la utilización de la información económica debe hacerse también tomando en consideración algún tipo o criterio de agrupamiento. En este capítulo se presentan las 71 áreas urbanas que conforman las unidades de estudio, los criterios de selección y la importancia económica y poblacional de las áreas elegidas.

El primer agrupamiento que se realiza es el de las áreas urbanas que se encuentran en los estados de la frontera norte y los estados del sur, así además de contar con los efectos diferenciados de las regiones, se puede visualizar el efecto de la infraestructura en cada región y si la dotación de ésta puede contribuir a disminuir la brecha de desigualdad existente entre ambas.

En el segundo agrupamiento se dividen las 71 áreas urbanas en dos: las de mayores ingresos y las de menores ingresos. También se atiende una agrupación de áreas urbanas que integra a aquellas ciudades capitales de los estados. El objetivo del agrupamiento es mostrar evidencias de que las áreas urbanas de México son un conjunto de economías con características muy diversas, si no se toman en cuenta dichas diferencias se puede tener resultados sesgados.

3.2. DELIMITACIÓN GEOGRÁFICA

El crecimiento económico regional a pesar de tener un origen macroeconómico, se caracteriza por la incorporación de características territoriales donde la movilidad de

factores modifica el desarrollo teórico propio de la macroeconomía (Capello, 2006), su importancia reside en que *“la comprensión de cómo y por qué crece una región es esencial para la elaboración de una política regional eficaz”* (Richardson, 1986).

Las actividades económicas de un estado se concentran en unos cuantos municipios por causa de la continua migración rural hacia las ciudades, a las oportunidades de empleo y a la relocalización de industrias entre otras. Así, se han formado enormes concentraciones poblacionales, principalmente en las capitales de los estados, formando grandes áreas urbanas y/o zonas metropolitanas.

Dado lo anterior es necesario hacer investigaciones a estos niveles, sin embargo el tema de la disponibilidad de datos limita en gran medida dichos estudios. Para la presente investigación se construyó una base de datos a nivel municipal contemplando las áreas urbanas (ciudades, capitales y zonas metropolitanas) de tamaño medio. El criterio de selección fue cuantitativo, es decir, se tomaron aquellas poblaciones que superan los 200,000 habitantes porque en ellas puede existir mayor dinamismo económico junto a unos sectores secundario y terciario con mayor grado de desarrollo donde la importancia de la infraestructura se hace más evidente.

El crecimiento espacial de las ciudades hizo que se unan dos o más municipios formando zonas metropolitanas (ZM). De las 56 ZM del país³ solo 46 cumplen con el criterio de los 200,000 habitantes o más, mismas que se conforman por 320 municipios. De las 46 ZM 26 son capital del estado, por lo que para tomar en cuenta todas las capitales de estado se agregaron a la muestra las ocho restantes. Finalmente, existen 17 municipios más que son importantes económica y poblacionalmente (mayores a 200,000 habitantes) pero que no son ZM ni capital de estado que fueron incorporados a la muestra, para tener así 71 áreas urbanas (AU) conformadas por 345 municipios.

³ En el 2005 según el Consejo Nacional de Población (CONAPO)

En el año de 2010⁴ las 71 áreas urbanas concentraban el 64 por ciento de la población y en el 2008⁵ aportaron el 87 por ciento de la producción respecto al total del país⁶. En el Cuadro 6 se reportan las áreas urbanas que constituyen la muestra de este estudio.⁷ El Cuadro 6 también reporta la población y la participación de su producción en la economía estatal. Se resaltan en color oscuro los totales por entidad federativa.

Cuadro 6. Participación porcentual de las áreas urbanas mayores de 200,000 habitantes por estado en 2008

	Tipo	Población	Producción
Aguascalientes		78.53%	96.30%
Aguascalientes	capital, ZM	78.53%	96.30%
Baja California		99.99%	99.99%
Tijuana	ZM	55.45%	53.03%
Mexicali	capital, ZM	29.85%	39.96%
Ensenada		14.69%	7.01%
Baja California Sur		76.02%	86.58%
La paz	capital	40.84%	41.84%
Los cabos		35.18%	44.73%
Campeche		58.28%	99.52%
Campeche	capital	31.55%	1.85%
Carmen		26.73%	97.67%
Coahuila de Zaragoza		68.39%	90.04%
Torreón-La laguna	ZM	27.16%	26.72%
Saltillo	capital, ZM	29.58%	48.80%
Monclova-Frontera	ZM	11.64%	14.51%
Colima		51.58%	61.34%
Colima-Villa de Álvarez	capital, ZM	51.58%	61.34%
Chiapas		20.03%	14.03%
Tuxtla Gutiérrez	capital, ZM	13.39%	11.09%
Tapachula		6.64%	2.94%
Chihuahua		64.36%	85.82%
Juárez	ZM	39.66%	40.47%
Chihuahua	capital, ZM	24.69%	45.35%
Distrito Federal		100.00%	100.00%
Valle de México	capital, ZM	100.00%	100.00%
Durango		64.08%	89.94%
Durango	capital	35.35%	30.03%

⁴ Fecha del último censo de población de INEGI

⁵ Fecha del último censo económico de INEGI

⁶ Formadas por 345 localidades urbanas que representan el 7.6 por ciento del total (4525) en 2010.

⁷ Guanajuato no cumple con ese criterio, sin embargo se incorporó debido a que es la capital del estado del mismo nombre.

La laguna 2		28.73%	59.91%
Guanajuato		55.24%	83.20%
León	ZM	29.25%	35.72%
Celaya		8.52%	11.89%
Guanajuato	capital	3.13%	5.17%
Irapuato		9.57%	7.64%
Salamanca		4.76%	22.78%
Guerrero		32.42%	52.73%
Chilpancingo de los bravo	capital	7.03%	8.49%
Acapulco		25.39%	44.24%
Hidalgo		27.75%	12.76%
Pachuca	capital, ZM	18.86%	10.53%
Tulancingo	ZM	8.88%	2.22%
Jalisco		65.11%	86.14%
Guadalajara	capital, ZM	60.22%	82.12%
Puerto Vallarta	ZM	4.88%	4.02%
México		86.39%	95.12%
Valle de México-2	ZM	74.44%	64.11%
Toluca	capital, ZM	11.95%	31.02%
Michoacán de Ocampo		37.23%	49.61%
Morelia	capital, ZM	18.54%	32.05%
Zamora-Jacona	ZM	5.78%	6.29%
La Piedad-Pénjamo	ZM	5.75%	3.90%
Uruapan		7.16%	7.36%
Morelos		73.61%	94.71%
Cuernavaca	capital, ZM	49.46%	77.24%
Cuatla	ZM	24.15%	17.47%
Nayarit		39.72%	67.78%
Tepic	capital, ZM	39.72%	67.78%
Nuevo León		87.88%	96.19%
Monterrey	capital, ZM	87.88%	96.19%
Oaxaca		15.54%	13.34%
Oaxaca	capital, ZM	15.54%	13.34%
Puebla		51.18%	92.71%
Puebla-Tlaxcala	capital, ZM	46.03%	88.06%
Tehuacán	ZM	5.16%	4.65%
Querétaro		72.88%	95.42%
Querétaro	capital, ZM	59.73%	76.04%
San Juan del río		13.15%	19.38%
Quintana Roo		70.12%	69.67%
Cancún	ZM	51.32%	56.66%
Othón p. Blanco	capital	18.81%	13.01%
San Luis Potosí		40.03%	83.00%
San Luis Potosí- Soledad	capital, ZM	40.03%	83.00%
Sinaloa		71.80%	92.78%
Ahome		14.98%	17.42%

Culiacán	capital	30.78%	48.40%
Guasave		10.34%	5.00%
Mazatlán		15.70%	21.96%
Sonora		53.09%	65.50%
Cajeme		15.50%	10.68%
Hermosillo	capital	29.40%	49.52%
Nogales		8.20%	5.30%
Tabasco		44.26%	41.02%
Villahermosa	capital, ZM	33.19%	25.06%
Cárdenas		11.07%	15.97%
Tamaulipas		84.71%	97.74%
Tampico	ZM	26.36%	43.54%
Reynosa-Río Bravo	ZM	21.72%	36.31%
Matamoros	ZM	15.09%	8.19%
Nuevo Laredo	ZM	11.76%	5.47%
Victoria	capital, ZM	9.79%	4.24%
Tlaxcala		42.75%	64.87%
Tlaxcala-Apizaco	capital, ZM	42.75%	64.87%
Veracruz de Ignacio de la Llave		44.45%	87.05%
Veracruz	ZM	10.45%	23.25%
Xalapa	capital, ZM	8.58%	4.94%
Poza Rica	ZM	6.74%	9.03%
Orizaba	ZM	5.36%	5.57%
Minatitlán	ZM	4.66%	15.34%
Coatzacoalcos	ZM	4.53%	25.23%
Córdoba	ZM	4.13%	3.70%
Yucatán		49.54%	88.96%
Mérida	capital, ZM	49.54%	88.96%
Zacatecas		33.95%	44.46%
Zacatecas-Guadalupe	capital, ZM	19.63%	20.58%
Fresnillo		14.33%	23.88%

FUENTE: Elaboración propia en base a datos de INEGI

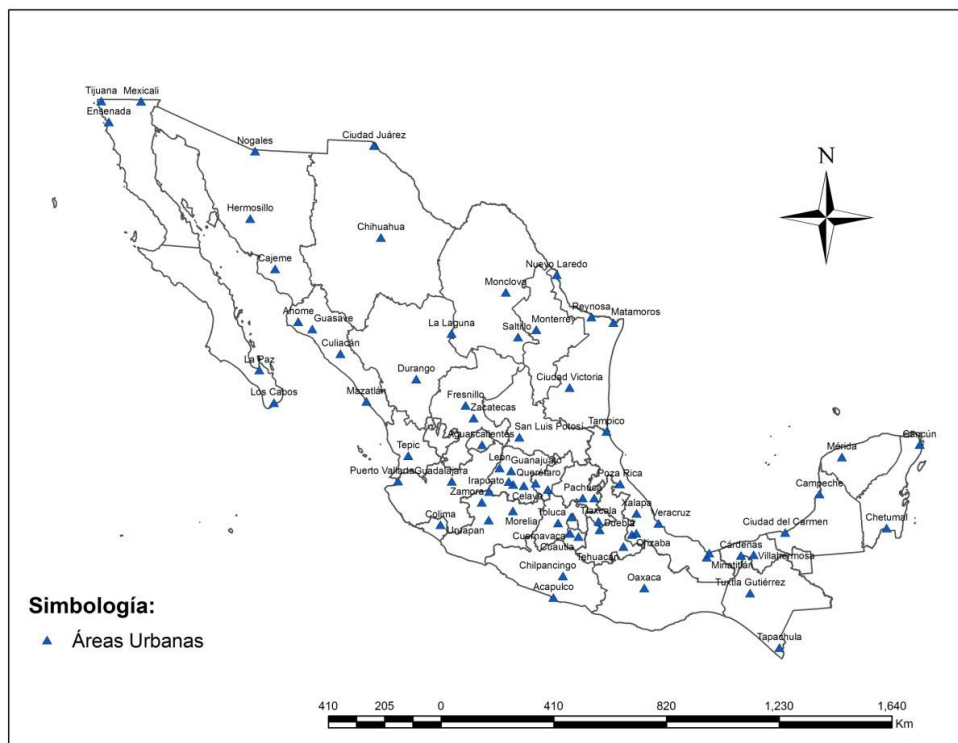
Del Cuadro 6 se desprenden varias cosas interesantes. Por ejemplo, las capitales concentran el 47 por ciento de la producción total de sus estados, es decir, cerca de la mitad de la producción de cada estado es aportada por la capital. Esto significa que 32 áreas urbanas aportan el 31 por ciento de la producción total del país en 2008, mientras que las zonas metropolitanas, 45 en este caso, aportan el 68 por ciento de la producción del país.

Ahora bien, se observa que en la mayoría de los casos, la concentración de la producción es mayor que la concentración de la población, es decir que en esas

áreas urbanas existe mayor productividad con respecto al resto de los municipios del país. Destaca el hecho de que donde existe mayor productividad es en los estados del norte, mientras que las que tienen resultados más bajos son las ciudades del sur del país.

En la Figura 3 se muestra la localización de las 71 áreas urbanas mostrando una evidente aglomeración en el centro del país, en los estados más grandes hay menos áreas urbanas que en los estados del centro.

Figura 3. Localización geográfica de las 71 áreas urbanas



FUENTE: Elaboración propia en base a datos de INEGI

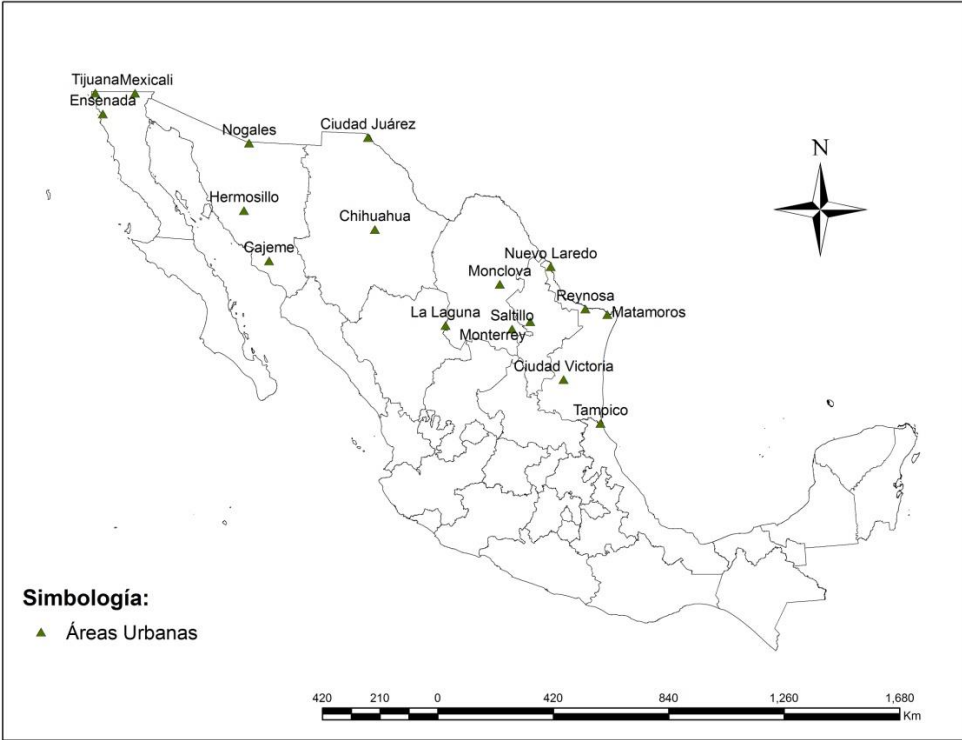
3.3. ESTRATIFICACIÓN

La evidencia en la literatura muestra que entre el norte, el sur y el centro del país existen grandes diferencias. Según Esquivel (2000) las regiones Capital y Norte han sido históricamente las zonas con un mayor ingreso *per cápita* promedio, mientras

que las regiones Centro y Sur han sido las más pobres a lo largo del periodo de su estudio que abarca de 1940 a 1995. El autor también subraya que la zona Pacífico ha avanzado consistentemente desde 1940, mientras que la zona Centro-Norte ha perdido prominencia económica.

Teniendo entonteces un mayor crecimiento en los últimos 55 años en las ciudades del norte, y en este mismo periodo las peores tasas de crecimiento económico en las ciudades del sur, es pertinente dividir en región norte y región sur para analizar el efecto de la infraestructura. Para esto se analizan por separado las áreas urbanas de los estados de la frontera norte como se muestra en la Figura 4 (Baja California, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas) y las de los estados del Sur y Golfo (Figura 5).

Figura 4. Localización geográfica de las áreas urbanas de la Frontera Norte

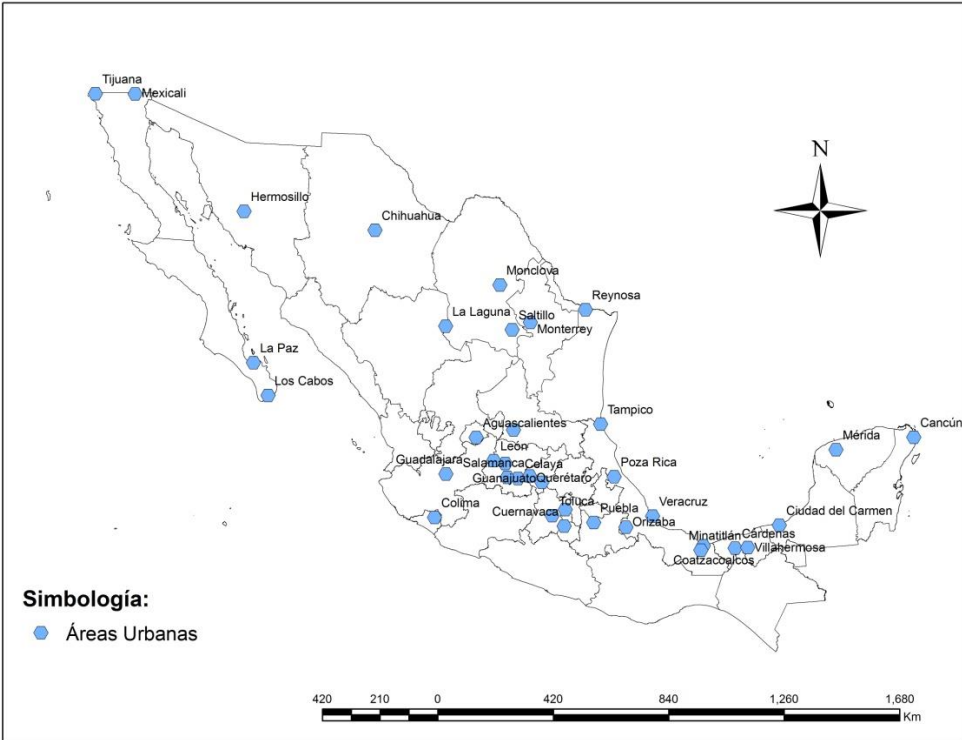


FUENTE: Elaboración propia en base a datos de INEGI

Los estados del golfo (Veracruz, Tabasco y Campeche) presentan tasas de crecimiento muy superiores a las de los estados del sur (Guerrero, Oaxaca y Chiapas) dado que están impulsadas por el efecto del petróleo de la región. Los

Hermosillo, La Laguna, La Paz, León, Los Cabos, Mérida, Mexicali, Minatitlán, Monclova, Monterrey, Orizaba, Poza Rica, Puebla, Querétaro, Reynosa, Salamanca, Saltillo, San Juan del río, San Luis Potosí, Tampico, Tijuana, Toluca, Valle de México, Veracruz y Villahermosa, mismos que son representados en la Figura 6. Destaca en dicha figura que son las áreas urbanas localizadas alrededor de la Ciudad de México, las de los estados del golfo y las capitales de la frontera norte.

Figura 6. Localización geográfica de las áreas urbanas de mayor ingreso

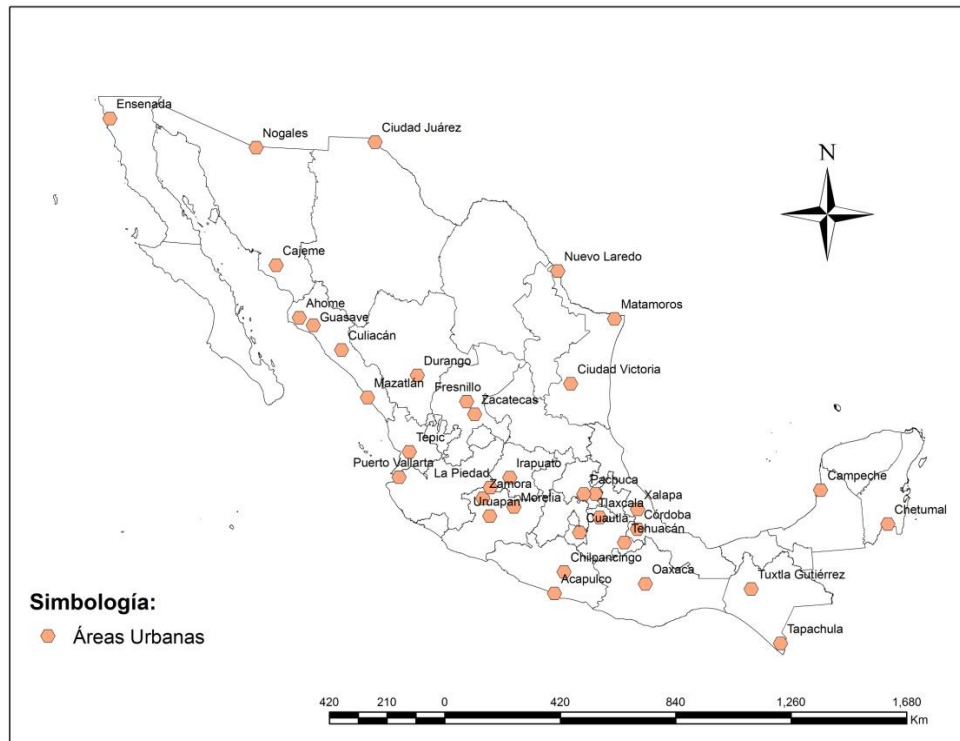


FUENTE: Elaboración propia en base a datos de INEGI

El grupo de menores ingresos está formado por: Acapulco, Ahome, Cajeme, Campeche, Chetumal, Chilpancingo, Ciudad Juárez, Ciudad Victoria, Córdoba, Cuautla, Culiacán, Durango, Ensenada, Fresnillo, Guasave, Irapuato, La Piedad, Matamoros, Mazatlán, Morelia, Nogales, Nuevo Laredo, Oaxaca, Pachuca, Puerto Vallarta, Tapachula, Tehuacán, Tepic, Tlaxcala, Tulancingo, Tuxtla Gutiérrez, Uruapan, Xalapa, Zacatecas y Zamora.

En la Figura 7, donde se representa la localización de las 35 áreas urbanas con menores ingresos, destacan dos claros patrones: la localización de áreas urbanas a lo largo de las zonas costeras y la ubicación de un eje de ciudades a lo largo de la frontera norte.

Figura 7. Localización geográfica de las áreas urbanas de menor ingreso



FUENTE: Elaboración propia en base a datos de INEGI

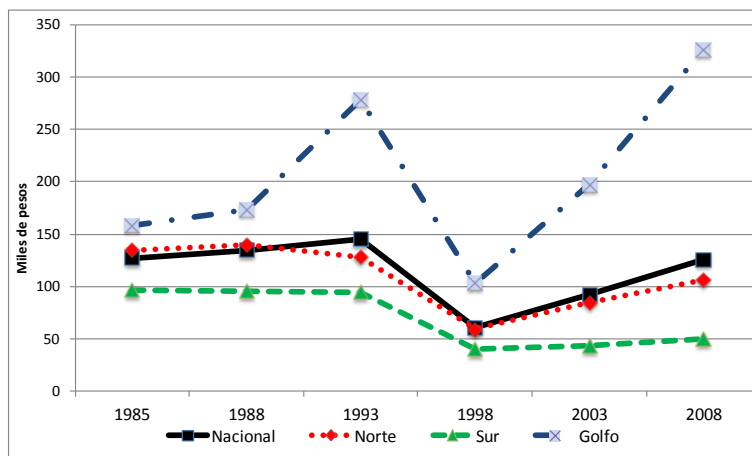
Finalmente, el último grupo construido es el de las capitales. Este grupo concentra cerca del 50 por ciento de la producción estatal y 18 de las 32 pertenecen a la clase de las de mayores ingresos. Otra característica es que concentran la mayoría de los servicios, como los de gobierno y educación, lo que hace atractivo valorar si esto hace la diferencia en cuanto a desempeño económico.

3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO EXPLORATORIO

3.4.1. Datos económicos

Para analizar los datos económicos la región Sur-Golfo se tratará por separado. La Figura 8 muestra el comportamiento del ingreso por personal ocupado en promedio en las regiones, donde se aprecia que aún no se recuperan de la crisis de 1995.

Figura 8. Evolución del ingreso por personal ocupado por región

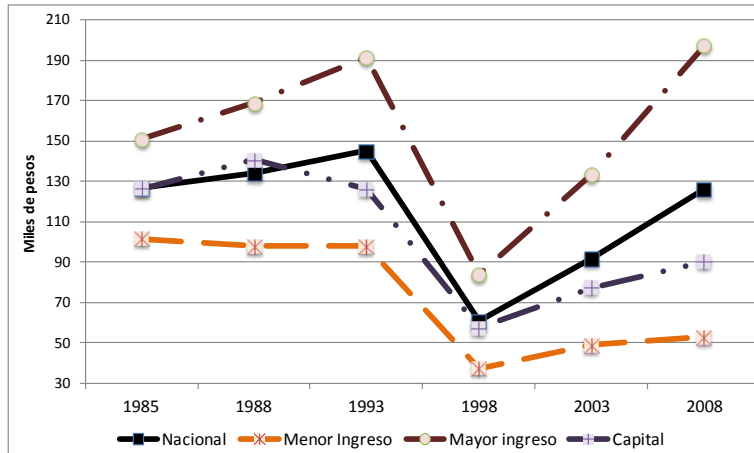


FUENTE: Elaboración propia

También se aprecia el alto crecimiento de la región Golfo impulsada por sus actividades petroleras y que creció la diferencia entre las regiones, el crecimiento de la variable ha sido mayor en la región Norte que en la región Sur. De continuar esa tendencia la desigualdad regional no será vea disminuida.

En el caso de los grupos por ingresos y capitales se muestran tendencias similares pero los resultados finales son distintos (Figura 9). La crisis de 1995 afectó más a los de mayor ingreso, sin embargo su recuperación fue más rápida y ya se encuentran con niveles superiores que al inicio del periodo de estudio. La recuperación del grupo de menores ingresos fue lenta al igual que la de las capitales, la brecha entre los de mayores ingresos y los de menores ingresos se incrementó tres veces.

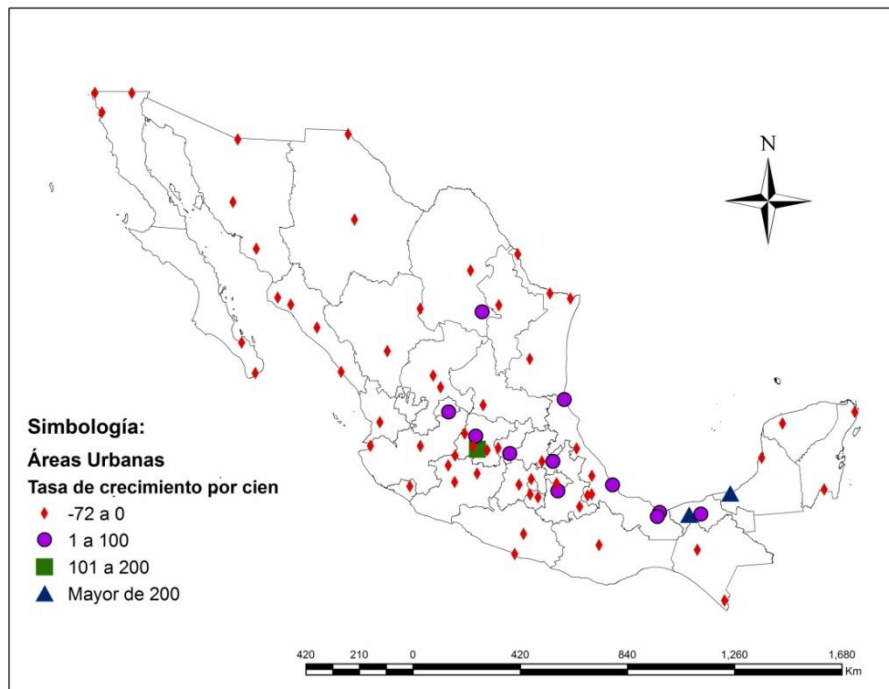
Figura 9. Evolución del ingreso por personal ocupado por patrón



FUENTE: Elaboración propia

En la Figura 10 se muestra la tasa de crecimiento total del periodo de las 71 áreas urbanas, los resultados indican que la mayoría aún no se recupera de los efectos de la crisis económica. Sin contar los municipios petroleros, destacan por su crecimiento Saltillo, Aguascalientes, Guanajuato, San Juan del Rio, Puebla y Tampico.

Figura 10. Tasa de crecimiento del ingreso por personal ocupado promedio en las áreas urbanas de 1985 a 2008

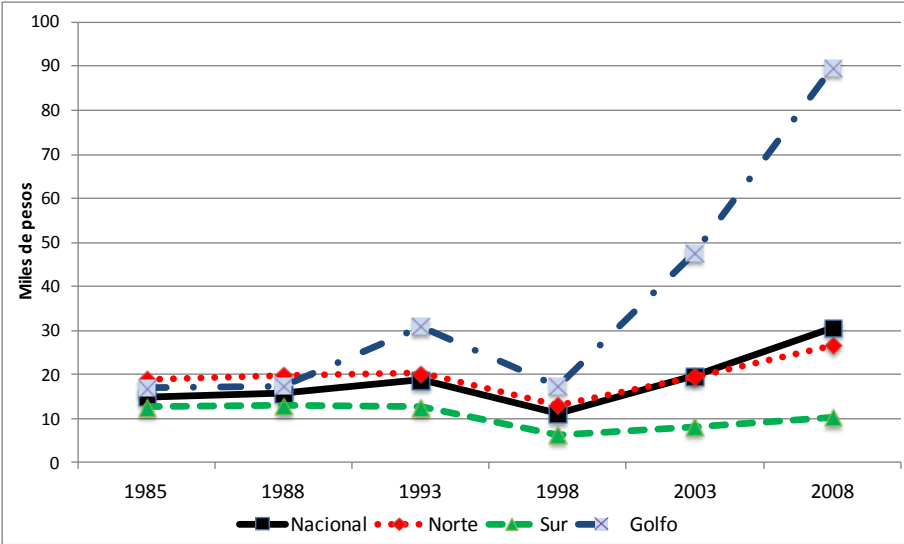


FUENTE: Elaboración propia en base a datos de INEGI

En cuanto a los ingresos por total de habitantes (*per cápita*) los resultados son similares a la variable anterior, sin embargo son más suavizados, así lo demuestran las Figuras 11 y 12. Cabe destacar que la brecha entre los grupos de mayores ingresos y los de menores ingresos es del doble a inicios del periodo, mientras que es casi cuatro veces superior al final del periodo. También se aprecia que solamente la región Sur promedió un nivel de ingreso *per cápita* menor al del año inicial, 1985, además muestra una tendencia débil cuando el resto de regiones mantiene una tendencia fuerte de crecimiento.

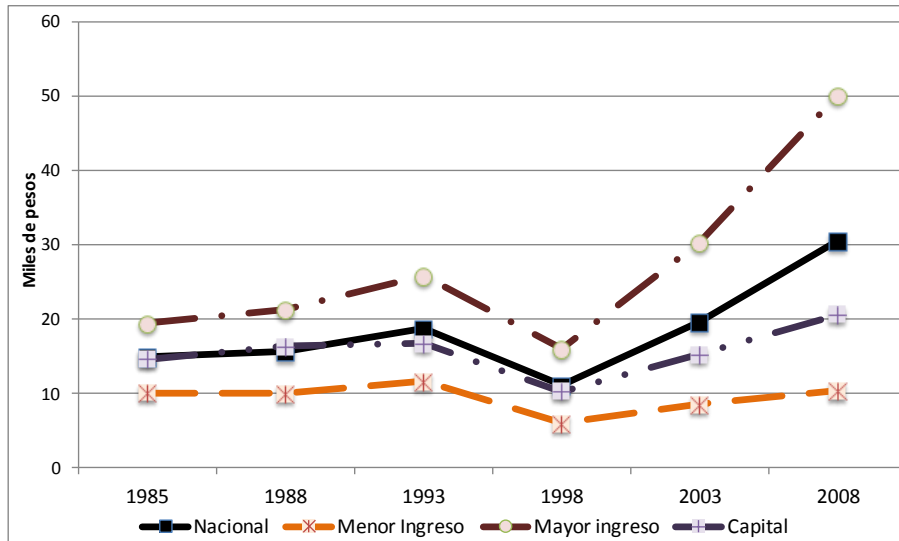
Los ingresos por habitante no se vieron tan afectados como los ingresos por personal ocupado ya que el número de áreas urbanas con pérdida son menores tal y como se muestra en la Figura 13. Hay mayor cantidad de áreas urbanas que presentaron un crecimiento en el total del periodo. La Ciudad de México es la única en el centro del país con tasa negativa, para esta variable la crisis afectó más a las áreas urbanas cercanas a la costa del pacífico.

Figura 11. Evolución del ingreso por habitante por región



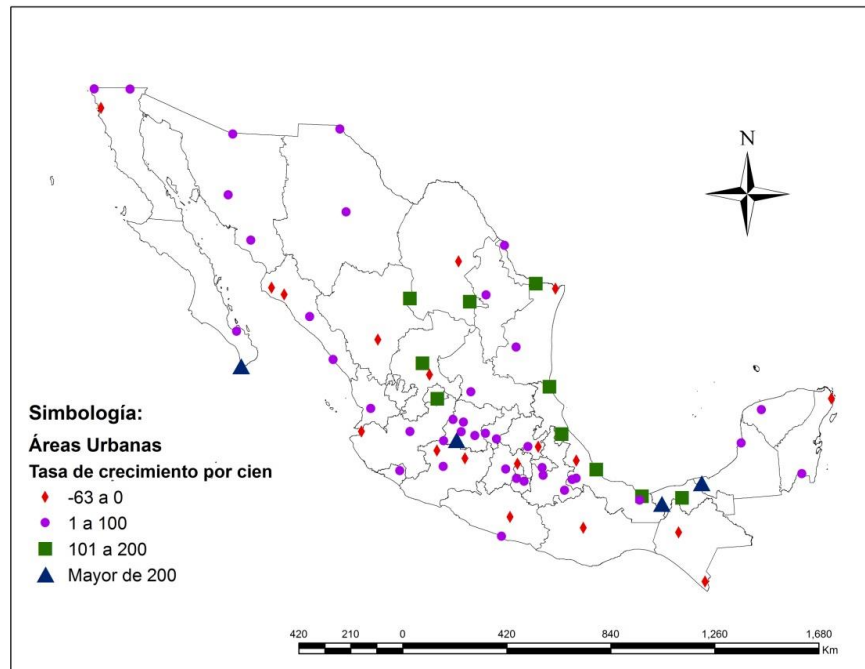
FUENTE: Elaboración propia

Figura 12. Evolución del ingreso por habitante por patrón



FUENTE: Elaboración propia

Figura 13. Tasa de crecimiento del ingreso por población total en las áreas urbanas de 1985 a 2008

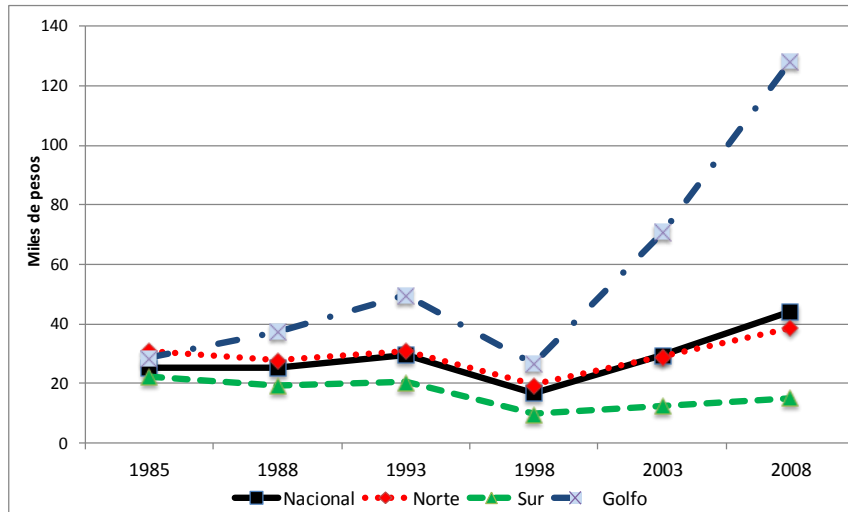


FUENTE: Elaboración propia en base a datos de INEGI

Una última variable dentro de esta categoría de ingresos es el ingreso por habitante mayor de 15 años. Gráficamente las tendencias son las mismas como se muestra en las figuras 14 y 15, el crecimiento es menor en todas las categorías. La

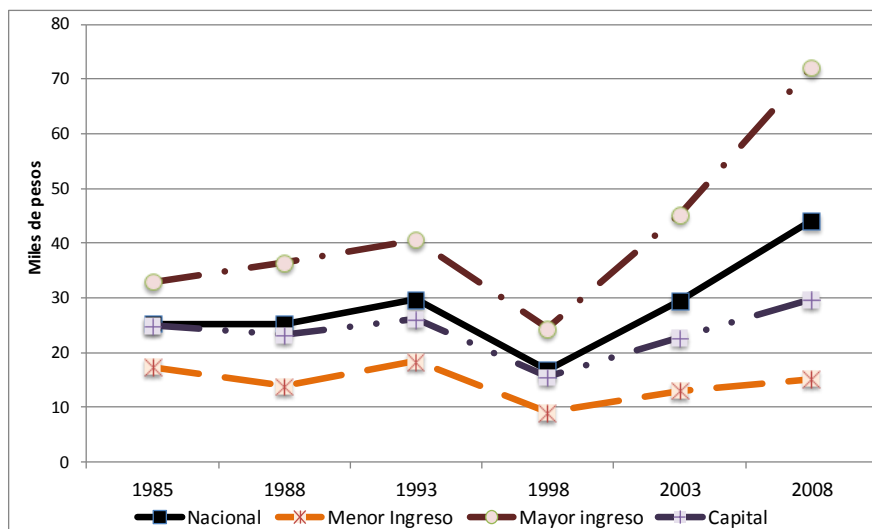
brecha entre el Norte y el Sur es ligeramente mayor con este indicador, así como entre los grupos de mayores y menores ingresos.

Figura 14. Evolución del ingreso por habitante mayor de 15 años por región



FUENTE: Elaboración propia

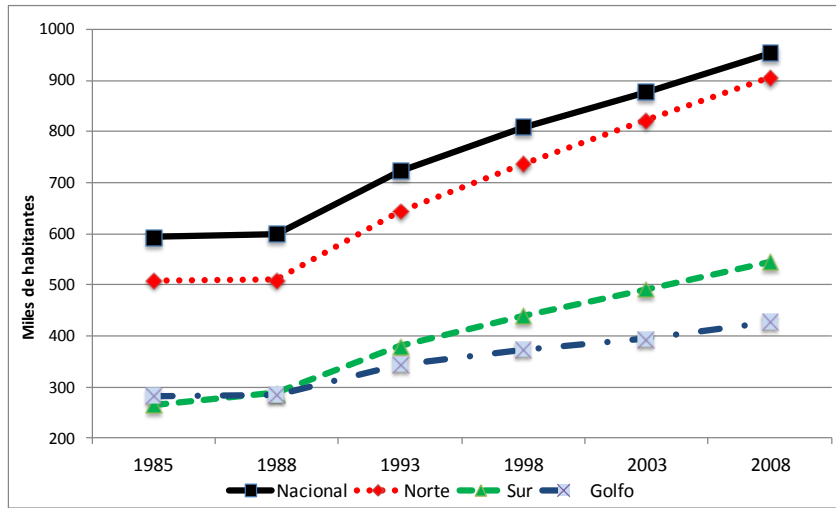
Figura 15. Evolución del ingreso por habitante mayor de 15 años por patrón



FUENTE: Elaboración propia

El caso del crecimiento de la población por categorías es en todas creciente, sin embargo es de subrayar que en la región Golfo es menor así como en la región Sur. La región Norte presentó un crecimiento ligeramente superior al nacional como se muestra en la Figura 16 al igual que la región Sur.

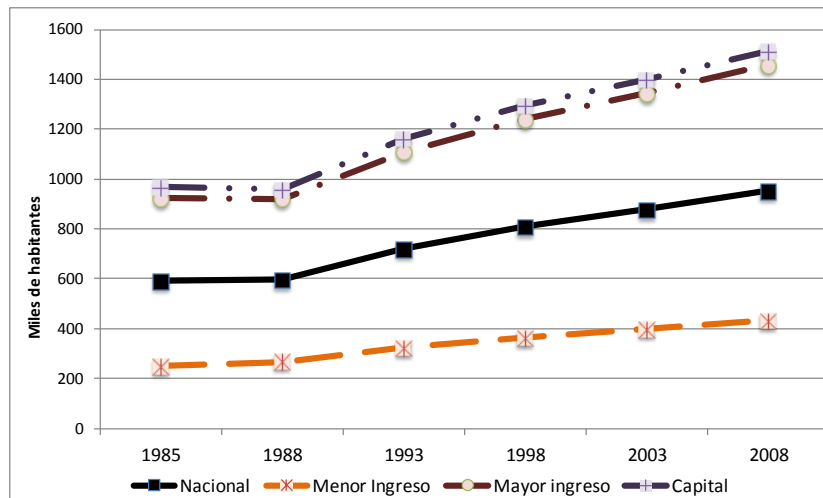
Figura 16. Evolución de la población total por región



FUENTE: Elaboración propia

Respecto al grupo de menores ingresos el promedio de población es cerca de 4 veces menor que en las áreas urbanas que pertenecen al grupo de mayores ingresos y con un crecimiento discreto como se muestra en la Figura 17.

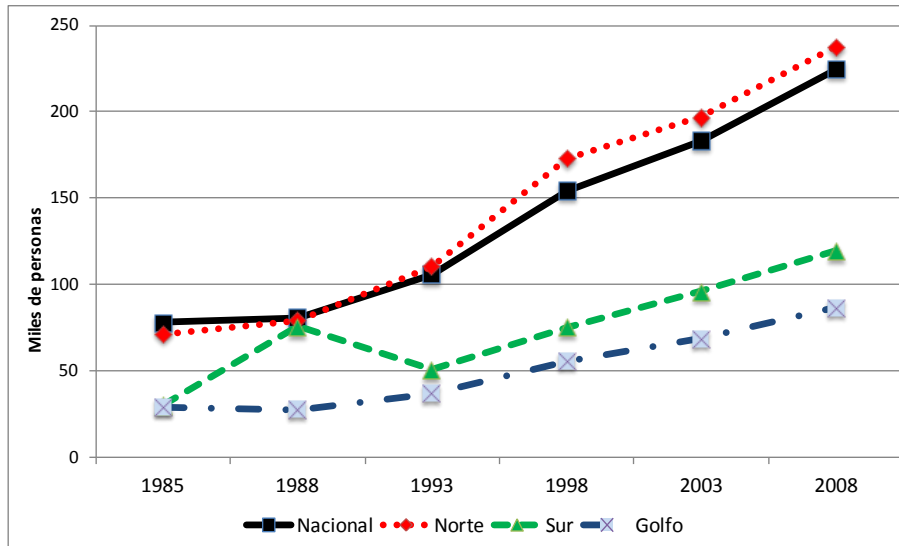
Figura 17. Evolución de la población total por patrón



FUENTE: Elaboración propia

El personal ocupado tiene un comportamiento distinto a la población total ya que su tasa de crecimiento es superior. Solo en el Sur la tasa de crecimiento poblacional es más alta que la tasa de crecimiento de la población ocupada. Se muestra en la Figura 18 cómo la zona norte crece rápidamente respecto a la región sur, motivo que puede seguir acrecentando las desigualdades regionales.

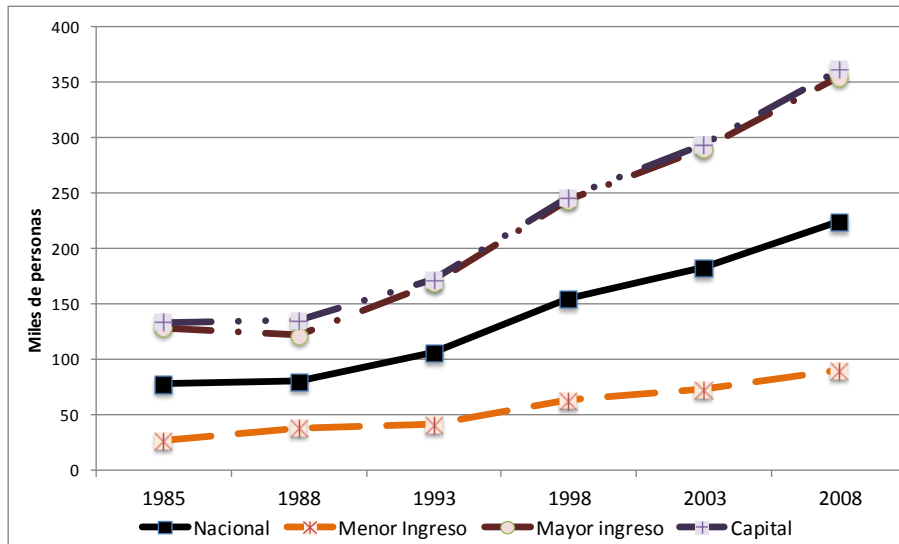
Figura 18. Evolución de la población ocupada promedio por región



FUENTE: Elaboración propia

La brecha en la Figura 19 entre los grupos de mayores y menores ingresos se abre en mayor medida que cuando se analiza la población total.

Figura 19. Evolución de la población ocupada promedio por patrón



FUENTE: Elaboración propia

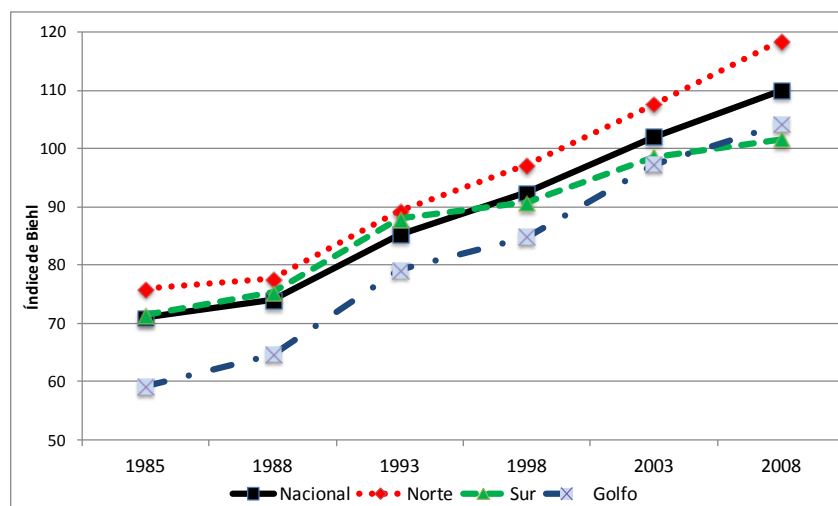
Resalta que las capitales tienen un comportamiento idéntico al grupo de mayores ingresos evidenciando que no solo existe una creciente desigualdad entre la región norte y sur sino que las áreas urbanas de mayor ingreso crecen en ingresos y personal ocupado mientras que las de menor ingreso crecen lentamente generando desigualdad también en éstas.

3.4.2 Datos de infraestructura

La infraestructura social medida a través de índices sintéticos se refiere a la infraestructura productiva dirigida principalmente a la sociedad, ya que al mejorar las condiciones de vivienda de los individuos se mejoran sus habilidades y sus capacidades. Esta categoría comprende aspectos como agua, luz y drenaje. Por su parte, otro de los índices sintéticos es la infraestructura carretera, la cual comprende las distintas clases de caminos y autopistas construidas. Con ambos indicadores se forma el indicador de infraestructura global.

La Figura 20 muestra a la región Golfo como la de menos dotación de infraestructura social y a pesar de su tendencia creciente la brecha entre las regiones no disminuyó. El caso de la región Sur sobresale al tener una pobre evolución poniéndose como la región con menos crecimiento. Se aprecia que la región norte es la que está mejor dotada y a pesar de que en algunos periodos la diferencia entre las regiones se redujo, el patrón visual sugiere que permanecerá la desigualdad si la región sur no crece a mayores tasas.

Figura 20. Evolución del Índice de Infraestructura Social por región

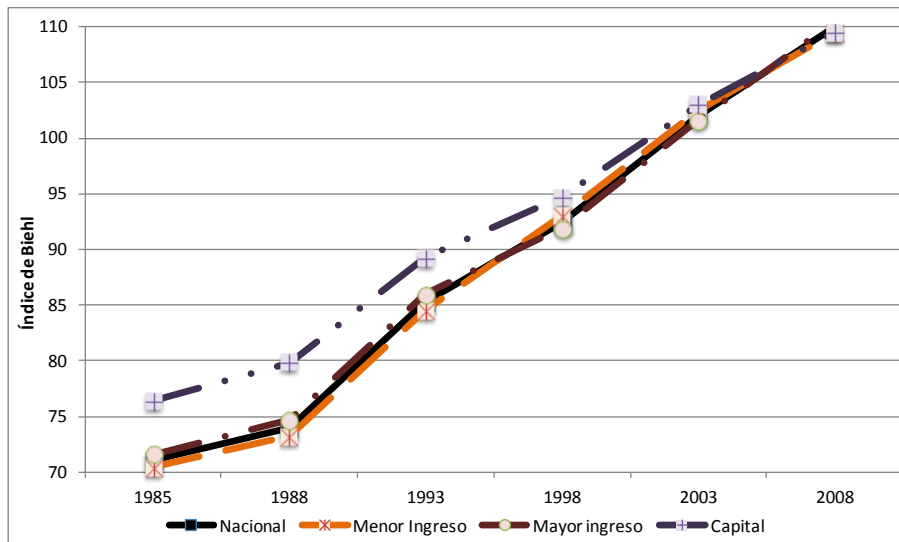


FUENTE: Elaboración propia

Para el caso de la segmentación entre áreas urbanas de mayores y menores ingresos y las capitales, representadas gráficamente en la Figura 21, parece haber

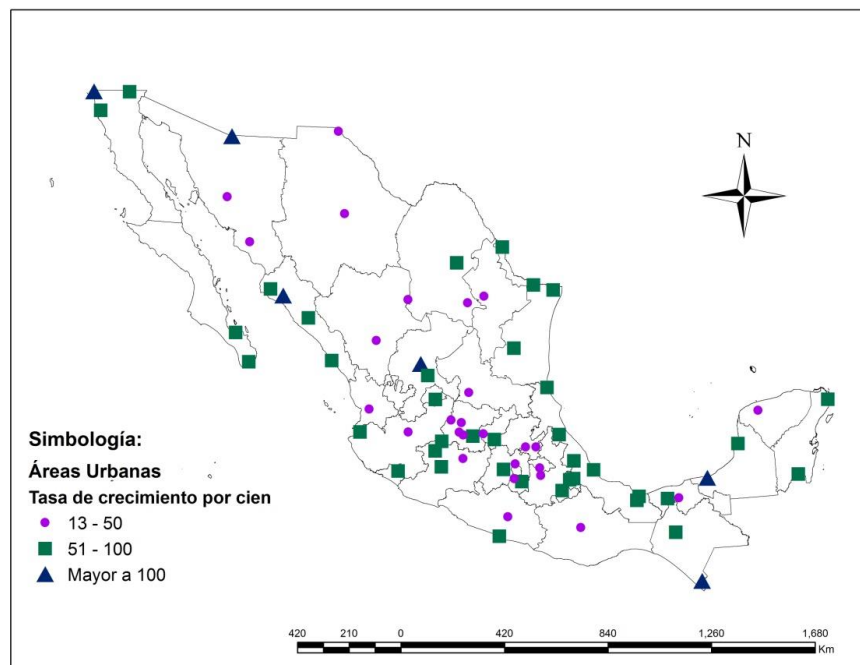
una tendencia hacia la convergencia. Las capitales presentaban una mejor dotación al inicio del periodo por lo que su tasa de crecimiento se redujo.

Figura 21. Evolución del Índice de Infraestructura Social por patrón



FUENTE: Elaboración propia

Figura 22. Tasa de crecimiento del índice de infraestructura social en las áreas urbanas de 1985 a 2008



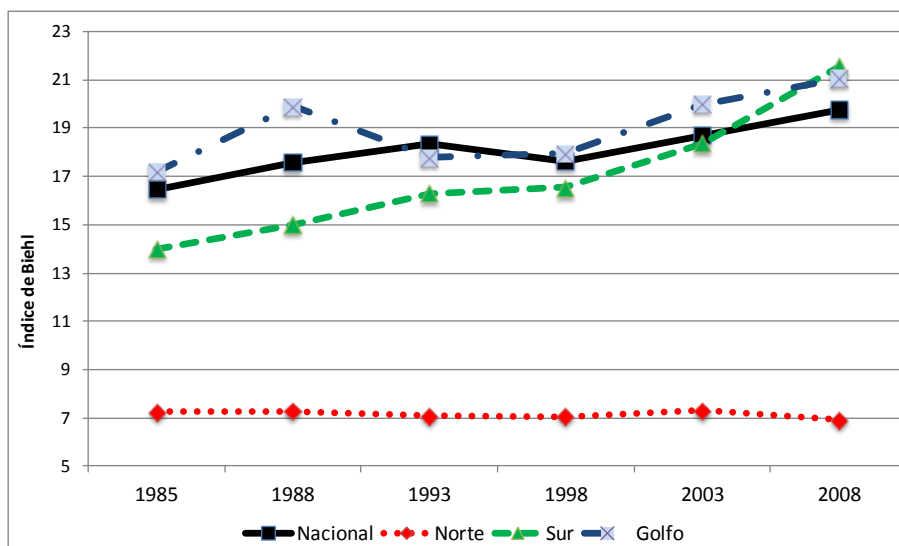
FUENTE: Elaboración propia en base a datos de INEGI

En la Figura 22 se muestra una tendencia interesante, contraria al crecimiento de los ingresos, las áreas cercanas a las costas presentaron un mayor

crecimiento en infraestructura social tomando en cuenta todo el periodo, mientras que en la frontera y en el centro del país la tasa fue menor.

En la Figura 23 sobresale el nulo crecimiento en carreteras e incluso negativo en la región Norte mientras que al Sur y el golfo presenta una mayor dotación y mayores tasas de crecimiento en infraestructura de transporte. Es un resultado que podría esperarse ya que las áreas urbanas de la frontera norte del país tienen menores conexiones carreteras por causa de lo extenso del territorio de estos estados, no siendo el mismo caso en la región Sur, ya que existe una mayor cantidad de ciudades en esa región que pueden ser conectadas mediante inversiones carreteras.

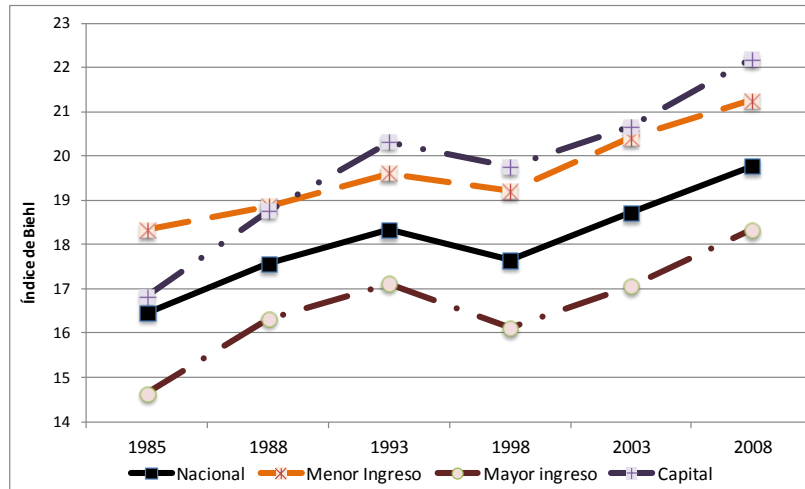
Figura 23. Evolución del Índice de Infraestructura Carretera por región



FUENTE: Elaboración propia

La división por categorías de ingresos y capitales tiene resultados aún más interesantes que se muestran en la Figura 24 pues son las de menor ingreso las que tienen mayor dotación de carreteras, si bien la brecha se cierra cada vez más ya que todos tienen tendencia creciente aún existe una gran diferencia de dotaciones. Por su parte, las capitales son las que mayor dotación y crecimiento han mostrado en todas las clasificaciones, esto es congruente al ser el centro administrativo de cada entidad federativa.

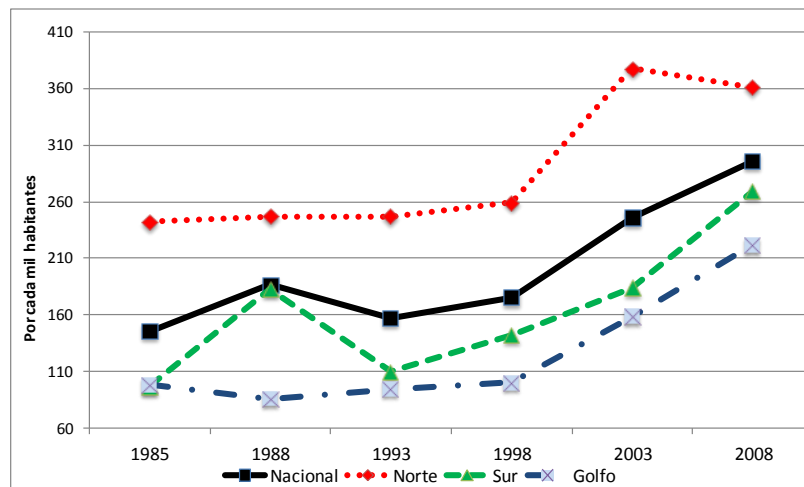
Figura 24. Evolución del Índice de Infraestructura Carretera por patrón



FUENTE: Elaboración propia

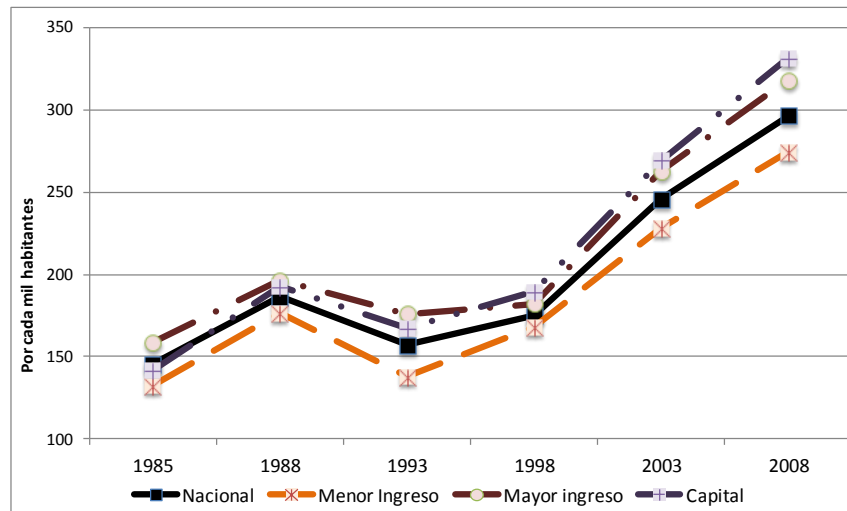
El número de automóviles por cada mil habitantes puede servir como una variable para aproximar las avenidas, la congestión y el tráfico dentro de cada área urbana. Los resultados se muestran en las Figuras 25 y 26. El Norte presenta una elevada cantidad de automóviles registrados siendo cerca del doble que en el Sur y el Golfo. En los grupos por ingresos se presentan tendencias similares habiendo más en las de mayor ingreso, sin embargo las capitales tienen una cantidad ligeramente superior a las de los de mayor ingreso.

Figura 25. Evolución del número de automóviles por cada mil habitantes por región



FUENTE: Elaboración propia

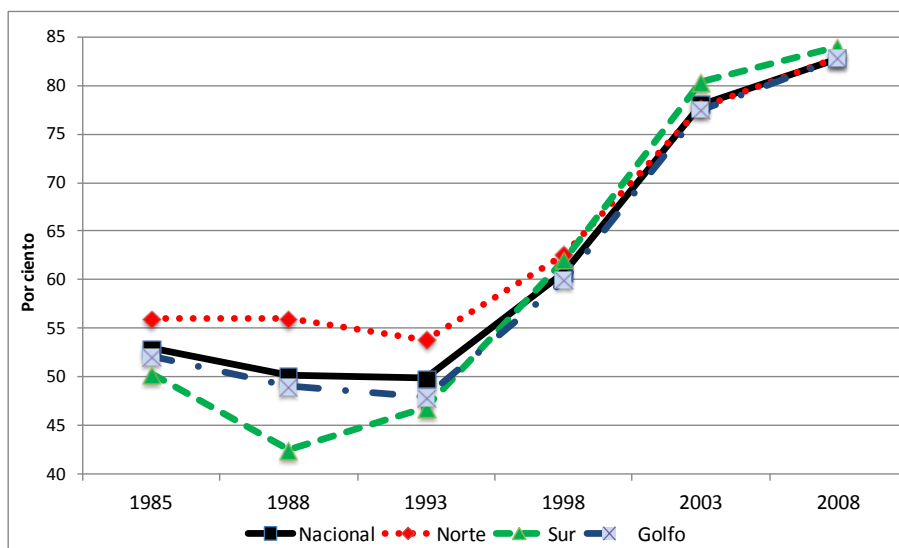
Figura 26. Evolución del número de automóviles por cada mil habitantes por patrón



FUENTE: Elaboración propia

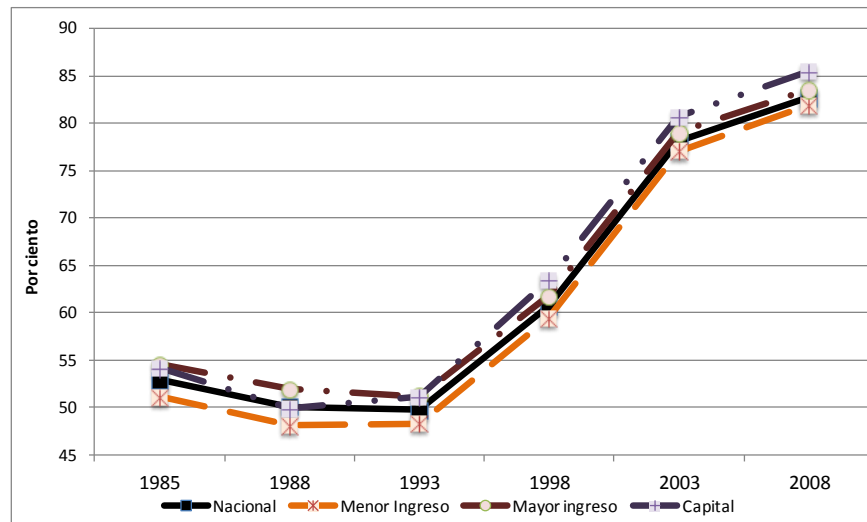
En relación al capital humano, en las figuras 27 y 28 aparece la misma tendencia entre las regiones que se comparan, teniendo un comportamiento similar, especialmente los tres periodos: lento crecimiento durante los años ochenta y crecimiento elevado después de 1993. Esto puede explicarse por la forma en que se construye el indicador, ya que la matrícula de educación secundaria ha incrementado mientras que la tasa de crecimiento poblacional se ha visto reducida en los años noventa.

Figura 27. Evolución del índice de capital humano por región



FUENTE: Elaboración propia

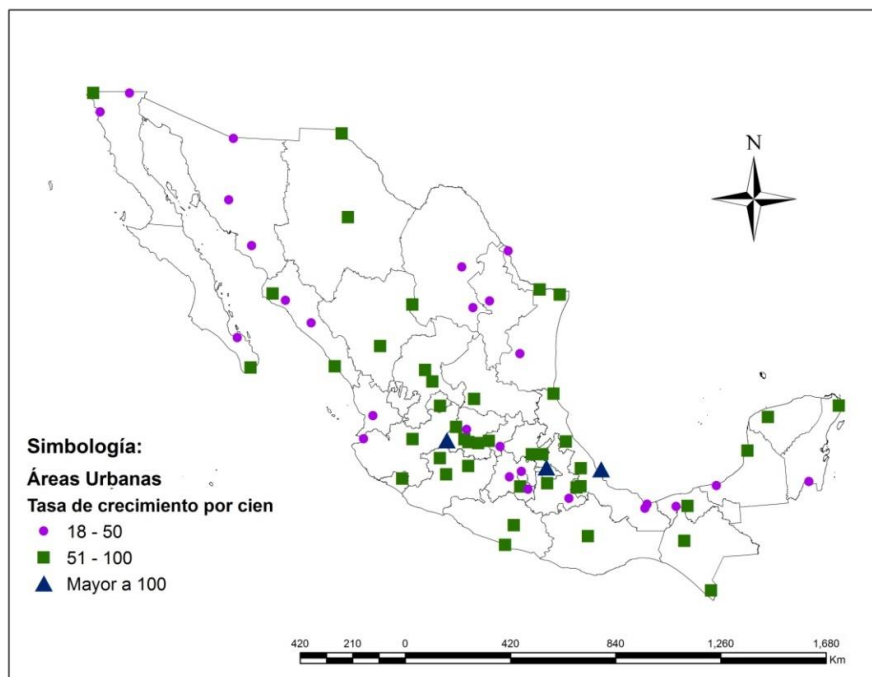
Figura 28. Evolución del índice de capital humano por patrón



FUENTE: Elaboración propia

A pesar de que las figuras anteriores muestran tendencias similares, en la Figura 29 se aprecian algunos estados como Sonora, Coahuila y Nuevo León, donde todas sus unidades tuvieron bajo crecimiento en comparación al resto.

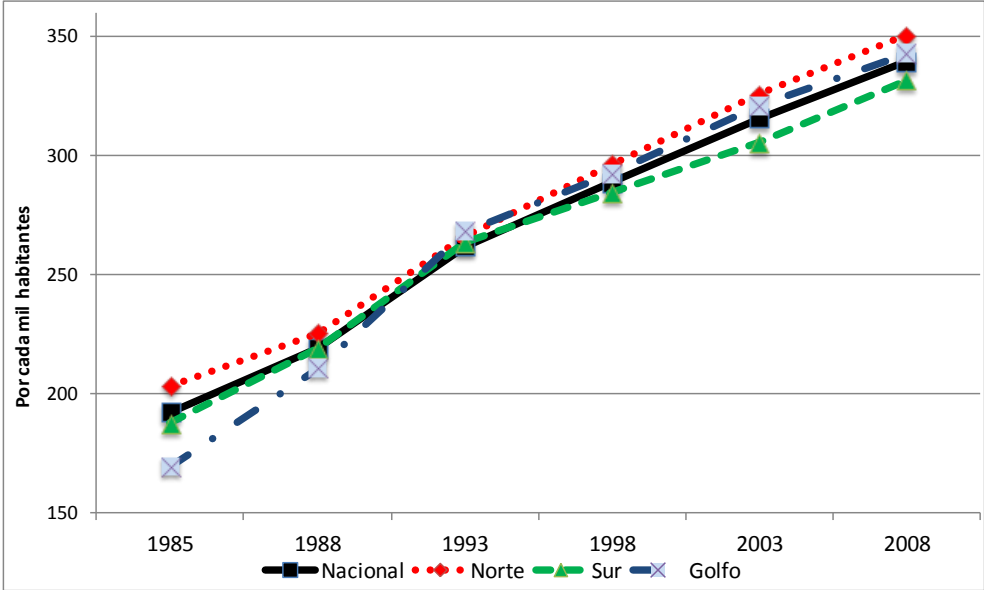
Figura 29. Tasa de crecimiento del capital humano en las áreas urbanas de 1985 a 2008



FUENTE: Elaboración propia en base a datos de INEGI

Ahora se presentan los resultados de la infraestructura en términos parciales, lo cual ayuda a identificar qué tipo de infraestructura tienen un mayor efecto según las regiones y según su nivel de ingresos. La infraestructura en Drenaje fue la de menor dotación en todas las áreas urbanas al inicio del periodo de estudio, donde la región Golfo era la más rezagada y la región Norte la que contaba con mayor dotación, particularidad que sigue conservando durante todo el periodo de estudio como se puede notar en la Figura 30, sin embargo la diferencia entre ellas disminuye ligeramente, aunque la región Sur parece no poder disminuir esa diferencia en la dotación de servicio de Drenaje.

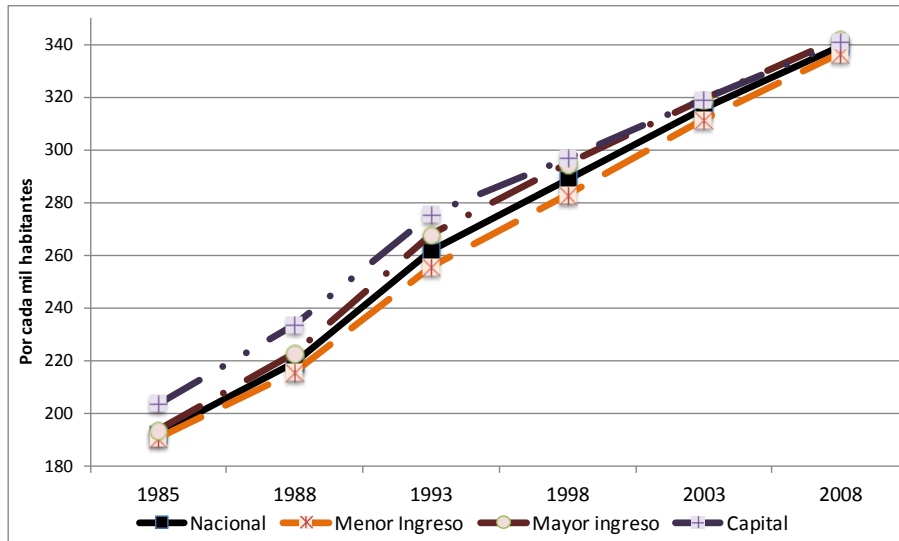
Figura 30. Evolución de la dotación de infraestructura de drenaje por región



FUENTE: Elaboración propia

En la Figura 31 se muestran tendencias similares. Las capitales contaban con mayores dotaciones de Drenaje, la dotación en las áreas urbanas de mayores y menores ingresos fue similar a lo largo del periodo con una tendencia a disminuir esa divergencia. El comportamiento de esta categoría es similar a la del índice sintético de infraestructura social.

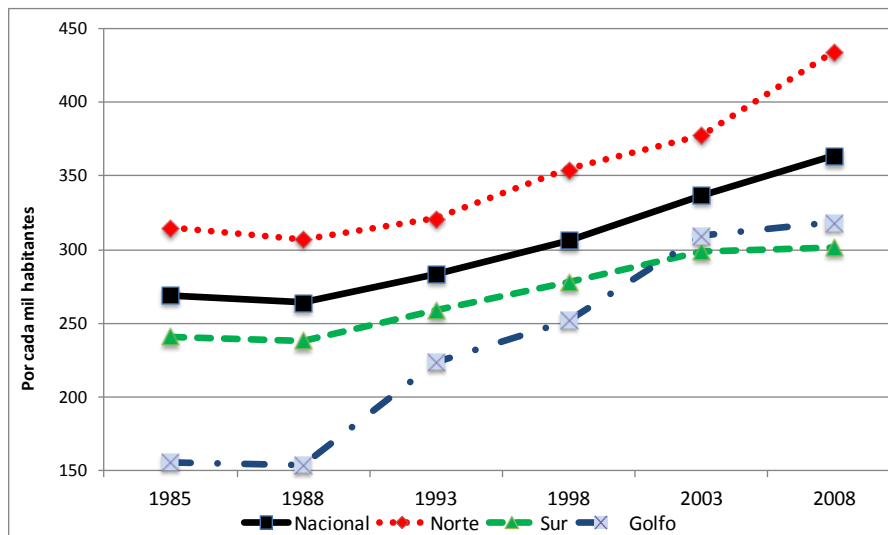
Figura 31. Evolución de la dotación de infraestructura de drenaje por patrón



FUENTE: Elaboración propia

En cuanto a la variable Agua, su comportamiento sí tuvo variaciones entre las categorías. En la Figura 32 aparece la región Norte con una mayor dotación de dicha infraestructura y con una tendencia creciente. Dado que el resto de regiones no crece de igual manera se va acrecentando la brecha entre ellas. La región Golfo tuvo un comportamiento creciente, duplicó su dotación, sin embargo aún está lejos de la dotación de la región Norte, donde el clima semidesértico hace necesaria un mayor aprovechamiento de las infraestructuras de agua.

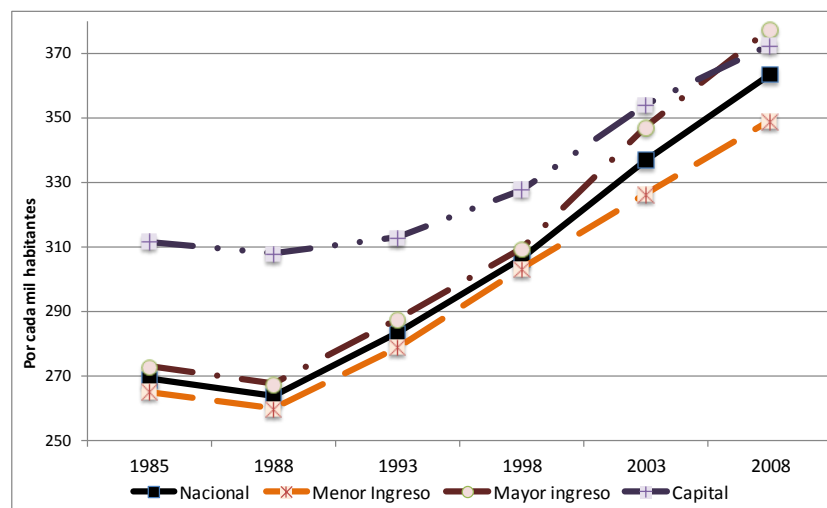
Figura 32. Evolución de la dotación de infraestructura de agua entubada por región



FUENTE: Elaboración propia

En la Figura 33 las capitales son las de mayor dotación pero su crecimiento ha sido menor al del resto de los grupos. Las áreas de mayor ingreso son las de mayor cobertura y crecimiento, superando en el último periodo a las capitales. Sin embargo, ambas (capitales y de mayor ingreso) incrementan la diferencia respecto a las áreas urbanas de menores ingresos, las que a pesar de tener un crecimiento constante no resulta suficiente para disminuir las desigualdades de dotación.

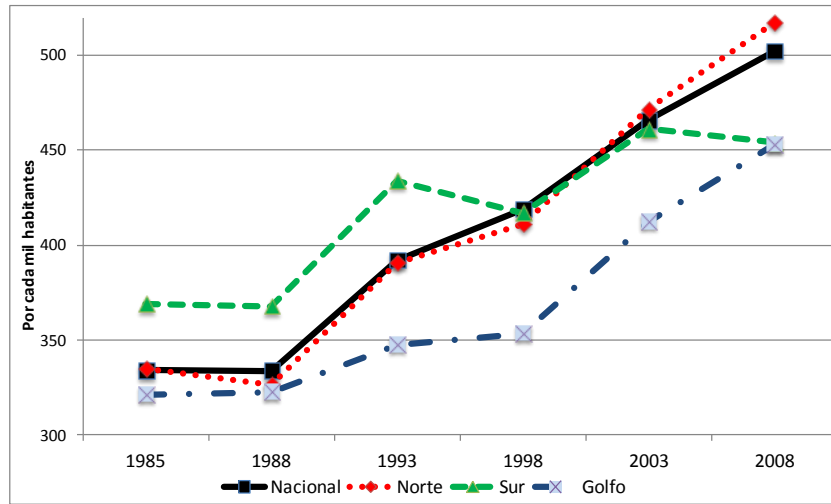
Figura 33. Evolución de la dotación de infraestructura de agua entubada por patrón



FUENTE: Elaboración propia

Finalmente, de las tres categorías la infraestructura eléctrica fue de las que tiene el comportamiento más irregular. Se aprecia en la Figura 34 cómo la región Sur tenía la mayor dotación de infraestructura eléctrica al principio del periodo de análisis y a pesar de tener un comportamiento creciente la región Norte tuvo un mayor crecimiento que superó a la región Sur, invirtiendo la brecha de desigualdad. Por último, la región Golfo tiene la menor dotación de las tres durante todo el periodo de estudio.

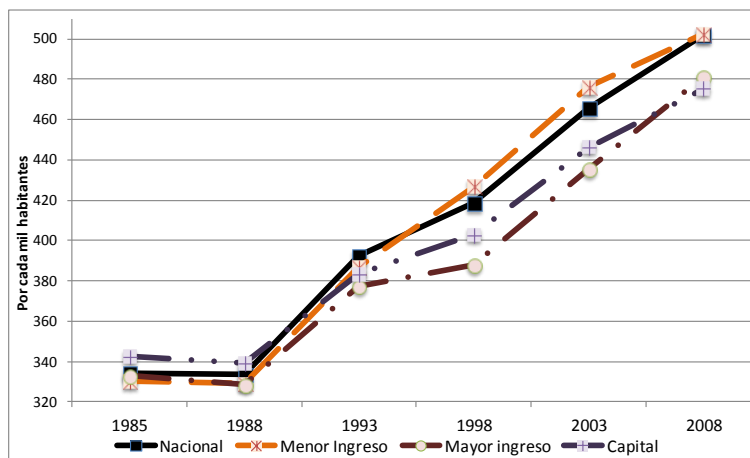
Figura 34. Evolución de la dotación de infraestructura de luz eléctrica por región



FUENTE: Elaboración propia

Por grupos de ingresos el comportamiento es contrario al del resto de las categorías de infraestructura, ya que al inicio del periodo de estudio tienen dotaciones similares y al final del periodo la brecha entre los de menor ingreso se amplía respecto a los de mayor ingreso y las capitales. En la figura 35 se puede ver una tendencia similar a la que se observó al utilizar el índice sintético, esto es debido a que la dotación de energía eléctrica es la más alta de las tres y tiene un mayor peso en el índice sintético.

Figura 34. Evolución de la dotación de infraestructura de luz eléctrica por patrón



FUENTE: Elaboración propia

3.5. CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO

Las agrupaciones muestran una clara diferencia entre la región norte y la región sur, tanto en ingresos como en infraestructura, y aunque han tenido tasas de crecimiento similares las gráficas muestran cómo esta brecha se ha ido incrementando.

También se aprecia en el análisis que las áreas urbanas de la región norte y las áreas urbanas de mayor ingreso así como las capitales son las que cuentan con mayores dotaciones de infraestructura y de ingresos.

En lo que a infraestructura se refiere, el análisis muestra que al inicio del periodo las áreas urbanas carecían mayormente de Drenaje, seguido por el Agua entubada y finalmente por la Energía eléctrica. Las tres tienen tendencias crecientes, sin embargo la dotación de drenaje fue la que más se incrementó a lo largo de todo el periodo.

El incremento en la infraestructura carretera en las distintas agrupaciones ha sido discreto y en el caso de la región norte incluso negativo, el ensanchamiento de la mancha urbana en las áreas urbanas ha incorporado las carreteras a su sistema de avenidas haciendo parecer que las longitudes de las carreteras tienden a reducirse cada vez más en la medida que crece el área urbana.

A la luz del comportamiento visual resulta interesante el hecho de que las infraestructuras tienden a converger en los últimos periodos mientras que los ingresos no lo hacen. En cuanto a ingresos, se acrecienta cada vez más la brecha de desigualdad entre las regiones. Por tanto, es necesario valorar si ese incremento de la infraestructura de las regiones más deprimidas ha sido importante en términos de resultados en cuanto a crecimiento económico.

CAPÍTULO 4. PRUEBAS DE RAÍZ UNITARIA Y COINTEGRACIÓN PARA DATOS DE PANEL EN LA RELACIÓN CRECIMIENTO E INFRAESTRUCTURA

4.1. INTRODUCCIÓN

Una vez descritas las variables a utilizar en el modelo econométrico es conveniente aplicarles pruebas de estacionariedad, ya que las series de datos económicos generalmente contienen tendencias estocásticas que pueden influir en los coeficientes estimados a través de una regresión. Dicha tendencia no puede ser detectada a través de una prueba simple de inspección visual, por lo que se tiene que acudir a herramientas más formales que permiten identificar la forma y evolución de cualquier serie temporal.

Las series temporales que se utilizan en este documento son cortas, sin embargo eso no las excluye de presentar problemas. Existen metodologías para probar raíz unitaria o cointegración para datos de panel. El objetivo de este capítulo es hacer una revisión teórica de las pruebas aplicables a un panel con dimensiones de T (periodos temporales) pequeño y realizar las pruebas empíricas de estacionariedad.

Uno de los problemas originados por la evolución natural de las series de datos es que el método de mínimos cuadrados deja de reportar estimaciones consistentes cuando la correlación serial es importante. Cuando existe este problema, técnicamente se dice que las serie presentan raíces unitarias, es decir, no presenta una conducta estacionaria en el largo plazo (Gujarati, 2004). Tratar con series no estacionarias, o conocidas como $I(1)$ puede arrojar estimaciones sesgadas, que no reflejan la realidad del fenómeno bajo estudio. A tales estimaciones se les conoce como regresiones espurias (Novales, 1993).

Por otro lado, dos variables pueden ser no estacionarias, pero arrojar resultados válidos desde una regresión lineal siempre y cuando su combinación

lineal se halle cointegrada. Es decir, para dos variables que presentan raíz unitaria del mismo orden de integración, por ejemplo $I(1)$, una combinación lineal de ellas puede hacer que sus residuos sean estacionarios $I(0)$, lo que lleva a inferir que hay una relación estable de largo plazo.

Debido a que las variables que se utilizan en esta investigación presentan una tendencia a crecer en el tiempo, será de utilidad práctica aplicarles algunas pruebas para examinar su estacionariedad. Por tanto, el objetivo de este capítulo es verificar que las series de datos que aquí se emplean sean adecuadas para las estimaciones planteadas en el capítulo 2. Se aplicarán pruebas de raíz unitaria y de cointegración para analizar si los resultados de las estimaciones son consistentes. Sin embargo, como consecuencia de las características de los paneles con respecto a T, N y los supuestos de heterogeneidad, existen distintas pruebas para probar raíz unitaria y cointegración. Por tanto, otro de los objetivos de este capítulo es hacer una revisión sobre diferentes pruebas de raíz unitaria y las hipótesis que plantean con este fin. Un recorrido literario es realizado asimismo con los contrastes de cointegración. Por último se ejecutan las pruebas sugeridas y se analizan los resultados.

4.2. EL ENFOQUE DE LA RAÍZ UNITARIA

La técnica econométrica de datos de panel al combinar datos de sección cruzada con series temporales ha beneficiado el estudio de temas macroeconómicos, entre ellos el del crecimiento económico y la convergencia, al ser de fácil aplicación en contextos como países, regiones o por división administrativa. En la medida que la metodología se ha desarrollado se ha elevado también el número de investigaciones que busca aprovechar las ventajas de esta herramienta. Así, se ha posibilitado la realización potencial de estudios donde tanto N (el número de secciones cruzadas de una base de datos) como T (el número de periodos temporales) pueden ser

relativamente pequeños. Al respecto, cuando se tiene N grande y T pequeña la estructura es conocida como micropanel, mientras que cuando N es pequeña y T grande, entonces se tiene un macropanel (Bond et al., 2002). Sin embargo, el tamaño del panel será relativo, según sea el área de estudio y los supuestos que se tengan sobre el tema de estudio.

Se conoce como estacionariedad cuando la función de probabilidad de una variable no cambia con respecto a un desplazamiento en el tiempo. En términos más técnicos, para toda m -tupla (t_1, t_2, \dots, t_m) y cualquier entero k el vector de variables $(y_{t_1}, y_{t_2}, \dots, y_{t_m})$ cuenta con idéntica probabilidad conjunta que el vector $(y_{t_1+k}, y_{t_2+k}, \dots, y_{t_m+k})$, se advierte entonces que si una serie temporal no cambia con el tiempo ésta puede ser utilizada para predecir el futuro en función de su comportamiento pasado. Se dice que si se pueden predecir exactamente los valores futuros de una serie temporal ésta tiene un comportamiento determinístico, mientras que si solo se puede hacer una aproximación su conducta es estocástica. En econometría de datos de panel dicha propiedad es igual de importante (Novales, 1993).

Para resolver el inconveniente de la no estacionariedad es necesario saber cuáles son las causas que la producen. Las razones pueden ser diversas. Por ejemplo, se pueden deber a una tendencia que produce un cambio con respecto a la media, a efectos estacionales que presentan variaciones en determinados periodos y, finalmente, por un componente aleatorio. Las primeras dos pueden ser modificadas para resolver el problema y se consideran series determinísticas mientras que la última tiene forma estocástica y la manera de acercarse a su comportamiento es mediante un modelo probabilístico que mejor lo describa (Gujarati, 2004).

Cuando una serie es no estacionaria en media (conocida como estacionariedad débil) se le llama de orden cero, $I(0)$, mientras que si es no estacionaria se dice que cuenta con raíz unitaria, $I(1)$. Conocer si una serie cuenta

con raíz unitaria o no permite justificar la aplicación de alguna transformación a la serie original para convertirla en estacionaria.

Las pruebas de raíz unitaria en datos de panel empezaron a tener importancia a partir de las sugerencias realizadas por Quah (1992, 1994), quien fue uno de los primeros autores en profundizar en la investigación de este ámbito. El autor propone pruebas normales de raíz unitaria en tendencias asintóticas, sin embargo, dichas pruebas dependieron de parámetros de perturbación desconocidos que fueron difíciles de estimar (Choi, 1999).

El desarrollo de pruebas asintóticas de raíz unitaria ha mejorado el análisis de los datos. En la siguiente revisión se sigue la notación de Baltagi y Kao (2001) para homogeneizar la notación de los distintos desarrollos metodológicos.

4.2.1. LL. Levin y Lin (1992)

Los estadísticos básicos para probar raíz unitaria en datos de panel, parten del modelo siguiente:

$$y_{it} = \rho_i y_{it-1} + z_{it}' \gamma + u_{it} \quad (24)$$

Con $i = 1, \dots, N; t = 1, \dots, T$, y donde z_{it} es el componente determinístico que toma el valor de cero cuando el proceso no tiene intercepto y de uno cuando el intercepto es igual para todos los individuos del panel de la serie, media igual para todos los individuos del panel μ_i para el caso de distinto intercepto por individuo o t si es una tendencia temporal en cualquier serie de datos y_{it} . El test en (24) asume que $\rho_i = \rho$ es igual para todos los individuos y que u_{it} es $iid(0, \sigma_u^2)$ y plantea las hipótesis: $H_0: \rho = 1$ contra $H_a: \rho < 1$ y se estima el estadístico t como:

$$t_\rho = \frac{(\hat{\rho} - 1) \sqrt{\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T \tilde{y}_{t-1}^2}}{S_e} \quad (25)$$

El test es funcional para paneles de tamaños moderados, conforme T tiende a infinito éste se vuelve más potente, en caso de que se tenga una T pequeña el estadístico será consistente siempre y cuando N sea elevado. Esta prueba presenta la desventaja que dado que $\rho_i = \rho$ se sujeta a la restricción de homogeneidad, por tanto la hipótesis nula de que cada serie temporal individual contiene una raíz unitaria es contrastada contra la hipótesis alternativa de que cada serie es estacionaria, sin embargo, no puede emplearse en caso de heterogeneidad, para estos casos se emplea el siguiente contraste.

4.2.2. Prueba IPS de Im, Pesaran y Shin (1997)

Esta prueba permite tratar con un coeficiente heterogéneo en y_{it-1} que se basa en un procedimiento de prueba alternativo basado en el promedio de las pruebas estadísticas de raíz unitaria. Para ello utiliza el valor promediado de las pruebas ADF (Augmented Dickey–Fuller, por sus siglas en inglés) cuando u_{it} está serialmente correlacionada y con diferentes propiedades de correlación serial a través de las unidades de sección cruzada de la forma: $u_{it} = \sum_{j=1}^{p_i} \phi_{ij} u_{it-j} + \varepsilon_{it}$ y sustituyéndolo en (24) se tiene:

$$y_{it} = \rho_i y_{it-1} + \sum_{j=1}^{p_i} \phi_{ij} \Delta y_{it-j} + z'_{it} \gamma + \varepsilon_{it} \quad (26)$$

Bajo la hipótesis nula $H_0: \rho_i = 1$ para toda i contra la alternativa $H_a: \rho_i < 1$ para al menos una i , el estadístico \bar{t} es el promedio simple de los estadísticos de Dickey-Fuller de cada una de las series que conforman el panel, tal y como se expresa en la ecuación (27):

$$\bar{t} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t\rho_i \quad (27)$$

donde $t\rho_i$ es el estadístico t individual de la prueba de hipótesis $H_0: \rho_i = 1$. El resultado es razonablemente satisfactorio y generalmente mejor que el desempeño de la prueba LL. Sin embargo, la consistencia del estadístico requiere al menos que

$T=5$ en regresiones con intercepto y de $T=6$ en regresiones con intercepto y tendencia.

4.2.3. *p-values* combinados (Fisher)

4.2.3.1. Maddala y Wu (1999)

En esta prueba permanece el supuesto relajado de homogeneidad e incorpora el supuesto temporal de $T_i \rightarrow \infty$ y teniendo a G_{it_i} como un grupo de estadísticos de raíz unitaria para el individuo i en la ecuación (24), en que p_i es el *p-value* de la raíz unitaria para la sección cruzada de i , es decir $p_i = F(G_{it_i})$, donde $F(\cdot)$ es la función de distribución aleatoria de la variable G_i y se calcula con una prueba tipo Fisher de la siguiente forma:

$$P = -2 \sum_{i=1}^N \ln p_i \quad (28)$$

Esta ecuación combina los *p-values* de las pruebas de raíz unitaria para cada sección cruzada de i para la prueba de raíz unitaria en datos de panel. P se distribuye de forma χ^2 con $2N$ grados de libertad y $T_i \rightarrow \infty$ para toda N para comprobar la hipótesis nula de $H_0: \rho_i = 1$ para toda i y la hipótesis alternativa es $H_a: \rho_i < 1$, con la ventaja que en la hipótesis alternativa algunos grupos pueden tener raíz unitaria mientras que otros no.

4.2.3.2. Choi (1999)

Esta propuesta es útil cuando N es grande y se basa en una prueba Z de la siguiente forma:

$$Z = \frac{\frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{i=1}^N (-2 \ln p_i - 2)}{2} \quad (29)$$

Utilizando este estadístico en lugar del estadístico \bar{t} de la prueba IPS, para las hipótesis: $H_0: \rho_i = 1$ para toda i .

4.2.4. Test basado en el Multiplicador de LaGrange (LM): Hadri (1999)

Este test considera bajo la hipótesis nula que la serie de tiempo para cada i es estacionaria alrededor de una tendencia determinista frente a la alternativa de una raíz unitaria en datos de panel, partiendo del modelo:

$$y_{it} = f_{it}'\gamma + r_{it} + \varepsilon_{it} \quad (30)$$

donde f_{it} es el componente determinístico y r_{it} es un proceso aleatorio tipo *Random Walk* (caminata aleatoria) de la forma:

$$r_{it} = r_{it-1} + u_{it}$$

con $u_{it} \sim iid(0, \sigma_u^2)$ y ε_{it} es un proceso estacionario y por tanto (30) puede reescribirse como:

$$y_{it} = z_{it}'\gamma + e_{it} \quad (31)$$

donde $e_{it} = \sum_{j=1}^t u_{ij} + \varepsilon_{it}$ y \hat{e}_{it} son los residuos de la regresión (31), la suma de dichos

residuos es S_{it} y con esto el estadístico LM se calcula como:

$$LM = \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{1}{T^2} \sum_{t=1}^T S_{it}^2}{\hat{\sigma}_e^2} \quad (32)$$

La prueba LM es la versión en datos de panel del test de Kwiatkowski, Phillips, Schmidt y Shin (1992) para series de tiempo el cual es recomendado para paneles con T grande y N moderada.

4.3. TEST DE COINTEGRACIÓN

Se analizan ahora los contrastes contruidos para verificar cointegración de panel. Dado que las variables integradas de orden uno, $I(1)$, pueden tener una relación de cointegración, es necesario conocer si existe dicha relación, cuando un grupo de variables se integran individualmente en el mismo orden y hay al menos una combinación lineal de las variables que es estacionaria, entonces se dice que las variables relacionadas están cointegradas (Karaman, 2007).

4.3.1. Test de Kao (1999)

Considerando el modelo de regresión espuria para toda i en una estructura de datos de panel:

$$y_{it} = x_{it}'\beta + f_{it}'\gamma + e_{it} \quad (33)$$

donde $x_{it} = x_{it-1} + \varepsilon_{it}$ y e_{it} es $I(1)$. Kao (1999) presenta dos tipos de prueba con el test de Dickey-Fuller (DF) y el Dickey-Fuller Aumentado (ADF), para la primera parte de los residuos de (33) como:

$$\hat{e}_{it} = \rho \hat{e}_{it-1} + u_{it}$$

donde la hipótesis nula es la no cointegración y se escribe como $H_0: \rho = 1$ estimándose ρ a través de MCO como:

$$\hat{\rho} = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{t=2}^T \hat{e}_{it} \hat{e}_{it-1}}{\sum_{i=1}^N \sum_{t=2}^T \hat{e}_{it}^2} \quad (34)$$

Y donde además se utiliza el estadístico:

$$t_{\rho} = \frac{(\hat{\rho} - 1) \sqrt{\sum_{i=1}^N \sum_{t=2}^T \hat{e}_{it-1}^2}}{S_e}$$

La metodología de Kao (1999) propone los siguientes cuatro contrastes DF:

$$DF_{\rho} = \frac{\sqrt{NT}(\hat{\rho} - 1) + 3\sqrt{N}}{\sqrt{10.2}}$$

$$DF_t \sqrt{1.25t_\rho} + \sqrt{1.875N}$$

donde ambas pruebas se basan en la fuerte exogeneidad de los regresores y errores. Los otros dos contrastes son como sigue:

$$DF_\rho^* = \frac{\sqrt{NT}(\hat{\rho}-1) + \frac{3\sqrt{N}\hat{\sigma}_v^2}{\hat{\sigma}_{0v}^2}}{\sqrt{3 + \frac{36\hat{\sigma}_v^4}{5\hat{\sigma}_{0v}^2}}} \quad (35)$$

$$DF_t^* = \frac{t_\rho + \frac{\sqrt{6N}\hat{\sigma}_v}{2\hat{\sigma}_{0v}}}{\sqrt{\frac{\hat{\sigma}_{0v}^2}{2\hat{\sigma}_v^2} + \frac{3\hat{\sigma}_v^2}{10\hat{\sigma}_{0v}^2}}}$$

donde ambos son para verificar la cointegración con relación endógena entre regresores y errores. Para el test ADF se parte de:

$$\hat{e}_{it} = \rho \hat{e}_{it-1} + \sum_{j=1}^p \theta_j \Delta \hat{e}_{it-j} + v_{itp} \quad (36)$$

Bajo la hipótesis nula de no cointegración, el estadístico del test ADF queda como:

$$ADF = \frac{t_{ADF} + \frac{\sqrt{6N}\hat{\sigma}_v}{2\hat{\sigma}_{0v}}}{\sqrt{\frac{\hat{\sigma}_{0v}^2}{2\hat{\sigma}_v^2} + \frac{3\hat{\sigma}_v^2}{10\hat{\sigma}_{0v}^2}}} \quad (37)$$

donde t_{ADF} es el estadístico t de ρ en (34).

4.3.2. Prueba residual basada en el Multiplicador de LaGrange: McCoskey y Kao (1998)

Partiendo de la siguiente relación:

$$y_{it} = \alpha_i + x_{it}'\beta_i + e_{it}$$

$$x_{it} = x_{it-1} + \varepsilon_{it}$$

$$e_{it} = \gamma_{it} + u_{it}$$

$$\gamma_{it} = \gamma_{it-1} + \theta u_{it}$$

La hipótesis nula de cointegración es igual a $H_0 : \theta = 0$ y el test estadístico es:

$$LM = \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{1}{T^2} \sum_{t=1}^T S_{it}^2}{\hat{\sigma}_e^2} \quad (38)$$

Donde la varianza de largo plazo se define como:

$$S_{it}^2 = \sum_{j=1}^i \hat{e}_{ij}$$

4.3.3. Test de Pedroni (1997)

A diferencia del estadístico anterior, la hipótesis nula en la prueba de Pedroni (1997) es la existencia de cointegración, además incluye una forma funcional de la media de la prueba de Phillips y Ouliaris (1990):

$$\tilde{Z}_\rho = \sum_{i=1}^N \frac{\sum_{t=1}^T (\hat{e}_{it-1} \Delta \hat{e}_{it} - \hat{\lambda}_i)}{\left(\sum_{t=1}^T \hat{e}_{it-1}^2 \right)} \quad (39)$$

donde e_{it} es estimado como (Z) y $\hat{\lambda}_i = \frac{1}{2} (\hat{\sigma}_i^2 - \hat{s}_i^2)$.

4.3.4. Test basado en la Razón de Verosimilitud (LR): Larsson, Lyhagen, y Lothgren (1998)

Larsson, Lyhagen, y Lothgren (1998) proponen una prueba de verosimilitud aplicado al rango de cointegración en un panel heterogéneo y basado en el promedio de las estadísticas individuales del rango y el valor del estadístico traza desarrollados por Johansen:

$$LR_s(r|k) = \sum_{i=1}^N LR_i(r|k) \quad (40)$$

donde $LR_i(r|k)$ es el estadístico de verosimilitud de Johansen para i .

Las anteriores son las principales pruebas de raíz unitaria y cointegración en la literatura y aparecen en los principales paquetes informáticos de econometría, sin embargo no son todas las pruebas que existen pues hay pruebas para casos más específicos como los de cambios estructurales, los de factores comunes, para la dependencia de la sección cruzada entre las series de tiempo, entre otras que no son aplicables a los datos de la presente investigación y por tanto no se abunda en ellos.

4.4. RESULTADOS EMPÍRICOS DE LAS PRUEBAS

Para las pruebas de raíz unitaria se hizo uso del paquete econométrico E-Views y se estimaron las correspondientes a Levin y Lin (LL), Im, Pesaran y Shin (IPS), Maddala y Wu (FMW) y el estadístico de Hadri (Hadri). No hay que olvidar que para los tres primeros contrastes la hipótesis nula es la no estacionariedad, es decir, la presencia de una raíz unitaria contra la hipótesis alternativa de estacionariedad, mientras que para la prueba de Hadri la hipótesis nula es la estacionariedad contra la hipótesis alternativa de una raíz unitaria en el panel de datos.

Se ejecuta el test a todas las variables a excepción de las variables binarias, partiendo del supuesto de que la serie tiene la forma:

$$\begin{aligned}y_{i,t}^* &= \tilde{f}i(t) + r_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \\ r_{i,t} &= r_{i,t-1} + u_{i,t}\end{aligned}\tag{41}$$

donde $\tilde{f}i(t)$ es el componente determinístico que puede tomar forma de constante o tendencia lineal en el tiempo en caso de contar con efectos fijos. El Cuadro 7 presenta los resultados obtenidos de dichas pruebas. Para el caso del estadístico etiquetado como LLC sin componente determinístico, once de las series presentan

raíz unitaria, cuando se presenta constante en el componente determinístico son 10 las series que cuentan con raíz unitaria. Sin embargo, con constante y tendencia de tiempo lineal en el componente determinístico se rechaza la hipótesis nula en todas las series, es decir que bajo esta forma funcional no se puede afirmar que para todos los individuos exista raíz unitaria en sus series temporales, es ahí donde se ve claramente la limitante del test LL que mencionan Im, Pesaran y Shin (1997).

Cuadro 7. Resultados de las pruebas de raíz unitaria para datos en niveles.

Variable	$f_i(t)=0$		Con constante			Constante y tendencia		
	Proceso común	Proceso individual	Proceso común	Proceso individual		Proceso común	Proceso individual	
	LLC	FMW	LLC	IPS	FMW	LLC	IPS	FMW
YPT	-0.0005*	69.62*	-13.96	-1.04*	195.93	-16.46	1.64*	141.22*
Y15	-2.27	105.75*	-17.19	-3.58	317.21	-16.58	1.02*	210.91
YPO	-7.55	246.04	-11.44	0.15*	129.58*	-18.69	1.24*	152.30*
AGUA	6.73*	71.15*	4.52*	6.73*	49.89*	-14.77	1.58*	183.03
DRE	48.06*	1.00*	-1.53*	5.20*	230.94	-18.49	0.34*	271.89
LUZ	8.97*	19.12*	3.22*	6.60*	42.48*	-35.18	-1.59*	348.46
IIC	2.22*	81.01*	1.67*	5.96*	128.29*	-4.88	2.84*	163.27*
IIS	26.07*	1.32*	5.55*	8.98*	25.88*	-28.00	-1.26*	368.00
IIG	16.40*	12.61*	0.11*	5.71*	74.75*	-40.43	-0.31*	205.93
POP	32.91*	6.93*	14.36*	12.44*	13.88*	-26.38	-2.11	441.45
CH	12.25*	5.49*	7.52*	8.49*	8.17*	-20.41	1.35*	198.58
FBCF	-12.90	169.82*	-56.37	-7.08	271.39	-44.45	-3.60	425.71
VE	11.09*	24.32*	2.06*	5.37*	85.92*	-19.69	1.52*	161.09
VIAL	2.22*	81.01*	1.67*	5.96*	128.29*	-4.88	2.84*	163.27*

Notas: El asterisco significa que no rechaza la hipótesis nula.

La prueba de hipótesis se basa en los valores críticos según los trabajos de Im, Pesaran y Shin (1997), Madala y Wu (1999) y Levin y Lin (1992).

La longitud del rezago es elegida automáticamente bajo el criterio de información bayesiano.

Se tiene 71 individuos para 6 periodos de tiempo.

En el caso del estadístico IPS se estima un proceso de raíz unitaria en doce de las catorce series. Tanto en la constante como en la constante y tendencia en el componente determinístico el test de FMW presenta resultados similares, sin embargo con constante y tendencia solo cinco de las catorce series cuenta con raíz unitaria, el resto según la hipótesis nula, serían estacionarios bajo esa forma funcional.

En el Cuadro 8 se presentan los resultados del test de Hadri que rechaza la hipótesis nula de estacionariedad para todas las variables con las dos formas del componente determinístico.

Según los resultados, todas las variables presentan raíz unitaria al menos en una de sus series, a excepción de la variable de Inversión que rechaza la hipótesis al menos una vez para cada uno de los diferentes contrastes y formas funcionales.

Cuadro 8. Resultados de las pruebas de raíz unitaria del test de Hadri.

Variable	Niveles		Primeras diferencias	
	Con constante	Constante y tendencia	Con constante	Constante y tendencia
YPT	18.11	70.73	9.72	86.78
Y15	16.60	84.32	13.06	85.97
YPO	13.66	82.36	14.72	85.84
AGUA	12.29	67.13	9.56	44.03
DRE	13.17	79.81	9.10	75.65
LUZ	12.84	64.25	8.85	57.43
IIC	13.92	83.68	14.91	84.36
IIS	12.89	59.74	10.93	62.31
IIG	13.56	80.13	12.86	78.29
POP	12.46	84.17	11.45	87.33
CH	12.60	86.73	11.52	81.14
FBCF	9.94	73.75	13.41	85.42
VE	13.63	67.83	12.92	79.29
VIAL	12.89	59.74	10.93	62.31

Notas: El asterisco significa que no rechaza la hipótesis nula.

La prueba de hipótesis se basa en los valores críticos según Hadri (1999)

La longitud del rezago es elegida automáticamente bajo el criterio de información bayesiano

Se tiene 71 individuos para 6 periodos de tiempo.

Una vez que se sabe que las variables que se tienen para el modelo presentan raíz unitaria es necesario hacer una transformación a las mismas para ver si se logra la estacionariedad. Por tanto, se aplican primeras diferencias a las catorce variables y se les practica de nuevo el conjunto de pruebas de estacionariedad. Los resultados se presentan en el Cuadro 9.

Como se aprecia, el test LL rechaza la presencia de raíz unitaria en todas las variables a excepción de la variable de población ocupada sin componente determinístico y en la de capital humano con componente determinístico en la constante y tendencia lineal en el tiempo, que pueden explicarse por la naturaleza

creciente de la población, a la tendencia de la incorporación laboral de más miembros de las familias y a la obligatoriedad de la educación. El test del IPS para procesos con constante rechaza la presencia de raíz unitaria en todas las series, sin embargo, para el caso de procesos con tendencia y constante existe raíz unitaria para las variables de ingreso por habitante y de ingreso por personal ocupado, así como de la variable del índice sintético de carreteras, la variable VIAL y el capital humano. El FMW presenta resultados similares a los estadísticos anteriores en algunas de las mismas variables.

Cuadro 9. Resultados de las pruebas de raíz unitaria para datos en primeras diferencias.

Variable	Simple		Con constante			Constante y tendencia		
	Proceso común	Proceso individual	Proceso común	Proceso individual		Proceso común	Proceso individual	
	LLC	PP	LLC	IPS	PP	LLC	IPS	PP
YPT	-23.29	481.31	-19.37	-4.59	217.29	-47.04	-1.07*	174.67
Y15	-28.23	615.17	-24.31	-7.32	271.09	-43.80	-2.09	214.16
YPO	-23.21	450.65	-20.85	-5.09	222.33	-62.01	-0.71*	139.08*
AGUA	-7.76	226.38	-48.63	-4.86	225.11	-48.63	-12.87	426.66
DRE	-2.12	142.54*	-19.59	-7.67	277.65	-112.93	-54.89	422.90
LUZ	-10.45	278.75	-51.38	-14.80	389.83	-81.32	-8.23	387.83
IIC	-4.73	350.35	-6.80	-1.74	210.03	-14.34	-0.87*	257.40
IIS	-4.22	147.46*	-34.92	-13.10	397.47	-189.03	-34.36	474.31
IIG	-9.49	244.24	-56.86	-10.95	280.83	-157.48	-12.35	354.50
POP	-1.50*	115.01*	-24.46	-9.92	424.54	-35.27	-1.89	267.26
CH	-8.97	214.86	-14.32	-2.61	165.34*	2.43*	1.83*	113.53*
FBCF	-37.02	580.85	-34.74	-15.56	429.38	-37.83	-12.12	447.46
VE	-14.33	353.84	-28.61	-5.74	221.72	-547.07	-49.01	473.44
VIAL	-4.73	350.35	-6.80	-1.74	210.03	-14.34	-0.87*	257.40

Notas: El asterisco significa que no rechaza la hipótesis nula.

La prueba de hipótesis se basa en los valores críticos según los trabajos de Im, Pesaran y Shin (1997), Madala y Wu (1999) y Levin y Lin (1992).

La longitud del rezago es elegida automáticamente bajo el criterio de información bayesiano.

Se tiene 71 individuos para 6 periodos de tiempo.

Después de la transformación de los datos a primeras diferencias y dado que dos de las tres variables dependientes presentan raíz unitaria así como de cinco de las variables independientes, es necesario ver si existe cointegración entre ellas, de tal manera que puedan ser usadas en las estimaciones del siguiente capítulo.

Se utilizará la prueba de Larsson, Lyhagen, y Lothgren (1998) basado en la prueba de Johansen (1995) de máxima verosimilitud. Se elige ésta ya que se evita el uso de las pruebas de raíces unitarias sobre los residuos del modelo estimado y con esto se puede relajar el supuesto de un solo vector de cointegración y así probar la presencia de múltiples vectores de cointegración (Rodríguez Benavides et al., 2012).

Se utiliza el paquete E-Views suponiendo una tendencia lineal en el proceso de las series, con uno y dos rezagos, se hace una prueba de cointegración entre las variables independientes con cada variable dependiente. Los resultados de las relaciones de cointegración según el estadístico de la traza (entre paréntesis se muestra la probabilidad de no rechazar la hipótesis que se muestra en la columna de la izquierda) se muestran en el Cuadro 10. Con un * se indica una relación cointegrante.

Cuadro 10. Relaciones de cointegración con datos en niveles.

	YPT		YPO		YP15	
	<i>ninguna</i>	<i>Al menos 1</i>	<i>ninguna</i>	<i>Al menos 1</i>	<i>ninguna</i>	<i>Al menos 1</i>
AGU	80.27* 0.0000	1.61 0.2041	68.93* 0.0000	1.06 0.3042	138.27* 0.0001	0.77 0.3813
CH	168.87* 0.0001	68.77* 0.0000	174.92* 0.0001	78.22* 0.0000	210.93* 0.0001	63.2* 0.0000
DRE	125.43* 0.0001	33.22* 0.0000	124.25* 0.0001	40.27* 0.0000	176.28* 0.0001	47.47* 0.0000
FBCF	334.13* 0.0001	77.58* 0.0000	312.7* 0.0001	67.19* 0.0000	376.17* 0.0001	131.81* 0.0000
IGI	79.5* 0.0000	2.89 0.0891	70.9* 0.0000	1.67 0.1962	146.76* 0.0001	2.5 0.1141
IIC	73.72* 0.0000	0.22 0.6394	68.15* 0.0000	0.43 0.5117	134.89* 0.0001	0.23 0.6324
IIS	83.45* 0.0000	3.06 0.0805	75.03* 0.0000	3.98* 0.0462	142.35* 0.0001	3.3 0.0695
LUZ	100.51* 0.0001	7.21* 0.0072	81.49* 0.0000	10.3* 0.0013	155.49* 0.0001	11.05* 0.0009
POP	324.88* 0.0001	73.43* 0.0000	300.01* 0.0001	62.42* 0.0000	378.14* 0.0001	137.35* 0.0000
VE	77.12* 0.0000	0.59 0.4416	69.47* 0.0000	0.79 0.3745	143.29* 0.0001	0.64 0.4229
VIAL	73.72* 0.0000	0.22 0.6394	68.15* 0.0000	0.43 0.5117	134.89* 0.0001	0.23 0.6324

Notas: * indica una relación cointegrante
La probabilidad se encuentra entre paréntesis

De esta manera, la variable agua, el índice global de infraestructura, el índice de carreteras, el índice de infraestructura social, el número de vehículos y la variable

VIAL solo presentan una relación cointegrante en niveles. Por tanto, se concluye que el uso de estas variables en sus valores originales puede producir regresiones espurias.

También se ejecutan las pruebas en primeras diferencias para las seis variables independientes que presentaban raíz unitaria en su relación con las dos variables dependientes, sin rezagos y con una tendencia lineal en el proceso de las series. Los resultados se muestran en el Cuadro 11.

Se aprecian dos relaciones cointegrantes para todas las combinaciones de variables. Este resultado es indicativo de que a pesar de que persiste la raíz unitaria después de la transformación, al tener una tendencia común en el largo plazo, su uso no afectará los resultados de las estimaciones.

Cuadro 11. Relaciones de cointegración con datos para las variables que presentaron raíz unitaria en primeras diferencias.

	YPT		YPO	
	<i>Ninguna</i>	<i>Al menos 1</i>	<i>Ninguna</i>	<i>Al menos 1</i>
DRE2	450.9* 0.0001	196.25* 0.0000	448.44* 0.0001	184.23* 0.0000
IIC2	448.51* 0.0001	212.06* 0.0000	475.68* 0.0001	212.27* 0.0000
IIS2	446.71* 0.0001	207.2* 0.0000	474.14* 0.0001	203.79* 0.0000
POP2	958.6* 0.0001	236.57* 0.0000	985.36* 0.0001	263.66* 0.0000
CH2	458.32* 0.0001	214.73* 0.0000	489.04* 0.0001	216.77* 0.0000
VIAL2	448.51* 0.0001	212.06* 0.0000	475.68* 0.0001	212.27* 0.0000

Notas: * indica una relación cointegrante
La probabilidad se encuentra entre paréntesis

Por último, en el Cuadro 12 se presentan las elasticidades de las estimaciones de cointegración para cada una de las variables independientes en función de cada variable dependiente considerada. Como es de esperarse, la inversión y el personal ocupado son significativos en cada relación, para el caso de la infraestructura las categorías AGUA, IIC, IGI, VE y VIAL no presentan significancia estadística en las relaciones de cointegración, no siendo el caso de la variable drenaje (DRE) que tiene un efecto positivo en el crecimiento del ingreso por población de 0.25 por ciento cuando se incrementa la cobertura de drenaje en uno por ciento y de 2.35 por ciento en el caso del ingreso por personal ocupado. La infraestructura de suministro eléctrico (LUZ) presenta resultados similares, con 0.06 por ciento para el caso del ingreso por población y de 0.44 por ciento en el de la población ocupada. Por último, el Capital Humano tiene un efecto de 0.9 por ciento sobre el ingreso por población.

Cuadro 12. Coeficientes normalizados de cointegración con datos en niveles.

	<i>YPT</i>	<i>YPO</i>	<i>YP15</i>
AGU	0.0148 (0.0146)	0.1935 (0.1186)	-0.0088 (0.0208)
CH	0.9141* (0.1388)	1.06 (0.7695)	0.2058 (0.1612)
DRE	0.2597* (0.0401)	2.3537* (0.3062)	-0.0133 (0.0424)
FBCF	-0.0001* (0.000003)	0.0005* (0.00002)	-0.0001* (0.000003)
IGI	-0.0149 (0.0789)	-1.2047 (0.6631)	-0.1202 (0.1092)
IIC	-0.0061 (0.0714)	-0.5193 (0.5722)	-0.0143 (0.0995)
IIS	0.2528* (0.0835)	1.9155* (0.6157)	-0.055 (0.1135)
LUZ	0.0636* (0.0175)	0.4434* (0.1396)	-0.0051 (0.0247)
POP	0.0005* (0.00002)	0.0062* (0.0003)	0.0009* (0.00004)
VE	-0.0079 (0.0111)	0.1159 (0.0875)	-0.0264 (0.0153)
VIAL	-1.1995 (14.0718)	-102.2351 (112.663)	-2.8086 (19.6057)

Notas: Error estándar entre paréntesis

* Significancia al 5%

4.5. CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO

En este capítulo se planteó el problema de la no estacionariedad en las series económicas y la posibilidad de que ésta apareciera en la estructura de panel del trabajo empírico, lo que pudiera afectar los resultados de las estimaciones de la ecuación planteada en el capítulo 2.

Para detectar ese problema se plantea la necesidad de hacer pruebas de raíz unitaria para datos de panel, así como pruebas de cointegración. En la segunda sección del capítulo se hizo una breve revisión de los principales estadísticos, así como de las hipótesis que se plantean. Posteriormente, en la siguiente sección se ejecutaron algunas pruebas teniendo como resultado que todas las variables presentan raíz unitaria con al menos uno de los contrastes. También se tomó en cuenta una transformación de las variables a primeras diferencias y se le aplicaron los contrastes sugeridos, lo que llevó a obtener como resultado que en ocho variables persiste la raíz unitaria en alguna de sus formas.

Finalmente, se realizó una prueba de cointegración a todas las variables y se encontró que las variables que presentaban raíz unitaria en primeras diferencias tienen una relación de cointegración y que por tanto se pueden usar en las estimaciones sin el problema aparente de regresión espuria. En el siguiente capítulo se utilizarán estas variables transformadas para las estimaciones de los modelos de regresión.

CAPÍTULO 5. ESTIMACIÓN DEL MODELO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de este capítulo es estimar la ecuación propuesta (22) para medir el efecto que tienen las infraestructuras en el crecimiento económico así como el efecto temporal de las áreas urbanas de México apoyados en la metodología de datos de panel y con los datos transformados en tasas de crecimiento mediante las primeras diferencias de los logaritmos para evitar los problemas de raíz unitaria como se vio en el capítulo anterior.

Se replicará la estimación según las regiones y pautas mencionadas en el Capítulo 3 para analizar el efecto de la infraestructura según el área geográfica, las condiciones económicas y políticas de las áreas urbanas y finalmente se efectuará la prueba de especificación del modelo según la metodología del test BDS revisada en el Capítulo 2.

5.2. RESULTADOS PARA EL TOTAL DE LAS ÁREAS URBANAS

La ecuación (22) se estimó mediante datos de panel con infraestructura física en índices sintéticos y en indicadores parciales con tres diferentes variables dependientes para el total de las áreas urbanas.

$$\Delta \ln(y)_{i,t} = \alpha_0 + \beta_1 \Delta \ln(L)_{i,t} + \beta_2 \Delta \ln(C)_{i,t} + \beta_3 \Delta \ln(CH)_{i,t} + \sum \gamma_j (INFRA)_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (22)$$

Se ajustó la ecuación probando con todas las variables de infraestructura, se probó con las variables en índices sintéticos así como en indicadores parciales. Los

índices sintéticos presentaron desviaciones estándar elevadas, la dotación de cada categoría es muy desigual y con la agregación se corre el riesgo de dejar fuera los efectos de cada categoría en particular, por lo que en esta sección solo se muestran los resultados de las regresiones con indicadores parciales, es decir, la cantidad de infraestructura (km., tomas de agua, medidores, etc.) por cada mil habitantes.

Además, se incluyó una variable de tendencia lineal (*TEND*) que representa el cambio en la función de producción y es interpretada como una proxy del progreso tecnológico. También se incluyó una medida que busca captar si las áreas urbanas que cuentan con infraestructura aeroportuaria tienen alguna ventaja reflejada en el crecimiento económico, dicha medida es la interacción de la variable Aeropuertos con la variable Capital Humano. Con esto se busca probar si las ciudades que ofrecen servicios aeroportuarios disponen también de un mayor nivel de capital humano que se vea reflejado en el crecimiento económico. Por tanto, la ecuación a estimar es la siguiente:

$$\begin{aligned} \Delta \ln(y)_{i,t} = & \alpha_0 + \beta_1 TEND + \beta_2 \Delta \ln(L)_{i,t} + \beta_3 \Delta \ln(C)_{i,t} \\ & + \beta_4 \Delta \ln(CH)_{i,t} + \beta_5 \Delta [\ln(CH)_{i,t} * AER_t] + \gamma_1 INFRA_AGUA_{i,t} \quad (42) \\ & + \gamma_2 INFRA_DRE_{i,t} + \gamma_3 INFRA_LUZ_{i,t} + \gamma_4 INFRA_CAR_{i,t} + v_{i,t} \end{aligned}$$

donde se incluyeron las variables de infraestructura de capital físico hidráulico (AGUA), Capital físico de drenaje (DRE), Capital físico eléctrico (LUZ) e Índice sintético de carreteras (CAR), la variables de vehículos (VE) y aeropuertos (AER) fueron descartadas del modelo pues para ninguna prueba tuvieron un resultado significativo, el modelo se estimó para las 71 áreas urbanas y los 6 periodos de tiempo $i = 1, \dots, 71$; $t = 1, \dots, 6$ con $v_{i,t}$ como término de error estocástico.

Finalmente, se incluye en las estimaciones a las variables independientes con uno y dos retardos con la intención de estimar los efectos temporales de la infraestructura en el crecimiento económico para el periodo contemporáneo, con un rezago de 5 años (-1) y con un rezago de 10 años (-2).

Se hicieron estimaciones probando cada una las tres variables independientes con el conjunto de todas las variables dependientes y se fueron descartando algunas de ellas según su significancia estadística y la interacción que tenían con el resto, para esto se utilizó el criterio de información de Schwartz, resultando así un modelo único para cada variable dependiente.

Los valores de los estimadores, dado que se utilizan las primeras diferencias de los logaritmos se leen como la variación porcentual en el ingreso al variar en un 1 por ciento la variable independiente. El Cuadro 13 contiene los resultados de dichos modelos.

La variable tendencia lineal resultó positiva en cada estimación, lo que constituye evidencia de que hay un efecto 'inercia' que se autorrefuerza en el crecimiento de las áreas urbanas.

De las cuatro categorías de infraestructura estimadas, solo tres afectan estadísticamente al crecimiento de los diferentes tipos de ingreso, siendo la energía eléctrica (LUZ) la única variable que no tiene efecto alguno.

Dentro de la categoría Hidráulica (AGUA), la variable rezagada un periodo es la única que tiene efecto, en este caso negativo, sobre el crecimiento del ingreso por persona mayor de 15 años. El agua es una necesidad básica de la humanidad, la carencia del servicio entubado no significa no tener agua sino que no se dispone de ella plenamente, el impacto del crecimiento de la dotación de agua puede ser menor que el resto de las variables.

En la categoría de Drenaje es con uno y con dos rezagos que aparece un valor estadísticamente significativo. La introducción del sistema de drenaje es lenta y costosa y su gasto puede en un principio inhibir el crecimiento, por lo que consideramos que sus resultados no son visibles en el primer periodo ni en el segundo, el cual resulta negativo. Se aprecia que el valor de los estimadores es alto hasta 10 años después.

Finalmente, en cuanto a infraestructura, las Carreteras presentaron un efecto contemporáneo, así que para la estimación del total de las áreas urbanas se presenta una ligera evidencia del efecto positivo de la infraestructura en el crecimiento económico y de cómo crece con los años presentando entonces evidencia del efecto temporal de la infraestructura.

Cuadro 13. Resultados para el total de las áreas urbanas

Variable independiente	Variable dependiente		
	Ingreso por persona	Ingreso por personal ocupado	Ingreso por persona mayor de 15 años
<i>Constante</i>	-1.6222*** (0.2288)	-1.7812*** (0.1966)	-1.6266*** (0.2242)
<i>Tendencia Lineal</i>	0.3723*** (0.0491)	0.3657*** (0.1966)	0.3640*** (0.0481)
<i>Agua (-1)</i>	-0.0215 (0.0138)	-0.0175 (0.0423)	-0.0227* (0.0135)
<i>Drenaje (-1)</i>	-0.9404** (0.3170)	-0.6676** (0.2094)	-0.9214** (0.3106)
<i>Drenaje (-2)</i>	0.7302** (0.2231)	0.3534* (0.0119)	0.7178** (0.2186)
<i>Índice de carreteras</i>	0.3016** (0.1427)	0.2382* (0.1025)	0.2836** (0.1399)
<i>Trabajo (-1)</i>	0.3223** (0.1196)	0.4037** (0.1296)	0.3301** (0.1172)
<i>Inversión privada</i>	0.0108** (0.0051)		0.0106** (0.0050)
<i>Inversión privada (-2)</i>	0.0536*** (0.0112)	0.0356** (0.1764)	0.0502*** (0.0110)
<i>Capital Humano (-1)</i>	0.3691** (0.1499)	0.3907** (0.2750)	0.3631** (0.1469)
<i>Aeropuerto*CH</i>	0.5222** (0.2024)	0.4226** (0.1236)	0.5641** (0.1983)
<i>R² Ajustado</i>	0.53	0.58	0.52
<i>Observaciones</i>	213	213	213
<i>T</i>	3	3	3
<i>N</i>	71	71	71

Notas: el número entre paréntesis a un lado de las variables independientes indica el número de rezagos con que fueron estimadas.

Todas las regresiones comprenden el periodo de 1985-2008 en tasas de crecimiento quinquenales.

El error estándar aparece entre paréntesis.

* Significancia estadística al 10%

** Significancia estadística al 5%

***Significancia estadística al 1%

FUENTE: Elaboración propia

Respecto a la variable Trabajo, la inclusión de más trabajadores no afecta positivamente en el periodo en que se añaden, sino que su efecto se refleja en el

periodo siguiente. Esto puede deberse al tiempo y costo en que se incurre en capacitar a los empleados.

La inversión privada tiene un efecto inicial en el momento en que se lleva a cabo y este efecto se ve reflejado aun 10 años después. El Capital Humano, recordando que es la matrícula de estudiantes de secundaria, tiene un efecto positivo incluso superior al trabajo y al índice de carreteras, este efecto es rezagado.

Finalmente, la variable interactiva de aeropuerto con capital humano, se supone a estos dos elementos como necesarios para la inversión con tecnología más alta que cuando se carece de ellos. Los estimadores son elevados, positivos y estadísticamente significativos, esta combinación impacta con el crecimiento del capital humano.

5.3. RESULTADOS POR REGIONES

En esta sección se buscó evidencia sobre si la infraestructura había influido en la desigualdad económica entre las regiones del norte y la del sur, desigualdad que como se vio en el Capítulo 3 se incrementó con el tiempo.

En el Cuadro 14 se presentan los resultados para las áreas urbanas de la región norte, donde la infraestructura no parece tener un efecto, las variables de Agua en el periodo cero y Drenaje con dos rezagos son las únicas con un valor estadísticamente significativo sobre su crecimiento que resulta ser negativo.

El crecimiento económico de la zona norte parece estar impulsado por el factor trabajo, como lo demuestra su elasticidad que tiene un valor cercano al doble del mismo estimador para el total de las áreas urbanas y principalmente en el modelo de ingreso por personal ocupado superando la unidad.

A pesar de que el capital humano no es significativo en ninguno de sus momentos, la variable combinada con el aeropuerto sí lo es, con elasticidades tres veces mayores que en el modelo de la sección anterior.

Cuadro 14. Resultados para las áreas urbanas de la región norte.

Variable independiente	Variable dependiente		
	Ingreso por persona	Ingreso por personal ocupado	Ingreso por persona mayor de 15 años
<i>Constante</i>	-2.3351*** (0.2695)	-2.8802*** (0.2571)	-2.3599*** (0.2691)
<i>Tendencia Lineal</i>	0.5317*** (0.0540)	0.5863*** (0.0521)	0.5261*** (0.0539)
<i>Agua</i>	-0.8060* (0.4076)		-0.7839* (0.4068)
<i>Drenaje (-2)</i>	-0.2511* (0.2044)		
<i>Trabajo (-1)</i>	0.6983** (0.2348)	1.0583*** (0.2202)	0.7427** (0.2344)
<i>Aeropuerto*CH</i>	1.5202** (0.3950)	1.5485** (0.3818)	1.5941** (0.3943)
<i>R² Ajustado</i>	0.66	0.73	0.66
<i>Observaciones</i>	51	51	51
<i>T</i>	3	3	3
<i>N</i>	17	17	17

Ver notas del cuadro 13.

FUENTE: Elaboración propia.

Para la región Sur-Golfo los resultados están en el Cuadro 15. Se aprecian diferencias notables con respecto a las estimaciones anteriores, tienen el mejor coeficiente de ajuste de todos los modelos realizados y presentan resultados estadísticamente significativos en las cuatro categorías de infraestructura medida. Sin embargo, a diferencia de los modelos anteriores en esta región sí se presentan diferencias entre los estimadores para cada variable dependiente.

Para la categoría Agua, en la región Sur-Golfo las tres son significativas pero no en los tres modelos propuestos. A excepción del modelo de ingreso por personal ocupado en donde sí se cumple, para el caso de la variable sin rezagos, el efecto es positivo y elevado. Dicho efecto puede deberse al impacto inmediato de la construcción, tal como sucede con las carreteras, donde con un rezago presentó un efecto negativo y con dos rezagos se vuelve positivo. Los estimadores de ambas

son bajos en comparación con la primera, lo que refuerza la idea de que a ésta se le añade el efecto contemporáneo de la construcción.

La categoría Drenaje es significativa con uno y dos rezagos, negativo para el primero y positivo para el segundo, tal como lo fue para el modelo de la muestra absoluta de áreas urbanas, solo que para el Sur-Golfo el valor de los estimadores es mayor.

En esta región la energía eléctrica tiene impacto positivo en su forma inmediata y con dos rezagos, el valor del estimador es elevado para el primer caso lo que lleva a suponer que la introducción de energía eléctrica tiene un efecto inmediato en los individuos y su bienestar.

Por último, en cuanto a infraestructura carretera los efectos son positivos inmediatamente y con un rezago, teniendo estimadores con valores del doble de tamaño que cuando se toman en cuenta el total de las áreas de estudio.

La variable de trabajo no resulta importante para la región, solamente es significativa con dos rezagos y además su valor es negativo. Ya que la variable deja fuera al trabajo agrícola e informal puede entenderse este efecto. En cambio, la inversión privada tiene efectos positivos sin rezagos y con dos rezagos.

Finalmente, el capital humano con uno y dos rezagos, positivo en el primero y negativo en el siguiente que junto con todas las variables que conforman los modelos de esta región presentan elasticidades superiores a la región Norte y al modelo representativo de la totalidad de áreas urbanas.

El resultado para la prueba por regiones arroja resultados interesantes, la región Norte que es la que más crece y que cuenta con dotaciones de infraestructura mayores que la región Sur-Golfo no presentó resultados positivos de la infraestructura como motor de su crecimiento, sino que fue el factor trabajo y la tendencia lineal la que lo impulsó. El efecto fue contrario en la región Sur-Golfo, donde las variables de infraestructura sí han afectado al crecimiento económico de

manera positiva y presentaron un efecto temporal. También se aprecia evidencia de un efecto de saturación para la región norte.

Cuadro 15. Resultados para las áreas urbanas de la región Sur-Golfo

Variable independiente	Variable dependiente		
	Ingreso por persona	Ingreso por personal ocupado	Ingreso por persona mayor de 15 años
<i>Constante</i>	-1.9574** (0.4528)	-2.0800*** (0.2831)	-1.3459** (0.3430)
<i>Tendencia Lineal</i>	0.5024** (0.1187)	0.4655*** (0.0804)	0.2924** (0.0794)
<i>Agua</i>		0.5299** (0.2421)	0.8280** (0.3178)
<i>Agua (-1)</i>		-0.0273** (0.0102)	-0.0256* (0.0136)
<i>Agua (-2)</i>	0.0420** (0.0180)	0.0233* (0.0128)	
<i>Drenaje (-1)</i>	-1.1690** (0.5885)		-1.2622** (0.5466)
<i>Drenaje (-2)</i>	0.9671** (0.3949)		0.9205** (0.3657)
<i>Luz</i>		0.7073** (0.3123)	0.8824** (0.4280)
<i>Luz (-2)</i>	-0.5018* (0.2692)	-0.3252* (0.1879)	
<i>Índice de carreteras</i>	0.7262* (0.3812)	0.5840** (0.2710)	
<i>Índice de carreteras (-1)</i>			0.7923** (0.3230)
<i>Trabajo (-2)</i>	-0.1137** (0.0405)	-0.1053** (0.0282)	-0.0740** (0.0359)
<i>Inversión privada</i>	0.0432** (0.0115)	0.0354** (0.0083)	0.0457** (0.0102)
<i>Inversión privada (-2)</i>	0.0673** (0.0157)	0.0542*** (0.0096)	0.0647** (0.0151)
<i>Capital Humano (-1)</i>	0.7083** (0.3436)	0.8840** (0.2397)	0.6361** (0.3161)
<i>Capital Humano (-2)</i>	-0.8257** (0.3699)	-0.9360** (0.2601)	
<i>R² Ajustado</i>	0.74	0.80	0.75
<i>Observaciones</i>	57	57	57
<i>T</i>	3	3	3
<i>N</i>	19	19	19

Ver notas del cuadro 13.

FUENTE: Elaboración propia.

5.4. RESULTADOS POR MUESTRA DE INGRESOS

Los resultados para las áreas urbanas de mayores ingresos presentan relación en el crecimiento del ingreso con el crecimiento de los cuatro tipos de infraestructura que se utilizan (véase el Cuadro 16).

La variable Agua resulta significativa con uno y dos rezagos con efecto negativo en el primero y positivo en el segundo como ha sido en los modelos anteriores, sin embargo el valor de las elasticidades resulta más elevado respecto a otras estratificaciones aunque sigue teniendo el menor impacto dentro del conjunto de infraestructuras.

El Drenaje solo es significativo con dos rezagos, es positivo como ha venido ocurriendo, sin embargo la elasticidad es menor a las encontradas anteriormente.

La energía eléctrica es significativa sin rezagos y con la elasticidad más alta, esto reafirma la idea de que el impacto de la energía eléctrica es inmediato e importante, al menos respecto al resto de la infraestructura analizada aquí.

Por último, la infraestructura carretera que resulta positiva y significativa. Los cuatro tipos de infraestructura son positivos en el crecimiento de las áreas urbanas con mayores ingresos.

El trabajo y la inversión privada presentan un mayor efecto en este modelo con respecto a los anteriores. El capital humano con un rezago resulta positivo y significativo mientras que con dos rezagos es negativo y aun significativo.

La variable combinada de aeropuerto y capital humano resulta significativa solo para el crecimiento del ingreso por personas mayores de 15 años, que se puede inferir como resultado de la suficiente dotación de carreteras que tienen y la cercanía que existe entre las áreas urbanas de mayores ingresos.

Cuadro 16 Resultados para las áreas urbanas de mayor ingreso

Variable independiente	Variable dependiente		
	Ingreso por persona	Ingreso por personal ocupado	Ingreso por persona mayor de 15 años
<i>Constante</i>	-1.6798*** (0.2768)	-1.5089*** (0.2743)	-1.4434*** (0.2776)
<i>Tendencia Lineal</i>	0.4138*** (0.0788)	0.3640*** (0.0656)	0.3076*** (0.0699)
<i>Agua (-1)</i>		-0.0389* (0.0207)	-0.0497* (0.0273)
<i>Agua (-2)</i>	0.0843** (0.0286)	0.0655** (0.0217)	0.0488* (0.0274)
<i>Drenaje (-2)</i>	0.3238* (0.1869)		0.3537** (0.1848)
<i>Luz</i>	0.7271** (0.3309)	0.4642* (0.2534)	0.6532** (0.3302)
<i>Índice de carreteras</i>	0.5409** (0.1818)	0.2669** (0.1358)	0.4731** (0.1800)
<i>Trabajo</i>		-0.5604** (0.1507)	
<i>Trabajo (-1)</i>		0.4068** (0.1242)	
<i>Inversión privada</i>	0.0369** (0.0093)	0.0286** (0.0071)	0.0412*** (0.0091)
<i>Inversión privada (-2)</i>	0.0574*** (0.0113)	0.0418*** (0.0083)	0.0568*** (0.0113)
<i>Capital Humano (-1)</i>	0.5277* (0.2872)	0.5589** (0.2220)	0.7355** (0.2906)
<i>Capital Humano (-2)</i>	-0.7146** (0.2748)	-0.5988** (0.2131)	
<i>Aeropuerto*CH</i>			0.5823* (0.3126)
<i>R² Ajustado</i>	0.65	0.74	0.64
<i>Observaciones</i>	108	108	108
<i>T</i>	3	3	3
<i>N</i>	36	36	36

Ver notas del cuadro 13.

FUENTE: Elaboración propia.

El contraste del grupo de menores ingresos con el grupo anterior es evidente, para estos modelos son menos las variables explicativas y por tanto el coeficiente de ajuste es el más bajo de todos como se muestra en el Cuadro 17. La inversión resulta no significativa para el crecimiento del ingreso en ninguna de sus modalidades y solo el factor trabajo resultó tener una relación positiva, sin embargo presentó un coeficiente muy por debajo de las otras categorías.

Las variables de Drenaje resultaron ser las más importantes para este grupo. En sus tres formas temporales resultan positivas a excepción de la variable con un rezago, el valor de los estimadores es alto, se puede asumir efectos de construcción para la variable inmediata.

La variable de Luz es la segunda de la categoría de infraestructuras que tiene un efecto en este grupo, el efecto se da dos periodos después de su instalación de acuerdo a los resultados estimados.

Cuadro 17 Resultados para las áreas urbanas de menor ingreso

Variable independiente	Variable dependiente		
	Ingreso por persona	Ingreso por personal ocupado	Ingreso por persona mayor de 15 años
<i>Constante</i>	-1.7470*** (0.3005)	-1.9460*** (0.2821)	-1.7429*** (0.299)
<i>Tendencia Lineal</i>	0.3724*** (0.0557)	0.3758*** (0.0523)	0.3627*** (0.0554)
<i>Drenaje</i>	2.4574** (0.9125)	2.4795** (0.8565)	2.4523** (0.9078)
<i>Drenaje (-1)</i>	-2.1224** (0.5091)	-1.7114** (0.4779)	-2.0831** (0.5065)
<i>Drenaje (-2)</i>	1.2224** (0.3185)	0.8939** (0.299)	1.1797** (0.3169)
<i>Luz (-2)</i>	0.2009* (0.1058)	0.2519** (0.0993)	0.2066** (0.1053)
<i>Trabajo (-1)</i>	0.2400* (0.1370)	0.3260** (0.1286)	0.2485* (0.1363)
<i>Aeropuerto*CH</i>	0.5185** (0.2369)	0.4998** (0.2224)	0.5421** (0.2357)
<i>R² Ajustado</i>	0.54	0.55	0.53
<i>Observaciones</i>	105	105	105
<i>T</i>	3	3	3
<i>N</i>	35	35	35

Ver notas del cuadro 13.

FUENTE: Elaboración propia.

El grupo de áreas urbanas que son capitales de sus respectivos estados (Cuadro 18) presentó altos niveles de dotación de infraestructura según el Capítulo 3, por lo que se puede apreciar también un posible efecto de saturación que hace que los coeficientes de la infraestructura sean menores o estadísticamente no significativos.

Cuadro 18. Resultados para las áreas urbanas que son capital de su entidad federativa.

Variable independiente	Variable dependiente		
	Ingreso por persona	Ingreso por personal ocupado	Ingreso por persona mayor de 15 años
<i>Constante</i>	-2.4457*** (0.2835)	-1.5983*** (0.3533)	-2.4457*** (0.2835)
<i>Tendencia Lineal</i>	0.5006*** (0.0606)	0.3309*** (0.0631)	0.5006*** (0.0606)
<i>Agua</i>	1.0043** (0.3765)	0.6238** (0.3245)	1.0043** (0.3765)
<i>Agua (-2)</i>	-0.0990* (0.0552)		-0.0990* (0.0552)
<i>Trabajo</i>		-0.7515** (0.2216)	
<i>Trabajo (-1)</i>	0.5793** (0.1538)	0.5756** (0.1477)	0.5793** (0.1538)
<i>Inversión privada</i>	0.0632** (0.0205)	0.0616** (0.0182)	0.0632** (0.0205)
<i>Inversión privada (-2)</i>		0.0514** (0.0236)	
<i>Capital Humano (-1)</i>	0.5862** (0.2194)	0.5028** (0.1886)	0.5862** (0.2194)
<i>Aeropuerto*CH</i>	0.8713** (0.266)	0.5638** (0.2353)	0.8713** (0.266)
<i>R² Ajustado</i>	0.57	0.65	0.57
<i>Observaciones</i>	96	96	96
<i>T</i>	3	3	3
<i>N</i>	32	32	32

Ver notas del cuadro 13.

FUENTE: Elaboración propia.

Solo la variable Agua tiene un efecto en su forma contemporánea. Además, presenta un valor positivo y alto en comparación a los vistos anteriormente, sin embargo, el valor rezagado dos periodos presenta un efecto negativo, en contra de lo que se venía presentando. Este grupo de áreas urbanas tiene impactos elevados en el crecimiento del ingreso en relación al resto, donde la inversión privada, el trabajo y el capital humano rezagados un periodo y la variable interactiva de aeropuerto y capital humano sobresalen con los mayores efectos.

5.5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el conjunto de estimaciones se aprecian efectos positivos y altamente significativos de la fuerza laboral en todos los modelos. Una característica de esta variable es que en todos los casos, excepto la muestra Sur-Golfo, los efectos de un aumento de la fuerza laboral no son inmediatos, es decir, tienen importancia en el crecimiento económico hasta después de un periodo (equivalente a cinco años promedio de la base de datos), ya que fue necesario considerar a la variable en su primer retardo. Una explicación práctica de este comportamiento es que la contratación de nuevos trabajadores absorbe recursos que en principio podrían ser destinados a la generación de un mayor crecimiento, por lo que éste se contrae momentáneamente, mientras que con el paso del tiempo esos contratos empiezan a generar rendimientos manifestados en impactos positivos sobre el crecimiento económico.

El financiamiento de nuevas inversiones para producir bienes y servicios invariablemente fue estimado como positivo y altamente significativo para el crecimiento económico. Destaca por ser una de las pocas variables en las que su valor contemporáneo sí está impactando significativamente el crecimiento de las áreas urbanas.

Además, y debido a que se trata de inversiones en capital que están destinadas a prolongar la vida útil de la maquinaria y equipos de producción, o su capacidad de producción, esta cualidad se ve reflejada en efectos positivos y altamente significativos de su valor después de dos periodos de originada la inversión. Esta conducta es una constante en los resultados de las muestras absoluta, de mayor ingreso, Sur-Golfo y ciudades capitales. Sin embargo, en las muestras de menor ingreso y ciudades de la Frontera Norte se obtuvieron resultados contrarios, indicando problemas agudos de inversiones en capital físico, en la primera, y posibles problemas de estimaciones consistentes en la segunda, debido al pequeño número de observaciones con las que fueron apoyadas esas regresiones.

Respecto al capital humano, medido a través de la cifra de estudiantes matriculados en educación secundaria, sus rendimientos en el crecimiento económico no parecen ser inmediatos. En ninguno de los ensayos el valor contemporáneo resultó significativo, por el contrario el primer retardo se estimó como positivo y significativo en las siguientes muestras: absoluta, de mayor ingreso, Sur-Golfo y capitales de estado. En las muestras de mayor ingreso y Sur-Golfo, además, resultó significativo aunque negativo un segundo retardo, reflejando con ello un comportamiento de rendimientos decrecientes sobre el crecimiento económico de esas áreas urbanas, una característica muy común de los insumos del crecimiento económico.

La inclusión de una variable interactiva entre capital humano y aeropuertos busca captar si el nivel de educación de las áreas urbanas que cuentan con mayor infraestructura aeroportuaria tiene también un peso importante en el crecimiento económico. Los resultados señalan que este factor constituye una razón de suma importancia para el crecimiento urbano en México. En todas las muestras, excepto la Sur-Golfo, las regresiones arrojaron coeficientes estimados positivos y altamente significativos.

En el caso de las áreas urbanas del Norte de México los valores estimados de este coeficiente sobrepasan incluso la unidad (con valores de 1.49, 1.54 y 1.57 en cada uno de los modelos ensayados), lo que sugiere que por cada uno por ciento de aumento de la matrícula en secundaria de las poblaciones con infraestructura aeroportuaria se genera un incremento en las tasas de crecimiento de esas economías mayor al 1.5 por ciento. Ello es indicativo de la gran absorción de capital humano que caracteriza a los servicios aeroportuarios.

Mientras que en la región Sur-Golfo se aprecia que de las 19 ciudades consideradas en la muestra sólo 13 de ellas dispone de aeropuertos, factor que combinado a su relativamente bajo desempeño educativo explica la no significancia estadística de este factor. Al contrario, en la Frontera Norte, solo una ciudad de las 17 que conforman la muestra registró ausencia de servicios aeroportuarios durante el periodo, además, la matrícula en educación secundaria es de las más elevadas

del país. De acuerdo a la información colectada, el valor promedio de la matrícula de secundaria de todas las áreas urbanas durante el periodo fue de 64.8 para las ciudades de la Frontera Norte, mientras que en la Sur-Golfo se ubicó en 61.2, al hablar en términos educativos esta diferencia puede llegar a generar desigualdades notables en términos de crecimiento.

La infraestructura física referente a disponibilidad de agua potable, suministro eléctrico, drenaje y la red de carreteras también han impulsado el crecimiento urbano de México. Sin embargo, su evidencia es menos consistente que los factores hasta ahora comentados, ya que en función de su significancia estadística se aprecian más sensibles a la muestra y variable dependiente usada.

El crecimiento de las tomas de agua potable en las áreas urbanas de mayor ingreso, las ciudades capitales y la muestra absoluta se tradujo en mayores tasas de crecimiento económico solamente hasta después del segundo retardo, el efecto de los valores contemporáneos de esas inversiones no fue importante y los valores de su primer retardo indican una asociación negativa con el crecimiento (caso de la muestra absoluta y ciudades de mayor ingreso).

La ampliación de la dotación de agua potable a un mayor número de habitantes tiende a mejorar las condiciones de bienestar, propicia el progreso y constituye un terreno fértil para la proliferación de las diferentes actividades económicas que elevan el nivel de producción. Sin embargo, parece ser un proceso que lleva tiempo en completarse. El elevado costo de inversión pública de esa infraestructura tiende a inhibir, en principio el crecimiento, ya que hay que destinar una cantidad importante de recursos económicos para ello. Mientras no se recuperen esas inversiones con mayores empleos, producción y atracción de capital privado, sus rendimientos en el crecimiento no se verán reflejados de manera inmediata.

Esta parece ser también la tónica en las áreas urbanas del Sur-Golfo, aunque para esta muestra el aumento de la disponibilidad de agua potable en su valor contemporáneo sí representó tasas mayores de crecimiento. En las muestras de

ciudades de menor ingreso y Frontera Norte no se encontró evidencia que asociara la infraestructura de agua potable con sus resultados de crecimiento.

La infraestructura de drenaje urbano subraya una dinámica parecida. En las muestras donde este factor resultó significativo su efecto sobre el crecimiento económico resultó negativo en su primer retardo y positivo en el segundo (véase muestras absoluta, mayor ingreso, menor ingreso y Sur-Golfo).

Finalmente, en tres de las muestras consideradas se pudo obtener evidencia significativa de que el aumento de la red de carreteras, medido a través del índice sintético, se halla asociado positivamente a incrementos en las tasas de crecimiento. Estas muestras son la absoluta, ciudades de mayor ingreso y Sur-Golfo. En todas ellas el valor contemporáneo fue positivo y significativo, mientras que solamente la región Sur-Golfo muestra evidencia de su primer retardo en esa dirección.

5.6. PRUEBAS DE ESPECIFICACIÓN

Los cuadros 19 y 20 muestran los resultados del test BDS cuya hipótesis nula para este caso es que los residuos estandarizados del mejor modelo tienen un comportamiento independiente e idénticamente distribuidos (*i.i.d*) ya que acuerdo con la metodología de Mínimos Cuadrados Ordinarios (Johnston y Dinardo, 1997), si el modelo está bien especificado, los residuos estandarizados deberían ser *i.i.d* (Kanzler, 1999), así, se dice que cada error tiene la misma distribución de probabilidad y que todos son mutuamente excluyentes.

Cuadro 19. Resultados del Test BDS para la especificación del modelo.

	<i>General</i>			<i>Norte</i>			<i>Sur</i>			
	<i>YPT</i>	<i>YPO</i>	<i>YP15</i>	<i>YPT</i>	<i>YPO</i>	<i>YP15</i>	<i>YPT</i>	<i>YPO</i>	<i>YP15</i>	
m=2	BDS Est.	-0.0110	-0.0095	-0.0102	0.0046	-0.0109	0.0044	-0.0090	-0.0012	0.0161
	Error Std.	(0.005)	(0.005)	(0.0055)	(0.0101)	(0.0091)	(0.0105)	(0.0125)	(0.009)	(0.011)
	Prob.	0.0479	0.0559	0.0639	0.6518	0.2265	0.6759	0.4704	0.8930	0.1427
m=3	BDS Est.	-0.0213	-0.0176	-0.0199						
	Error Std.	(0.008)	(0.0079)	(0.0087)						
	Prob.	0.0159	0.0252	0.0231						
m=4	BDS Est.	-0.0093	-0.0049	-0.0080						
	Error Std.	(0.010)	(0.0093)	(0.0105)						
	Prob.	0.3775	0.6007	0.4467						
m=5	BDS Est.	-0.0019	0.0027	-0.0006						
	Error Std.	(0.011)	(0.0097)	(0.0109)						
	Prob.	0.8643	0.7808	0.9583						
Observaciones	213	213	213	51	51	51	57	57	57	

Fuente: Elaboración propia.

El test se evaluó para todas las dimensiones m entre 2 y 5 para las estimaciones con n>100 y con m de 2 para n<100, el tamaño de la cercanía ϵ se eligió según el criterio de Kanzler (1999) en 0.7.

Cuadro 20. Resultados del Test BDS para la especificación del modelo.

	<i>Ricos</i>			<i>Pobres</i>			<i>Capitales</i>			
	<i>YPT</i>	<i>YPO</i>	<i>YP15</i>	<i>YPT</i>	<i>YPO</i>	<i>YP15</i>	<i>YPT</i>	<i>YPO</i>	<i>YP15</i>	
m=2	BDS Est.	-0.0054	0.0114	-0.0043	0.0099	-0.0021	0.0066	0.0010	-0.0002	0.0001
	Error Std.	(0.0074)	(0.007)	(0.0071)	(0.0075)	(0.0077)	(0.0074)	(0.0092)	(0.0085)	(0.0092)
	Prob.	0.4638	0.1028	0.5463	0.1821	0.7833	0.3676	0.9117	0.9835	0.9896
m=3	BDS Est.	-0.0118	0.0187	-0.0130	0.0083	-0.0048	0.0039			
	Error Std.	(0.0118)	(0.0111)	(0.0113)	(0.0119)	(0.0122)	(0.0117)			
	Prob.	0.3174	0.0927	0.2514	0.4880	0.6919	0.7407			
m=4	BDS Est.	-0.0077	0.0263	-0.0137	0.0152	0.0015	0.0108			
	Error Std.	(0.0141)	(0.0133)	(0.0135)	(0.0143)	(0.0146)	(0.0141)			
	Prob.	0.5858	0.0475	0.3118	0.2881	0.9205	0.4414			
m=5	BDS Est.	-0.0032	0.0304	-0.0088	0.0121	0.0016	0.0086			
	Error Std.	(0.0147)	(0.0139)	(0.0141)	(0.015)	(0.0153)	(0.0147)			
	Prob.	0.8282	0.0284	0.5349	0.4204	0.9173	0.5571			
Observaciones	108	108	108	105	105	105	96	96	96	

Fuente: Elaboración propia.

El test se evaluó para todas las dimensiones m entre 2 y 5 para las estimaciones con n>100 y con m de 2 para n<100, el tamaño de la cercanía ϵ se eligió según el criterio de Kanzler (1999) en 0.7.

Si el modelo es correcto, entonces los residuos estimados pasarán la prueba de *i.i.d* , en caso contrario es una sospecha de que el modelo seleccionado está mal especificado (Kim et al., 2003).

El test se realiza para las tres variables dependientes de cada estimación y los resultados indican que al 95 por ciento de confianza, no se rechaza la hipótesis nula en ninguna de las estimaciones, siendo éstas correctamente especificadas.

5.7. CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO

En este capítulo se evaluó el efecto de la infraestructura en el crecimiento económico mediante el modelo empírico presentado en el capítulo dos con las variables transformadas en el capítulo 4, se incluyó en el modelo una variable de tendencia lineal y una variable interactiva de aeropuerto y capital humano, se le aplicaron rezagos a las variables y se estimó para el total de las áreas urbanas, para las áreas urbanas de la frontera norte y para los estados del sur, también se calculó para la agrupación de las áreas urbanas de mayores y menores ingresos

Los resultados ofrecen evidencia de la existencia de un efecto positivo de la infraestructura física productiva sobre el crecimiento económico de las áreas urbanas de México durante el periodo de análisis. Las regresiones presentan coeficientes estadísticamente significativos y además concuerdan con las expectativas teóricas de la relación crecimiento-infraestructura.

Los estimadores para los diferentes tipos de infraestructura variaron según las agrupaciones, lo que se traduce como heterogeneidad regional, cada región requiere de infraestructura adecuada a su clima y condiciones geográficas.

Asimismo, se encontró que el efecto de la infraestructura es mayor en las agrupaciones que cuentan con menores dotaciones, ello puede ser indicativo de un efecto de saturación en la región norte, las áreas urbanas de mayor ingreso así

como las capitales y por eso sus elasticidades fueron menores, negativas o no significativas.

Finalmente se valoraron los modelos propuestos mediante a prueba BDS que arrojó resultados favorables, es decir que los modelos están correctamente especificados.

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES FINALES

En este trabajo de investigación se presentó la relación crecimiento e infraestructura en las áreas urbanas de México en un periodo de 1985 a 2008 buscando evidencia de que la infraestructura tiene un efecto temporal que no ha sido abordado claramente en la literatura empírica y que puede generar sesgos o errores en la interpretación de los resultados.

Se presentó el estado del arte del efecto de la infraestructura en la economía así como en el crecimiento económico, acopiando evidencias de que además del efecto inmediato de la dotación de infraestructura también existen otros efectos que pueden ser de mediano y largo plazo.

Para esto fue necesario proponer un modelo empírico que permita la estimación pues la teoría económica carece de uno. Se construyó una base de datos que contuviera información para las áreas urbanas de México de datos económicos y de infraestructura en distintos periodos de tiempo, base que se utilizó en la normalización de variables que pudieran ser estimadas mediante un método econométrico que se ajustara a los objetivos de la tesis y la información disponible.

A las variables utilizadas en las estimaciones se les efectuaron diferentes pruebas de estacionariedad encontrando en todas ellas problemas de raíz unitaria, el cual fue corregido al transformar las variables a primeras diferencias. Después de aplicar las mismas pruebas en las variables transformadas se encontró que siete aun presentaban problemas de raíz unitaria por lo que se les aplicó un test de cointegración, lo que arrojó relaciones cointegrantes en cada una de las variables relacionadas entre crecimiento e infraestructura.

Después se procedió a estimar las distintas combinaciones de variables eligiendo los mejores modelos según el criterio de información bayesiano, ya que a diferencia de otras alternativas impone mayor penalización por añadir regresores al

modelo (Gujarati y Porter, 2010, p. 494). Esto es especialmente importante cuando se trabaja en situaciones donde las muestras consideradas exhiben comportamientos heterogéneos, tal y como se ha documentado en la relación crecimiento e infraestructura.

Se probó la estimación de un modelo de efectos fijos, sin embargo, diversos ensayos con esta otra técnica resultaron infructuosos, ya que las variables explicativas fueron en general no significativas. En cambio, se decidió corregir este tipo de conflictos técnicos mediante opciones alternativas. Para tratar con el problema de la heterogeneidad se diseñaron las diversas muestras ya comentadas, mientras que para afrontar el problema de exogeneidad se estimó el modelo con hasta dos retardos de las variables explicativas. Además, posible autocorrelación serial fue reducida incluyendo un término de tendencia lineal. Se puede observar que en todas las regresiones ensayadas el coeficiente estimado fue altamente significativo, indicando la presencia de una relación muy fuerte en el tiempo de las variables.

Como conclusión general se encontró que en la mayoría de las variables de infraestructura la evidencia empírica sugirió que los efectos de las inversiones pueden captarse mejor si se usan los valores retardados de los insumos del crecimiento económico, lo que puede ser una relación más persistente en ejercicios de esta naturaleza donde a menudo se señala desde la teoría que la relación subyacente no es lineal ya que la pendiente va cambiando en la medida que las inversiones también van madurando. Esto puede ayudar a explicar en parte por qué algunos estudios previos no lograron evidencia estadísticamente significativa.

Además, se confirmó la creciente desigualdad entre las agrupaciones presentadas, la región Norte se aleja de la región Sur-Golfo mientras que las áreas urbanas de mayor ingreso se alejan de las de menor ingreso en términos de ingresos, la variable de tendencia lineal muestra una elasticidad de promedio 0.5 para la región norte, siendo la mayor de las distintas agrupaciones, si no se interviene con alguna política pública de redistribución la región seguirá alejándose del Sur del país en términos económicos y de desarrollo.

Sin embargo, los resultados sugieren un posible efecto de saturación de la infraestructura tanto en la región Norte como en las áreas urbanas de mayores ingresos. En el caso de la región Sur-Golfo, todas las variables de infraestructura tuvieron efectos estadísticamente significativos. La variable Agua, Luz y Carreteras manifiestan presencia de efectos contemporáneos en promedio de 0.8, superior al de la inversión privada que no superó el 0.06. El factor trabajo tiene resultados negativos y el Capital Humano rezagado un periodo cuenta con una elasticidad similar a las de la infraestructura contemporánea. Además, las carreteras tienen efectos también en el mediano plazo con una elasticidad de 0.8. Por último, las variables Agua, Drenaje y Luz tienen también efectos en el largo plazo de 0.03 para la primera, cercanas a la unidad para la segunda y negativas para la última.

La evidencia sugiere que con una inversión alta en dotaciones de infraestructura en Drenaje, Agua entubada, Carreteras y en menor medida en Energía eléctrica se pueden incrementar las tasas de crecimiento, mejorar las condiciones de vida de los habitantes, generar empleos y desarrollo y con esto disminuir la brecha con la región Norte.

Respecto a las áreas urbanas de menor ingreso, las elasticidades de inversión privada y capital humano no son significativas, aunque solo la variable Trabajo presentó evidencia significativa, aunque su elasticidad no es muy fuerte, ya que solo se estimó en la mitad de la elasticidad que presentaron las áreas de mayores ingresos. Sin embargo, las elasticidades de infraestructura fueron importantes. Una fuerte inversión en Drenaje puede tener elasticidades superiores a 2 en un efecto contemporáneo, negativo en el mediano plazo pero superiores a la unidad en el largo plazo, inversiones que pudieran disminuir la desigualdad con respecto a las áreas de mayores ingresos.

Con los resultados obtenidos se cumplen los objetivos trazados en la tesis y se comprueba la hipótesis sugerida. Se documenta, además, la existencia de heterogeneidades regionales que se sugieren abordar desde el ámbito de la

economía espacial para medir a su vez los efectos de la distancia y la vecindad en la relación entre el crecimiento económico y la infraestructura.

Bibliografía

- ÁLVAREZ, I. y BECERRIL, O. 2008. Crecimiento e infraestructuras productivas en el Estado de México. *Actividad económica en el Estado de México*. México: Gobierno del Estado de México.
- ARELLANO, M. y BOVER, O. 1990. La econometría de datos de panel. *Investigaciones Económicas*, XIV, 3-45.
- ASCHAUER, D. 1989a. Back of the G-7 pack: public investment and productivity growth in the Group of Seven. Federal Reserve Bank of Chicago.
- ASCHAUER, D. 1990. Why is infrastructure important? *Federal Reserve Bank of Boston; Conference Series*, 21-68.
- ASCHAUER, D. 1998. Public Capital and Economic Growth: Issues of Quantity, Finance, and Efficiency. *The Jerome Levy Economic Institute*, Working paper 1-22.
- ASCHAUER, D. 2000a. Public Capital and Economic Growth: Issues of Quantity, Finance, and Efficiency. *Economic Development and Cultural Change*, 48, 391-406.
- ASCHAUER, D. 2000b. Why Is Infrastructure Important. *Conference Series, Federal Reserve Bank of Boston*, 38-47.
- ASCHAUER, D. 2008. ¿Es productivo el gasto público? *Papeles de Economía Española*, Inversión pública territorializada.
- ASCHAUER, D. A. 1989b. Is public expenditure productive? *Journal of Monetary Economics*, 23, 177-200.
- AVILÉS, A. 2001. El impacto de la infraestructura pública sobre la actividad privada, un análisis por regiones y ramas de actividad de la economía española. *Instituto de estudios fiscales de la Universidad de Málaga* 6/01, 17-29.
- BAJO-RUBIO, O. y SOSVILLA-RIVERO, S. 1993. Does public capital affect private sector performance?: An analysis of the Spanish case, 1964–1988. *Economic Modelling*, 10, 179-185.
- BALTAGI, B. y KAO, C. 2001. Nonstationary panels, cointegration in panels and dynamic panels: A survey. *In Badi H. Baltagi, Thomas B. Fomby, R. Carter*

Hill (ed.) *Nonstationary Panels, Panel Cointegration, and Dynamic Panels (Advances in Econometrics, Volume 15)*. Emerald Group Publishing

BARRO, R. 1990a. Government Spending in a Simple Model of Endogeneous Growth. *The Journal of Political Economy*, Vol. 98, No. 5, Part 2, 106s.

BARRO, R. 1990b. Government Spending in a Simple Model of Endogeneous Growth. *The Journal of Political Economy*, Vol. 98, No. 5, Part 2, S103-S125.

BARRO, R. 1999. Notes on Growth Accounting. *Journal of Economic Growth*. Núm. 4, 119-137.

BARRO, R. y LEE, J.-W. 1993. International comparisons of educational attainment. *NBER Working Paper Series*, April, 1-47.

BARRO, R. y SALA-I-MARTIN, X. 1992. Public Finance in Models of Economic Growth. *The Review of Economic Studies*, 59, 645-661.

BARRO, R., MANKIEW, G. y SALA-I-MARTIN, X. 1995. Capital Mobility in Neoclassical Models of Growth. *The American Economic Review*, Vol. 85, Núm. 1, 103-115.

BIEHL, D. 1988. Las infraestructuras y el desarrollo regional. *Papeles de Economía Española*, 35, 293-310.

BOND, S., NAUGES, C. y WINDMEIJER, F. 2002. Unit Roots and Identification in Autoregressive Panel Data Models: A Comparison of Alternative Tests. *International Conferences on Panel Data*.

BOUGHEAS, S., DEMETRIADES, P. O. y MAMUNEAS, T. P. 2000. Infrastructure, Specialization, and Economic Growth. *The Canadian Journal of Economics / Revue canadienne d'Economique*, 33, 506-522.

BROOKS, D. y ZHAI, F. 2008. Efectos macroeconómicos del financiamiento de infraestructura: Historia de dos países. *Integración y Comercio*, 315-344.

BROOCK, W. A., SCHEINKMAN, J. A., DECHERT, W. D. y LEBARON, B. 1996. A test for independence based on the correlation dimension. *Econometric Reviews*, 15, 197-235.

BUHR, W. 2003. What is infrastructure? *Discussion Paper 107*, 1-32.

BUHR, W. 2009. Infrastructure of the Market Economy. *Discussion Papers in Economics*, 132, 1-74.

-
- BITRAGO, R. 2009. Reformas comerciales (apertura) en América Latina: revisando sus impactos en el crecimiento y el desarrollo. *Revista Facultad de Ciencias Económicas: Investigación y Reflexión*. Vol. XVII, Núm. 2, 119-131.
- CALDERÓN VILLARREAL, C. 2006. Apertura económica, salarios y migración internacional. *Análisis Económico*. Vol. XXI, núm 46, 167-187.
- CANCELO DE LA TORRE, J. R. y URIZ TOMÉ, P. 1994. Una metodología general para la elaboración de índices complejos de dotación de infraestructuras. *Estudios Regionales*. Núm. 40 167-188.
- CANTOS, P., GUMBAU, M. y MAUDOS, J. 2002. Transport Infrastructures and regional growth: evidence of the spanish case. *Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas*, WP-EC.
- CAPELLO, R. 2006. La economía regional tras cincuenta años: desarrollos teóricos recientes y desafíos futuros. *Investigaciones regionales*. Núm. 9, 169-192.
- CHIQUIAR, D. 2005. Why Mexico's regional income convergence broke down. *Journal of development economics*. Num. 77, 264-266.
- CHOI, I. 1999. Unit Root Tests for Panel Data. *WP, Kookmin University*.
- CIPOLETTA TOMASSIAN, G. 2008. La integración de infraestructura en América del Sur: El caso de Chile. *Integración y comercio*, 191-228.
- COOPER, M. Extending the Information Society to All: Enabling Environments, Investment and Innovation. Information infrastructure is a public good, 2005 Tunis. World summit on the information society, 1-7.
- CORTÉS, R., WALLACE, F. y CABRERA, L. F. 2000. El papel del capital humano en la adopción de tecnología extranjera en México 1990-2000. *EconoQuantum*, 6, 193-196.
- CRESCENZI, R. y RODRÍGUEZ-POSE, A. 2012. Infrastructure and regional growth in the European Union. *Instituto Madrileño de Estudios Avanzados*, working papers series in Economics and Social Sciences.
- CRIHFIELD, J. B. y PANGGABEAN, M. P. H. 1995. Is public infrastructure productive? A metropolitan perspective using new capital stock estimates. *Regional Science and Urban Economics*, 25, 607-630.
- CUTANDA, A. y PARICIO, J. 2005. Infraestructuras y crecimiento económico: el caso de las comunidades autónomas. *Universitat de Valencia*, WP-EC.

-
- DAUTREY, P. 2008. Desarrollo y apertura económica en México: la eterna cuestión de los eslabones perdidos. *Revista de Investigaciones Políticas y Sociológicas*. Vol. 7. Núm 2, 153-166.
- DE HAAN, J., ROMP, W. y STURM, J.-E. Public Capital and Economic Growth: Key Issues for Europe. International Seminar on Strengthening Public Investment and Managing Fiscal Risks from Public-Private Partnerships, 2007 Budapest, Hungary. 2-12.
- DE HOYOS, R. y LUSTIG, N. 2009. Apertura comercial, desigualdad y pobreza. *El trimestre económico*. Vol. LXXVI. Núm. 302, 283-328.
- DE LA FUENTE, A. 2001. Infraestructuras y política regional. *Fundación de Estudios de Economía Aplicada*.
- DE LA FUENTE, A. 2003. El impacto de los Fondos Estructurales: convergencia real y cohesión interna. *Fundación de Estudios de Economía Aplicada*, EEE158.
- DE LA FUENTE, A. 2008a. Inversión en infraestructuras, crecimiento regional y convergencia regional. *Papeles de Economía Española*, 15-26.
- DE LA FUENTE, A. 2008b. Inversión en infraestructuras, crecimiento y convergencia regional. *Fundación de Estudios de Economía Aplicada, Colección Estudios Económicos, 20-08*, 1-14.
- DE LA FUENTE, A., AVILÉS, A. y MELCHOR, F. 2002. *Fondos Estructurales, inversión en infraestructuras y crecimiento regional*, España, Editorial Galaxia, S. A.
- DE MATTOS, C. 2000. Nuevas teorías del crecimiento económico: una lectura desde la perspectiva de los territorios de la periferia. *Revista de estudios regionales*. Núm.58, 15-36.
- DE, P. 2008. Costos del comercio e infraestructura: Análisis de los efectos de los obstáculos al comercio en Asia. *Integración y comercio*, 253- 280.
- DELGADO WISE, R. y MÁRQUEZ C., H. 2007. Para entender la migración a Estados Unidos. El papel de la fuerza de trabajo barata mexicana en el mercado laboral transnacional. *Problemas del desarrollo*, 38, 11-34.
- DELGADO, J. y ÁLVAREZ, I. 2001. Metodología para la elaboración de índices de equipamientos de infraestructuras productivas *Momento Económico*, 20-34.

-
- DELGADO, M. J. y ÁLVAREZ, I. 2000. Public productive infrastructure and economic growth. *European Regional Science Association*, 40 Congress.
- DEVARAJAN, S., SWAROOP, V. y ZOU, H.-F. 1996. The composition of public expenditure and economic growth. China Economics and Management Academy, Central University of Finance and Economics.
- DIAZ-BAUTISTA, A. 2000. Convergence and economic growth in Mexico. *Frontera norte*, 13, 85110.
- EASTERLY, W. y REBELO, S. 1993. Fiscal policy and economic growth. *Journal of Monetary Economics*, 32, 417-458.
- EDMONDS, C. y FUJIMURA, M. 2008. Impacto de la infraestructura de carreteras transfronteriza sobre el comercio y la inversión en la subregión del Gran Mekong. *Integración y comercio*, 281-313.
- ESQUIVEL, G. 2000. Geografía y desarrollo económico en México. *Banco Interamericano de Desarrollo, Red de Centros de Investigación. Working Paper #R-389*, 20.
- EVANS, P. y KARRAS, G. 1994a. Are Government Activities Productive? Evidence from a Panel of U.S. States. *The Review of Economics and Statistics*, 76, 1-11.
- EVANS, P. y KARRAS, G. 1994b. Is government capital productive? Evidence from a panel of seven countries. *Journal of Macroeconomics*, 16, 271-279.
- FELTENSTEIN, A. y HA, J. 1995. The Role of Infrastructure in Mexican Economic Reform. *The World Bank Economic Review*, Vol. 9, No. 2, 287-304.
- FERNALD, J. G. 1999. Roads to Prosperity? Assessing the Link between Public Capital and Productivity. *The American Economic Review*, 89, 619-638.
- FOLGADO BLANCO, J. 1991. Las infraestructuras españolas ante el mercado único europeo *Papeles de Economía Española*, 124-133.
- FORD, R. y PORET, P. 1991. *Infrastructure and Private-Sector Productivity*.
- FUENTES, N. A. 2003. Crecimiento económico y desigualdades regionales en México: el impacto de la infraestructura. *Región y Sociedad*. Vol. XV. No. 27, 81-103.

-
- FUENTES, N. A. 2007. Las disparidades municipales en México: un estudio desde la óptica de la desigualdad. *Problemas del desarrollo*, Vol. 38, núm. 150, julio-septiembre, 232-233.
- FUENTES, N. A. y FUENTES, C. 2003. Apertura comercial y divergencia económica regional en México; una propuesta de financiamiento de infraestructuras públicas. *Crecimiento con convergencia o divergencia en las regiones de México, asimetría centro-periferia*. México: COLEF y P y V.
- FUENTES, N. A. y MENDOZA, E. 2003a. Convergencia e infraestructura. *Crecimiento con convergencia o divergencia en las regiones de México, asimetría centro-periferia*. México: COLEF y P y V.
- FUENTES, N. A. y MENDOZA, E. 2003b. Infraestructura pública y convergencia regional en México, 1980-1998. *Comercio Exterior*. Vol. 53. Núm. 2. Febrero, 178-187.
- FUENTES, N. A., DÍAZ-BAUTISTA, A. y RODRÍGUEZ, J. A. 2003. Modelos de convergencia y divergencia y su evidencia empírica. *Crecimiento con convergencia o divergencia en las regiones de México*. México: COLEF-Plaza y Valdés.
- GARCÍA LAUTRE, I., GIL CANALETA, C., PASCUAL ARZOZ, P. y RAPÚN GÁRATE, M. 1998. Una propuesta metodológica para la ordenación de las infraestructuras regionales. *Estudios Regionales*, 145-170.
- GARCÍA RODRÍGUEZ, E. 2009. Infraestructura e integración en América latina. *Boletín económico de Integración Económica Española*, 27-42.
- GARCIA-MILÁ, T. y MCGUIRE, T. J. 1992. The contribution of publicly provided inputs to states' economies. *Regional Science and Urban Economics*, 22, 229-241.
- GÓMEZ DE ANTONIO, M. 2001. *Una evaluación del impacto del stock de capital público en el crecimiento de la renta per cápita de las provincias españolas, para el periodo 1981-1991, mediante el empleo de técnicas econométricas de carácter espacial*, España, Universidad Complutense de Madrid.
- GUJARATI, D. 2004. *Econometría*, México, McGraw-Hill.
- GUTIÉRREZ DE VERA, F. y DODERO JORDÁN, L. 2007. Infraestructura y concesiones, un instrumento de desarrollo. *Revista Información Comercial Española*, 838.

-
- GUTIERREZ, L. E. 2008. *Potencial de desarrollo y desequilibrio regional en Chihuahua*, México, Instituto Chihuahuense de la Cultura.
- HADRI, K. 1999. Testing the Null Hypothesis of Stationary Against the Alternative of a Unit Root in Panel Data whit Serially Correlated Errors. *University of Liverpool*, WP.
- HANSEN, N. M. 1965. Municipal Investment Requirements in a Growing Agglomeration. *Land Economics*, Vol. 41, No. 1, 49-56.
- HERRANZ, A. 2004. *La dotación de infraestructuras en España, 1844-1935*, España, Banco de España.
- HIRSCHMAN, A. 1973. *La estrategia del desarrollo económico*, México, Fondo de Cultura económica.
- HOLCOMBE, R. 1997. A Theory of the Theory of Public Goods. *Review of Austrian Economics* 10, no. 1, 1-22.
- HOLTZ-EAKIN, D. 1993. State-specific estimates of state and local government capital. *Regional Science and Urban Economics*, 23, 185-209.
- HOLTZ-EAKIN, D. 1994. Public-Sector Capital and the Productivity Puzzle. *The Review of Economics and Statistics*, 76, 12-21.
- HOLTZ-EAKIN, D. y SCHWARTZ, A. E. 1994. Infrastructure in a Structural Model of Economic Growth. *National Bureau of Economic Research Working Paper Series*, No. 4824.
- HOLTZ-EAKIN, D. y SCHWARTZ, A. E. 1995. Spatial Productivity Spillovers from Public Infrastructure: Evidence from State Highways. *National Bureau of Economic Research Working Paper Series*, No. 5004.
- HULTEN, C. R. 1996. Infrastructure Capital and Economic Growth: How Well You Use It May Be More Important Than How Much You Have. *National Bureau of Economic Research Working Paper Series*, No. 5847.
- IM, K. S., PESARAN, M. H. y SHIN, Y. 1997. Testing for Unit Roots in Heterogeneous Panels. *Manuscript, Department of Applied Economics of the University of Cambridge*.
- JOHNSTON, J. y DINARDO, J. 1997. *Econometric Methods*, USA, McGraw Hill.

-
- KANZLER, L. 1999. Very fast and correctly sized estimation of the BDS statistic. Department of Economics at the University of Oxford. Inglaterra.
- KAO, C. 1999. Spurious Regression and Residual Based Test for Cointegration in Panel Data. *Journal of Econometrics*, 90, 1-44.
- KARAMAN, D. D. 2007. Comparison of Panel Cointegration Tests. *Humboldt-Universität zu Berlin, WP*.
- KIM, H., KANG, D. y KIM, J. 2003. The BDS statistic and residual test. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*.
- LÄCHLER, U. y ASCHAUER, D. 1998. Public investment and economic growth in Mexico. *The World Bank. Policy Research Working Paper. Num 1964*, 17-18.
- LARSSON, R., LYHAGEN, J. y LÖTHGREN, M. 1998. Likelihood Based Cointegration Test In Heterogeneous Panels. *Stockholm School of Economics WP*.
- LEVIN, A. y LIN, C. F. 1992. Unit Root Test in Panel Data: Asymptotic and Finite Sample Properties. *Discussion Paper, University of California at San Diego*.
- LIMÃO, N. y VENABLES, A. 2007. Infraestructuras, desventajas geográficas, costes de transporte y comercio. *Revista Información Comercial Española*, 23-43.
- LUCAS, R. 1988. On the mechanics of economics development. *Journal of Monetary Economics. Núm. 22*, 3-42.
- MADDALA, G. S. y WU, S. 1999. A Comparative Study of Unit Root Tests Whit Panel Data and a New Simple Test. *Oxford Bulletin of Economics and Statics*, 61, 631-652.
- MARTÍNEZ-PELLÉGRINI, S. 2003. Convergencia regional e interpretación: los casos de México y España. *Crecimiento con convergencia o divergencia en las regiones de México. Asimetría centro-periferia*. México: Plaza y Valdez y El Colegio de la Frontera Norte.
- MAS, M. y MAUDOS, J. 2004. Infraestructuras y crecimiento regional en España diez años después. *Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas, Universitat de Valencia*.
- MAS, M., MAUDOS, J., PÉREZ, F. y URIEL, E. 1993a. Capital Público y productividad de la economía española. *Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas, WP-EC*.

-
- MAS, M., MAUDOS, J., PÉREZ, F. y URIEL, E. 1994. Capital público y productividad en las regiones españolas. *Moneda y Crédito*, 198, 163-206.
- MAS, M., MAUDOS, J., PÉREZ, F. y URIEL, E. 1995. Infrastructures and productivity in the spanish regions. *Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas*, WP-EC.
- MAS, M., PÉREZ, F. y URIEL, E. 1993b. Dotaciones del capital público y su distribución regional en España. *Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas*, WP-EC.
- MAYER-FOULKES, D. 2007. Fallas de mercado en capital humano. La trampa intergeneracional de la pobreza en México. *El Trimestre Económico*, LXXIV(3), 543-614.
- MCCANN, P. 2005. *Urban and regional economics*, Reino Unido, Oxford University Press.
- MCCOSKEY, S. y KAO, C. 1998. A Residual Based Test of the Null of Cointegration in Panel Data. *Econometric Reviews*, 17.
- MUNNELL, A. H. 1990. Why has productivity growth declined? Productivity and public investment. *New England Economic Review*, Federal Reserve Bank of Boston, 3-22.
- MUNNELL, A. H. 1992. Policy Watch: Infrastructure Investment and Economic Growth. *The Journal of Economic Perspectives*, 6, 189-198.
- MYRDAL, G. 1974. *Teoría económica y regiones subdesarrolladas*, México, Fondo de Cultura Económica.
- NICHOLSON, W. 1997. *Teoría Microeconómica, principios básicos y aplicaciones*, España, Mc Graw Hill.
- NIJKAMP, P. y UBBELS, B. 1999. Infrastructure, suprastructure and ecostructure: A portfolio of sustainable growth potentials. *Faculteit der Economische Wetenschappen en Econometric. Research Memorandum 1999-51*, 1-18.
- NORIEGA, A. y FONTENLA, M. 2007. La infraestructura y el crecimiento económico en México. *El Trimestre Económico*, vol. LXXIV (4), núm. 296, 885-900.
- NOURZAD, F. 1998. Infrastructure capital and private sector productivity: A dynamic analysis. *Quarterly Journal of Business & Economics*, 37, 13.

-
- NOVALES, A. 1993. *Econometría*, España, McGraw Hill.
- OCEGUEDA HERNÁNDEZ, J. M. 2007. Apertura comercial y crecimiento económico en las regiones de México. *Investigación Económica*. vol. LXVI, núm 262, 89-137.
- OCEGUEDA HERNÁNDEZ, J. M. y PLASCENCIA LÓPEZ, G. 2004. Crecimiento económico en la región fronteriza de México y Estados Unidos: una contrastación empírica de la hipótesis de convergencia. *Frontera Norte*, enero-julio, año/vol. 16, número 031, 7-31.
- OTTO, G. D. y VOSS, G. M. 1996. Public Capital and Private Production in Australia. *Southern Economic Journal*, 62, 723-738.
- PEDRAJA, F., SALINAS, M. D. M. y SALINAS, J. 2002. Efectos del capital público y del capital humano sobre la productividad de las regiones españolas. *Papeles de Economía Española*, 135-148.
- PEDRONI, P. 1997. Panel Cointegration: asymptotic and Finite Sample Properties of Pooled Time Series Test with an Application to the PPP Hypothesis. *Indiana University, WP*.
- PHILLIPS, P. C. B. y OURLIARIS, S. 1990. Asymptotic Properties of Residual Based Test for Cointegration. *Econometrica*, 58, 165-193.
- POLESE, M. 1998. *Economía regional y urbana*, Costa Rica, Libro Universitario regional.
- POSTEL-VINAY, F. y ROBIN, J.-M. 2002. Equilibrium Wage Dispersion with Worker and Employer Heterogeneity. *Econometrica*, 70, 2295-2350.
- RAMÍREZ CEDILLO, E. 2007. La política fiscal desde una perspectiva de crecimiento endógeno, equilibrio presupuestal y fluctuaciones de corto plazo. *Problemas del desarrollo*, 39, 113-137.
- RAMÓN, M.-D. y PUIGCERVER, M. D. C. 2005. El papel del capital público y el capital humano en el crecimiento de las CC.AA. españolas: un análisis mediante datos de panel. *Investigaciones regionales*, 5-22.
- REPHANN, T. y ISSERMAN, A. 1994. New highways as economic development tools: an evaluation using quasi-experimental matching methods. *Regional Science and Urban Economics* 24, 723-751.
- RICHARDSON, H. 1986. *Economía Regional y Urbana*, Alianza Universidad Textos.

-
- RIVAS-ACEVES, S. 2010. Crecimiento económico vía cambio tecnológico gubernamental. *Análisis Económico*, XXV, 35-59.
- RIVAS-ACEVES, S. y CARRANCO GALLARDO, Z. 2009. El gobierno promotor del crecimiento: desarrollo tecnológico e incremento de la habilidad laboral. *Análisis Económico*, XXIV, 235-253.
- RIVAS-ACEVES, S. y VENEGAS-MARTÍNEZ, V.-M. 2008. Participación del gobierno en el desarrollo tecnológico: un modelo de crecimiento endógeno para una economía monetaria. *Problemas del desarrollo*, 39, 47-68.
- RODRÍGUEZ BENAVIDES, D., PERROTINI HERNÁNDEZ, I. y VENEGAS-MARTÍNEZ, F. 2012. La hipótesis de convergencia en América Latina: Un análisis de cointegración en panel. *EconoQuantum*, 9, 99-122.
- ROMER, P. 1986. Increasing returns and long-run growth. *The journal of political economy*. Vol. 94. Núm. 5, 1002-1037.
- ROMER, P. 1994. The Origins of Endogenous Growth. *The Journal of Economic Perspectives*, Vol. 8, No. 1, 3.
- ROS, J. 2008. La desaceleración del crecimiento económico en México desde 1982. *El trimestre económico*. Vol. LXXV, Núm. 299, 537-560.
- SALA-I-MARTIN, X. 2000a. *Apuntes de crecimiento económico*, España, Antoni Bosch.
- SALA-I-MARTIN, X. 2000b. *Apuntes de crecimiento económico*, España, Antoni Bosh Editor.
- SAMUELSON, P. y NORDHAUS, W. 1999. *Economía*, España, Mc Graw Hill.
- SAMUELSON, P. y NORDHAUS, W. 2002. *Economía*, España, Mc. Graw Hill.
- SOLOW, R. 1956. A Contribution to the Theory of Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 70, No. 1, 91-94.
- SOLOW, R. 1957. Technical change and the aggregate production function *The review of economics and statistics*, Vol. 39. Núm. 3, 312-320.
- WOOLDRIDGE, J. 2002. *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*, Inglaterra, The MIT Press.