

**El stock de capital público y su impacto
en el crecimiento de la renta per cápita
de las provincias mexicanas, mediante
el empleo de técnicas econométricas
para el tratamiento de datos espaciales.
2000-2006**

Nº 17

Diciembre 2009

**CUADERNOS DEL FONDO DE INVESTIGACIÓN
RICHARD STONE**

L. R. KLEIN

CENTRO

STONE

**El stock de capital público y su impacto
en el crecimiento de la renta per cápita
de las provincias mexicanas, mediante
el empleo de técnicas econométricas
para el tratamiento de datos espaciales.
2000-2006**

Nº 17

Diciembre 2009

Autor:

Jorge Rafael Figueroa Elenes

Facultad de Economía de la Universidad Autónoma de Sinaloa, México e
Instituto L.R. Klein de la Universidad Autónoma de Madrid, España.
Calzo de las Américas y Blvd. Universitarios, Culiacán, Sinaloa, México.
E-mail: fjfr@uas.uasnet.mx. Tel.: (0052) 6677161128

Sir Richard Stone (1913-1991) Premio Nobel de economía 1984, colaborador de J.M. Keynes durante la guerra, ha aportado a la economía los principios de la cuantificación rigurosa, desarrollando la contabilidad nacional y social, y ha sido pionero en el campo de la modelización macro y meso económica y de su utilización para la exploración y previsión de la evolución de la economía.

El Fondo de Investigación e Innovación Richard Stone (FIIRS) ha sido constituido para potenciar la actividad investigadora básica y aplicada y la difusión académica de sus resultados y facilitar así el pleno desarrollo de las carreras investigadoras en el Instituto L.R. Klein - Centro Stone.

Edita:

Instituto L.R.Klein – Centro Stone
Facultad de CC. EE. y EE.
Universidad Autónoma de Madrid
28049-Madrid
Teléfono: 914978670
Fax: 914978670
E-mail: klein.stone@uam.es
Página web: www.uam.es/klein/stone

ISSN: 1695-1387

© Todos los derechos reservados. Queda prohibida la reproducción total o parcial de esta publicación sin la previa autorización escrita del editor.

Resumen

El artículo mide el impacto del stock de capital público en el crecimiento del ingreso per cápita provincial de México, mediante la utilización de un enfoque alternativo a los que se han utilizado con anterioridad, incorporando como variables explicativas la inversión acumulada en infraestructuras públicas y los factores de aglomeración, pero agregando además al análisis, fenómenos que escasamente se han tenido en cuenta en los estudios relacionados con el tema y que se refieren a la dependencia y la heterogeneidad espacial. Se concluye que resulta imprescindible para explicar el comportamiento de la renta per cápita provincial de México, la utilización de técnicas y modelos espaciales, provenientes de la econometría espacial. Los resultados obtenidos en este análisis, avalan los obtenidos por Aschauer, en el sentido de la influencia positiva de la inversión pública en infraestructuras sobre el crecimiento de la renta per cápita y, comprueban la presencia de procesos relacionados directamente con la localización de los recursos y la presencia de factores espaciales que motivan y condicionan las variaciones del ingreso per cápita provincial.

Palabras clave.: infraestructuras, dependencia y heterogeneidad espacial, crecimiento de la renta provincial.

Abstract

The article measures the impact of the public capital stock in the growth of Mexico's provincial per capita income, by the using of an alter focus than those have been used previously, incorporating as explanatory variables the accumulated investment in public infrastructures and the agglomeration factors, but adding to the analysis, phenomena that barely have considered in the studies related to the topic and that refer to the dependence and the spatial heterogeneity. It is concluded that it turns out indispensable to explain the behavior of the Mexico's provincial per capita income, the using of techniques and spatial models that comes from the spatial econometrics. The results obtained in this analysis, support the obtained ones for Aschauer, in the sense of the positive influence of the public investment in infrastructures on the growth of the income per capita and, verify the presence of processes directly related to the location of the resources and the presence of spatial factors that motivate and determine the variations of provincial per capita income.

Key words: infrastructures, dependency and space heterogeneity, growth of the provincial rent.

1. Introducción

En la mayoría de los análisis que se han hecho para estudiar la manera en la que impacta la inversión en capital público y más específicamente en infraestructura, al crecimiento de las economías, se reconoce que el trabajo más inspirador en el sentido de despertar interés por el tema, es el de Aschauer (1989). Mediante la estimación de una función de producción agregada del tipo Cobb-Douglas, Aschauer (1989) utilizó como variables explicativas el trabajo, el capital privado y el capital público, encontrando una elevada productividad de este último para datos de la economía norteamericana, en una época en donde la productividad de esta había venido descendiendo. De entonces a la fecha y bajo la influencia del estudio en mención, diversos han sido los trabajos que se han realizado para evaluar, en distintos países, en diferentes condiciones y con diversas metodologías, si efectivamente el capital público impacta significativamente la productividad del capital privado propiciando un mayor crecimiento de las economías. Pero quizás encontrar una aportación significativa en tal sentido no sea suficiente, por lo que importa también identificar si todos los sectores económicos reaccionan de igual manera a tales impulsos, si todas las regiones de un país aprovechan de la misma forma los estímulos generados por una mayor inversión pública, si esta es propiciadora de un mayor ingreso por habitante, o bien, si es capaz de generar una reducción en los niveles de la desigualdad que a este caracteriza en las distintas regiones.

En Europa, particularmente en España y, en Estados Unidos, diversos análisis de este tipo se han realizado con la finalidad de encontrar respuestas a los mencionados planteamientos. En el caso de España, Álvarez, Orea y Fernández (2003), resumen de manera detallada los trabajos que se han realizado con datos de la economía española, proponiendo una separación en la literatura entre aquellos que utilizan series temporales de agregados nacionales y los que utilizan datos de panel de las Comunidades Autónomas. Es conveniente mencionar que en estos trabajos se aclara que no siempre se toma la información correspondiente al capital público de igual forma. En ocasiones este incluye tanto el llamado capital público productivo como el identificado como capital público social, pero en ocasiones los datos se refieren sólo a uno de ellos. Esto en cualquier caso

modifica los resultados toda vez que ha podido probarse que la productividad generada por uno y otro es diferente (Álvarez, Orea y Fernández, 2003)

Los estudios de este tipo, realizados con datos de la economía mexicana, son todavía muy escasos. La mayor de las veces el capital público productivo se ha incorporado a modelos de convergencia en la búsqueda de la identificación de los factores que explican las desigualdades regionales en el país y la manera de reducirlas. Más escasos aún son los trabajos en donde los gastos en infraestructura, léase capital público productivo, se hayan utilizado para estudiar el comportamiento del ingreso per cápita de las economías regionales, tomando en consideración factores espaciales, de la manera en la que, por ejemplo, se aborda en los trabajos de Moreno (1997) Y Gómez (2001), para el estudio del comportamiento de las economías españolas.

En este artículo se busca aportar en el encuentro de respuestas a preocupaciones como las expresadas, utilizando fundamentalmente la inversión pública en infraestructura, con información de las provincias (estados) mexicanas en el período 1993-2006, para establecer el impacto que esta tiene en el crecimiento de sus ingresos per cápita, tomando en cuenta la posibilidad de la presencia de efectos espaciales, tales como la dependencia y la heterogeneidad espacial. La sección 2 del presente análisis esta dedicada a la revisión de la literatura en la que, trabajando con datos de la economía española y mexicana, se ha estudiado la manera en la que el capital público invertido en infraestructura impacta el comportamiento del ingreso per cápita en las regiones. En esta sección también, se analizan las características de los estudios mas relevantes que se han realizado estableciendo el vínculo entre inversión en infraestructura pública y crecimiento del ingreso, en su relación con la consideración de la presencia de factores espaciales. En la sección 3 se presenta el modelo empírico con el que habrá de realizarse el análisis, explicando el origen, el tratamiento de los datos y la metodología a utilizar. En la sección IV se presentan los resultados de la estimación econométrica realizada siguiendo la metodología explicada en la sección anterior para, finalmente, en la sección V, dar a conocer las conclusiones más importantes.

2. Aportaciones en el estudio del impacto de la inversión en infraestructuras públicas en el crecimiento económico.

Aunque de manera general es reconocida la importancia de la inversión en infraestructuras públicas como factor para impulsar el crecimiento económico, lo cierto es que no existe acuerdo ni en la forma en la que es conveniente medir este impacto, ni en la magnitud que el mismo ha tenido. Los resultados encontrados por Aschauer (1989), despertaron el interés de muchos investigadores por el tema, pero los que se han encontrado en los estudios realizados posteriormente no han sido, por diversas razones, del todo coincidentes. En tal sentido pueden encontrarse trabajos¹ posteriores en donde se observan conclusiones a favor de una contribución positiva de las infraestructuras al crecimiento, en las cuales destacan los análisis de Munnell (1990) y Duggal, Saltzman y Klein (1999). Pero también los hay en los que la contribución no se aprecia o al menos no parece tan clara. Tal es el caso de los estudios de Tatom (1991), HoltzEakin (1994), García-Mila, McGuire y Porter (1996).

Pero ni aún en los casos en lo que se encuentra positiva la relación del stock de infraestructura con el producto y la productividad de una región, se ha obtenido una medida similar del grado en el que esta relación se establece. Generalmente se ha utilizado una medida de elasticidad para cuantificar el vínculo y la variabilidad encontrada en ella se mueve del 0,06 hasta el 0,39 (Guild, 1998). Cabe mencionar que en esta clasificación realizada por Guild (1998), se presentan diferencias en cuanto al nivel de análisis, encontrándose nacionales, estatales o metropolitanos y asimismo en relación con la variable utilizada para medir la productividad, incluyéndose en algunos modelos el Producto Interno Nacional, el Producto Bruto Estatal, el ingreso o el Valor Agregado Industrial.

Un resumen más reciente y similar al anterior, es el realizado por Rozas y Sánchez (2004). Ellos repasan los trabajos más importantes referidos a las estimaciones empíricas para medir el impacto de la infraestructura en la productividad. Identifican también diferentes

¹ Una mayor caracterización de las aportaciones de estos trabajos puede encontrarse en el trabajo de María Jesús Delgado Rodríguez e Inmaculada Álvarez Ayuso (2004), "La dotación del capital público y el capital humano: una aproximación teórica a los principales efectos sobre el crecimiento económico ", Enlaces, 2/diciembre, 1-28.

niveles de análisis, mencionando, en adición a los incluidos por Guild (1998), el internacional y en el caso de las variables para medir la productividad, incorporan al resumen anteriormente citado, el producto privado y la productividad total de factores. Las elasticidades mostradas por las estimaciones incluidas en el resumen de Rozas y Sánchez (2004), fluctúan entre 0,08 y 0,68, correspondiendo esta última a un trabajo de Démurger (2000) realizado a nivel provincial utilizando como variable dependiente el producto bruto provincial, con datos de 24 provincias de China para el período 1995-1998. El análisis de Démurger (2000), resulta relevante en tanto encuentra una relación no lineal entre infraestructura y crecimiento, debido a la influencia positiva de la primera sobre la segunda pero de manera decreciente, lo que advierte que las inversiones públicas realizadas para incrementar la infraestructura, deben necesariamente ir acompañadas de algunas medidas que aumenten la calidad de las mismas y otras que eficienten el funcionamiento de las instituciones que debieran regular su operación.

En cuanto a los estudios empíricos realizados para la economía española, Roca y Pereira (1998) consideran que los trabajos mas destacados que se han realizado mediante la estimación del valor de la elasticidad del PIB, teniendo como punto de partida una función de producción del tipo Cobb-Douglas, son los de Bajo y Sosvilla (1993), Argimón y otros (1993), Mas y otros (1993) y Garcia-F. y Serra (1994). También en ellos se han encontrado diferencias entre las distintas elasticidades estimadas y Roca y Pereira (1998) precisan que estas se deben en parte a la definición y estimación de las series de capital público que se utilizan y, por otro lado, al método de estimación econométrica que se ha empleado. Se aclara también que si bien es cierto no existe coincidencia en los valores estimados, si la existe en cuanto a poner en relieve la existencia de una relación positiva entre la inversión en capital público y el crecimiento del producto.

Más recientemente, Álvarez, Orea y Fernández (2003) realizan una recopilación de los estudios realizados en esta dirección utilizando datos de la economía española e incluyen, en adición a la lista anteriormente dtada, las aportaciones de Mas, Maudós, Pérez y Uriel (1994), Mas, Maudós, Pérez y Uriel (1996), Argimón y González-Páramo (1997), Dabán y Murgui (1997), Moreno, Artis, López-Bazo y Suriñach (1997), Pedraja, Ramajo y Salinas

(1999), Delgado y Álvarez (2000), Freire y Alonso (2002) y, Cantos, Gumbau-Albert y Maudós (2002). Dividen el conjunto de trabajos encontrados en dos subgrupos, incluyendo en el primero a aquellos que han utilizado series temporales de agregados nacionales y en el segundo los que han utilizado datos de panel con información de las Comunidades Autónomas. En su revisión, puede observarse el período que ha sido analizado, el sector al que se ha aplicado, el método de estimación que ha sido utilizado y las elasticidades que se han encontrado. Hacen notar que en el grupo puede observarse que los valores encontrados para la elasticidad del producto con respecto al capital público varían entre 0,24 y 0,02, mientras en algunos casos los estimadores no han resultado estadísticamente significativos. Atribuyen la variación en los resultados a dos posibles razones: la definición de capital público utilizada y la fuente de los datos que se han tomado.

Algunos otros trabajos no incluidos en los resúmenes a los que se ha hecho mención y que también se han realizado con información de la economía española, merecen ser considerados en este repaso de la literatura empírica existente por su originalidad y por su relación con el análisis que aquí se presenta. En la condición mencionada se encuentra el trabajo de Alonso-Carrera y Freire-Serén (2002), quienes si bien parten de un modelo tipo Aschauer (1989), el suyo tiene la particularidad de analizar las posiciones relativas de las regiones españolas en cuanto a las dotaciones de infraestructuras públicas, con especial referencia a una de ellas: Galicia. Pero además, en el análisis se estudia la posición de esta región dentro de dos ordenaciones de prioridades en la asignación regional de la inversión pública en infraestructuras. La primera basada en una estimación de la contribución de las diferencias en dotaciones de infraestructuras a las desigualdades regionales y la segunda en la aproximación de la rentabilidad social de la inversión pública en infraestructuras en cada región. Los resultados encontrados constituyen una provocación para replicar la metodología utilizada, con datos de otras economías, la mexicana por ejemplo.

También destacable resultan las aportaciones de Rodríguez-Vález y Arias (2004), quienes analizan el papel de las infraestructuras en la producción regional, pero incorporando la existencia de desbordamiento espacial en la productividad. Mediante el concepto de frontera de producción estocástica, modelizan la heterogeneidad de las regiones con

diferentes grados de eficiencia, pudiendo así identificar las variables capaces de explicar los niveles de ésta. Dentro de lo más relevante de las conclusiones a las que arriban, destaca el argumento de que los efectos en la eficiencia' de la ratio de composición del capital de la economía en público-privado, pueden ser usados como evidencia de la existencia de retardos entre la instalación de la infraestructura y el momento en que esta sea totalmente productiva. De esta manera el uso regular en los modelos de las fronteras de producción medias, podría estar infravalorando la productividad del capital público. En otro trabajo revisado coincidente con esta línea de trabajo, se encuentra también la importancia asignada a las posibilidades que ofrecen las técnicas de frontera, al permitir la contrastación del uso ineficiente de los factores productivos, en la medición de los efectos del capital público y el capital humano (Delgado y Álvarez (2004). En este trabajo, se precisa que las técnicas de frontera permiten calcular la eficiencia técnica como la distancia de la producción observada respecto de la frontera eficiente, que representa la producción y, además, se presenta un resumen de los principales trabajos que se han realizado utilizando estas técnicas, en la idea de medir la eficiencia tanto de empresas, como de sectores productivos y regiones. Sobre los trabajos mencionados en el resumen que presentan, se hace notar que ellos adolecen de carencias tales como el predominio del enfoque no paramétrico, la no modelización de la ineficiencia en función de las variables explicativas adecuadas y el hecho de que el capital público y humano no se introduzcan como factores productivos de manera simultánea (Delgado y Álvarez (2004). También merecen mencionarse las aportaciones de Nombela (2005), ya que aunque se ocupa de los modelos usuales en este tipo de análisis, resulta relevante el nivel de desagregación regional y por ramas de actividad que aplica. Destaca en su trabajo también, la estimación de ecuaciones que relacionan la productividad con retardos de la inversión en infraestructuras, lo cual permite eliminar posibles efectos de demanda y problemas de causalidad inversa.

Por otra parte, la literatura sobre trabajos realizados con datos de la economía mexicana, para estudiar la manera en la que la inversión pública y especialmente en infraestructuras estimula o afecta la productividad de la inversión privada o el crecimiento económico, no es muy abundante. La mayor parte de los estudios realizados, como describiremos enseguida, tienen que ver con la construcción de modelos de convergencia y han sido

realizados en la presente década. Sin embargo se han encontrado contribuciones previas que bien podrían considerarse pioneras en el estudio de la relación mencionada, utilizando información de las regiones de México. Tal es el caso del artículo de Looney y Frederiksen (1981), quienes analizan el impacto de la inversión de la infraestructura en México en la década de los setentas. Looney y Frederiksen (1981), estiman funciones de producción para México utilizando análisis de regresión múltiple, para analizar si el impacto de la inversión en infraestructura difiere tomando en consideración dos cuestiones; la existencia de dos tipos de inversiones públicas: económica y social² y; la existencia de dos tipos de regiones: intermedias y rezagadas. Siguiendo la tesis de Hansen (1965b), agrupan a las regiones de México (estados o provincias) mediante el análisis de clusters y confirman que el impacto de la infraestructura física económica es mayor en las regiones intermedias, mientras que la infraestructura social es la que tiene mayor impacto en las regiones consideradas rezagadas. Las aportaciones de Looney y Frederiksen (1981) son valiosas por diversas razones. Entre otras, además de las aportaciones mencionadas, porque sugieren una metodología, retornada por otros investigadores, para acercarnos a la construcción de una medida del stock de capital público o de infraestructuras, cuando la información estadística del país no reporta explícitamente este dato.

Precisamente por ello, Fuentes (2007), siguiendo también la tesis de Hansen (1965b), por medio del análisis de regresión calcula para México, con datos de 1998, una función de cuasi-producción para examinar si la inversión pública en infraestructura puede alterar los patrones de ingreso regional, así como para determinar si la efectividad de dicho tipo de inversión depende de su composición (económica y social) y de las características de las regiones receptoras (intermedias o rezagadas), encontrando que efectivamente, como antes, la efectividad de la inversión pública en infraestructura depende de su composición y de las características de las regiones receptoras. En este análisis, Fuentes (2007), aplicando una metodología³ sugerida por Biehl (1986), construye un indicador de infraestructura física económica al que identifica como EOC, a través del cálculo de una media aritmética de las

² Para una clasificación detallada de los dos tipos de infraestructura, ver Fuentes, Noé Áron (2003), "Crecimiento económico y desigualdades regionales en México: el impacto de la infraestructura", *Región y Sociedad*, vol. XV, núm. 27, p. 83.

³ Para un mayor detalle de la metodología utilizada para la construcción de los indicadores, ver Fuentes, Noé Áron (2003), "Crecimiento económico y desigualdades regionales en México: el impacto de la infraestructura", *Región y Sociedad*, vol. XV, núm. 27, pp. 89-90.

dotaciones de carreteras, ferrocarriles, puertos, telecomunicaciones y energía. La información que proporciona el indicador EOC, es posteriormente utilizada por Fuentes y Mendoza (2003), en un modelo de convergencia económica, a fin de determinar los factores que explican el proceso de divergencia a partir de la segunda mitad del decenio de los ochenta y ofrecer una evidencia empírica del efecto del capital público en el crecimiento económico de las entidades federativas de México en el período 1980-1998. Encuentran que la relación capital público-PIE en un primer período, 1980-1985, afecta positiva y significativamente a la tasa de crecimiento real anual del PIE per cápita, argumentando que los resultados son congruentes con la función económica del sector público centrado en la redistribución, ya que de hecho el período se caracteriza por la acción presupuestaria del Estado que generó transferencias entre las regiones, con lo que se atenuó la desigualdad del ingreso.

C.M. Fuentes (2001), en un trabajo donde analiza la relación entre la infraestructura y la productividad en el sector manufacturero mexicano en el período 1970-1985, arriba a las mismas conclusiones y afirma que, en esta etapa, la convergencia en los niveles del PIE per cápita en las regiones del país, puede atribuirse exclusivamente a los cambios en la dotación regional de infraestructura pública. Fuentes y Mendoza (2003) comprueban también como la significancia de las variables de infraestructura se pierde en el segundo período analizado, 1985-1998, lo que encuentra explicación fundamentalmente en dos hechos: la reorientación de la función del sector público, ahora centrado en la estabilidad macroeconómica y, la apertura comercial. El análisis realizado por Fuentes y Mendoza (2003:183), es también revelador de que las entidades federativas que en 1985 se caracterizan por una menor dotación de infraestructura pública por habitante -entre ellas Zacatecas, Oaxaca, Chiapas, Morelos, San Luis Potosí, Colima, Campeche, Hidalgo, Michoacán, Tlaxcala, Puebla y Yucatán- han sido las que han registrado una menor tasa de crecimiento de esta variable, pero además son también las de menor crecimiento del ingreso relativo. Para mayor contundencia, concluyen que un mayor desarrollo económico está ligado con una mayor dotación de infraestructura pública. Observan que, de manera general, las regiones caracterizadas por un nivel de desarrollo menor -Chiapas, Tabasco, Veracruz, Puebla, Zacatecas y Oaxaca- presentan dotaciones de infraestructura general y

económica inferiores a la media. En cambio, salvo alguna excepción, las regiones mejor dotadas en infraestructura pública consiguen niveles de ingreso superiores (Fuentes y Mendoza, 2003: 1 84),

Cabe mencionar que en relación con la apertura comercial, identificada líneas arriba como uno de los hechos que explican el proceso de divergencia que caracterizó las regiones de México en el período posterior a 1985, en un trabajo de Fuentes y Fuentes (2000), se presenta una propuesta de financiamiento de infraestructuras públicas, como una manera de atenuar las desigualdades regionales en el país, provocadas no sólo por la apertura, sino además por el nuevo rol del sector público en el marco del modelo neoliberal implementado en esa etapa. El proceso de convergencia de las regiones mexicanas es también analizado, para un período más amplio, por Cobacho, Bosch y Rodríguez (2004). Específicamente estudian los efectos de la inversión pública federal en el crecimiento económico regional del país de 1970 al 2000, considerando desagregaciones en gasto social y en infraestructuras. El análisis que realizan les permite hacer notar las grandes diferencias regionales existentes, destacando que, en el 2000, el PIB per cápita del estado más pobre (Oaxaca) apenas representa el 16 por ciento del estado más rico (Distrito Federal). Relevante para los propósitos del presente estudio resulta la reflexión en el sentido de que las diferencias económicas advierten un claro componente espacial. Como evidencia de lo dicho, precisan que el PIB per cápita medio de todos los estados del norte del país supera el PIB per cápita medio nacional, situación que ocurre en contrario para los estados del sur, donde, con un par de excepciones, todos los PIB per cápita son menores. Cobacho, Bosch y Rodríguez (2004), concluyen que los estados que recibieron mayor inversión pública per cápita, son aquellos que consiguieron reducir en mayor medida sus tasas mortalidad infantil y aumentar más sus tasas de alfabetización. Sin embargo dicen no haber encontrado ninguna evidencia de que la inversión pública haya tenido algún efecto en el crecimiento del PIB per cápita regional.

En la presente década se ha estudiado también el impacto de la inversión pública sobre algunos de los sectores de la economía. Tamayo (2001), utiliza un modelo de desequilibrio y ajuste, para estudiar de manera 'separada y conjunta, el efecto que tuvo sobre el

crecimiento industrial, la inversión en comunicaciones y transportes y, en educación. Para el período 1988-1993, concluye que ninguno de los dos rubros específicos de inversión pública federal, ambos expresados como proporción de la inversión federal total y considerados individualmente, han estimulado el dinamismo manufacturero en los estados. Esto es, que el ritmo de crecimiento industrial parece ser insensible a las diferencias inter-estatales en esas dos variables de inversión pública. Pero que, por otra parte, la inversión federal tomada de manera conjunta es un factor que sí parece estimular el dinamismo de la industria manufacturera en los estados.

Otros trabajos se han orientado específicamente a estudiar la manera en la que la inversión pública impacta la distribución del ingreso. Tal es el caso del artículo de Costa y Rodríguez (2004), quienes utilizando regresiones de tipo cuantil que incluyen variables dummies y rezagas, confirman, para el período 1993-1998, la hipótesis de que las desigualdades regionales se pueden atribuir a la distribución regional de la inversión pública, observando además que la inversión pública ayudó principalmente a reducir desigualdades regionales entre las regiones' más ricas.

Las aportaciones recientes de Castillo, Guerrero, Rodríguez y Ampudia (2005) y de Caballero, Cobacho y Molina (2007), también resultan relevantes en la revisión de la literatura empírica que aquí se desarrolla. El primero de ellos parte de la argumentación de que en las regiones de México, existe una diferencia entre la infraestructura existente y el gasto público ejercido para este fin y que esta diferencia representa los recursos que se han perdido en fraudes, malversación de fondos, despilfarro o mala administración, lo que evidencia un problema importante de corrupción. Lo anterior significa que los análisis que se realizan utilizando como variable explicativa la inversión en infraestructuras, debieran tomar como información de esta no lo que se declara que se ha invertido, sino lo que realmente se puede cuantificar como infraestructura disponible. Por ello Castillo, Guerrero, Rodríguez y Ampudia (2005), con datos del período 1973-2003, crean un Índice de Honestidad y Eficiencia en la Generación de Infraestructura Pública, el cual se basa en las diferencias entre la cantidad de infraestructura pública existente (camino, carreteras, escuelas, hospitales, etcétera) y la cantidad acumulada de dinero gastado por los distintos

niveles de gobierno para crear dicha infraestructura. Para la cuantificación de la infraestructura pública existente toman como datos los referidos a obras de urbanización, electrificación, escuelas, hospitales, carreteras de cuota, carreteras libres, carreteras alimentadoras, caminos rurales, autopistas, puentes, vías férreas, infraestructura aeroportuaria, infraestructura portuaria, infraestructura telefónica, capacidad efectiva de servicio telegráfico, irrigación, agua potable, alcantarillado y, capacidad instalada de extracción de petróleo y gas natural. Los datos de gastos en infraestructura los dividen en los siguientes grupos: caminos y aeropuertos, vías férreas, puertos, generación y distribución de energía, edificios públicos y escuelas, salud pública y hospitales, drenaje y agua potable, telecomunicaciones, infraestructura turística, etc. Encuentran que, de manera general, puede apreciarse que en promedio cada estado debería tener el doble de infraestructura pública de lo que realmente tiene, lo cual muestra el grave déficit en la infraestructura que se tiene, dado el gasto que ya se ha ejercido para generarla. Con mayor detalle hacen notar que la entidad peor evaluada es el Distrito Federal, la que en los últimos treinta años ha gastado casi seis veces más de lo que realmente existe en infraestructura, mientras la entidad mejor calificada fue Michoacán, la que ejerció sus recursos gastando 14 por ciento más de con lo que realmente cuenta. Por su parte el trabajo de Caballero, Cobacho y Molina (2007), tiene por objetivo proponer un modelo para la planificación de la inversión pública federal en México. Partiendo de la consideración de que la inversión pública federal es un instrumento importante de política regional que puede fomentar el crecimiento y reducir las desigualdades regionales existentes en México a nivel económico y social, al actuar como mecanismo de redistribución, construyen un modelo multiobjetivo no lineal con variables de decisión continuas, resuelto utilizando un método metaheurístico en la obtención del conjunto eficiente, y un procedimiento interactivo para el proceso de selección de una solución final.

Como con anterioridad se ha dicho, el presente artículo pretende estudiar el impacto que ha tenido en el crecimiento de los ingresos per cápita de las provincias (estados) mexicanas, la inversión pública en infraestructura, tomando en cuenta la posibilidad de la presencia de efectos espaciales, tales como la dependencia y la heterogeneidad espacial. Con datos de la economía mexicana, se han encontrado trabajos que toman en cuenta los efectos espaciales

para analizar los patrones de crecimiento a través de la construcción de modelos de convergencia, pero sin considerar explícitamente como variable explicativa la inversión pública en infraestructuras. Por ejemplo, Aroca, Bosch y Maloney (2003), al igual que Fuentes y Mendoza (2003), consideran que la apertura comercial ha jugado un papel importante en la explicación del proceso de divergencia de las economías regionales en México, después de la mitad de la década de los ochentas. Establecen que el Acuerdo de Libre Comercio con Norteamérica (NAFTA), ha dado lugar a un proceso de polarización en las regiones mexicanas y en él, la dimensión espacial es necesario tenerla en cuenta. En su artículo, Aroca, Bosch y Maloney (2003), aplican la metodología del análisis espacial para preguntarse si tiene sentido hablar de un "norte" y de un "sur" en el caso de las regiones mexicanas o si los patrones del dinamismo en México son geográficamente independientes. La conclusión más relevante que se advierte, en el sentido de que el hecho de que los estados del "norte" tengan niveles de ingreso mayores a los del resto del país, no es exclusivamente atribuible a su cercanía con la frontera de los Estados Unidos, ya que ni siquiera es este el factor determinante. Concluyen además, que el crecimiento regional parece esencialmente ser distribuido aleatoriamente, con excepción del bajo potencial de crecimiento encontrado en Chiapas, Veracruz y Oaxaca, pero de nueva cuenta, no creen que su exclusión de las ventajas del NAFTA, se deban a que se encuentran lejos de la frontera con Estados Unidos.

En el mismo sentido, Pérez (2005) construye un modelo espacial para México, para encontrar los factores que explican el crecimiento y los desequilibrios regionales, tomando en cuenta el factor espacial. Parte de la premisa de que la concentración espacial de recursos puede explicar una parte importante de la renta y aborda el análisis considerando que existen variables explicativas espaciales y no espaciales, que son las que capturan los factores del crecimiento y por tanto son también las determinantes de los desequilibrios. Un aspecto relevante del trabajo de Pérez (2003), es el que se refiere a la clasificación que hace de las regiones de México, a partir de la aplicación de un coeficiente de clasificación (estado oligopólico o dependiente) que toma en cuenta tres criterios: el tamaño medio de las empresas, el peso del sector primario y el grado de especialización industrial o de desarrollo tecnológico. La aplicación del coeficiente mostró que de los 32 estados del país

sólo 10 podían considerarse oligopólicos, aunque en realidad sólo 8 de ellos cumplían de manera estricta con esta clasificación, y los restantes 22 se consideraron de tipo dependiente. Así mismo el mapeo de esta clasificación muestra una región norte del país eminentemente de tipo oligopólica conformada por 6 estados (Aguascalientes, Baja California Norte, Coahuila, Chihuahua, Nuevo León y Sonora) y un sur de corte dependiente, con algunas excepciones como el caso del Distrito Federal o Querétaro pertenecientes a los estados oligopólicos pero ubicados en el centro-sur del país (Pérez, 2003: 326). Dado que el estudio en mención compara el caso de México con el de España y Estados Unidos, conviene mencionar que también concluye que dado que en estos últimos existe un mayor equilibrio territorial y una mejor articulación interna que se refleja en mejores infraestructuras, el impacto de estas es mayor que en México en cuanto a favorecer un proceso de convergencia económica (Pérez, 2003: 340-341). En esta misma línea de investigación se encuentra un trabajo sobre la heterogeneidad espacial, convergencia y crecimiento regional en México, realizado por Valdivia (2007), para el período 1993-2003. En este caso, a diferencia de los comentados con anterioridad, se toman datos a nivel municipal y se implementa un modelo convencional de crecimiento no condicionado, encontrando convergencia absoluta en el crecimiento económico durante el período. Lo relevante es que tal proceso de convergencia es aparente cuando los efectos espaciales son involucrados en el modelo, a causa de la heterogeneidad espacial existente.

Pero si bien con datos de la economía mexicana no se han encontrado trabajos que tomen en cuenta los efectos espaciales para analizar los patrones de crecimiento de las economías regionales utilizando como variable explicativa la inversión pública en infraestructuras, si se han encontrado trabajos de tal naturaleza, en los que se hace uso de información de las regiones españolas. Por ejemplo, Moreno, Artís, López-Bazo y Suriñach (1997), ofrecen evidencias, para las regiones españolas en el período 1964-1991, sobre algunos aspectos de lo que ellos llaman el complejo vínculo entre infraestructuras y productividad. Aceptan que si bien es cierto que la mayoría de los estudios de este tipo han mostrado una relación positiva entre las variables en cuestión, lo cierto es que la elasticidad del capital público obtenida mediante las funciones Cobb-Douglas, parece demasiado grande para ser creíble. En este trabajo, en el que si bien se sigue tomando como base la función Cobb-Douglas, la

rigidez de esta se supera al aplicar el método de expansión de variables y la metodología y las técnicas de la econometría espacial. La modificación del modelo les permite a Moreno, Artís, LópezBazo y Suriñach (1997), mostrar que la relación entre infraestructuras y crecimiento económico resulta de menor magnitud cuando se tienen en cuenta los efectos regionales. De igual manera, concluyen que no puede hablarse de un efecto directo del capital público, ya que el vínculo entre las variables en mención, no depende sólo del nivel existente de stock de infraestructura, sino además de la forma en que las infraestructuras se articulan en su localización, tomando en cuenta al resto de factores existentes. También Gómez (2001) realiza un trabajo de investigación para analizar el impacto del stock de capital público en el crecimiento de la renta per cápita de las provincias españolas en el período 1981-1991, considerando factores espaciales. A través de distintos modelos intenta cuantificar el impacto del stock de capital público agregado, pero le interesa determinar cuál o cuáles de las distintas partidas que componen dicho stock ejercen una influencia mayor sobre el crecimiento de la renta per cápita provincial. Dentro de las conclusiones a las que se arriba en este análisis, destaca la consideración de que resulta imprescindible la utilización de técnicas y modelos específicamente espaciales para explicar la renta per cápita provincial, debido al fenómeno de la dependencia espacial. Argumenta que esta se debe a las particulares características que tienen los datos de series espaciales, ya que son recogidos en una escala agregada mayor que la que tiene el fenómeno bajo estudio, al mismo tiempo que se producen observaciones tomadas por unidades que están en el límite de las distintas provincias y, se debe también a la inherente organización espacial de los fenómenos en la realidad, como los procesos de difusión, dispersión e interacción (Gómez,2001:157). Concluye también que los resultados obtenidos ratifican los resultados obtenidos por Aschauer (1989), en el sentido del papel positivo de la inversión pública en el crecimiento de la renta per cápita. Encuentra que dicho impacto oscila en torno al 4,5 por ciento para el año 1981 y al 8,1 por ciento para el año 1991.

3. Los datos, el modelo y la metodología

El propósito de nuestro modelo es analizar el impacto que ha tenido la inversión pública en infraestructura en el crecimiento de los ingresos per cápita de las provincias (estados)

mexicanas en el período 1993-2006, tomando en cuenta la posibilidad de la presencia de efectos espaciales, tales' como la dependencia y la heterogeneidad espacial. En consecuencia el modelo estima el ingreso per cápita (LPIB) de las provincias (estados) mexicanas, en función de dos variables, el stock de capital público (LSCP) y una medida de aglomeración (H4_HT06).

Entonces el modelo a emplear es de la forma: $LPIB = \beta_1 + \beta_2 LSCP + \beta_3 H4_HT06 + \mu$

Donde:

LPIB = logaritmo del Producto Interno Bruto (2006) provincial per cápita.

LSCP = logaritmo del stock de capital público en infraestructuras (2006) provincial per cápita.

H4 _ HT06 = hoteles de 4 estrellas entre el total de hoteles, por provincia.

Dado que se explorará la presencia de factores espaciales, el modelo habrá de modificarse, si se comprueba la presencia de estos, dando lugar a un Modelo espacial Lag⁴ o un Modelo espacial tipo Error⁵.

$LPIB = \rho W LPIB + \beta_1 + \beta_2 LSCP + \beta_3 H4_HT06 + \mu$ Modelo espacial Lag

$LPIB = \beta_1 + \beta_2 LSCP + \beta_3 H4_HT06 + \varepsilon$ Modelo espacial tipo Error

$\varepsilon = \lambda W \varepsilon + \mu$

Donde:

WLPiB = corresponde al rezago espacial de la variable endógena y se obtiene del producto de la variable endógena por la matriz de pesos o de retardos (W).

W = Matriz con componentes w_{ij} iguales a 1 si las provincias (estados) son contiguos y w_{ij} igual a cero si no lo son.

La variable dependiente utilizada en el modelo busca capturar el crecimiento del ingreso per cápita de los habitantes en cada una de las regiones o provincias. Para ello se ha

⁴ Estos modelos se utilizan cuando la variable endógena de un modelo de regresión lineal esta correlacionada espacialmente. En tal caso, debe incorporarse al modelo el retardo espacial de la variable endógena, ya que, de no hacerlo, la dependencia espacial se trasladaría al término de perturbación del modelo, con lo cual este resultaría correlacionado espacialmente. Se llama a este' tipo de correlación, autocorrelación espacial sustantiva.

⁵ Estos modelos se utilizan cuando la autocorrelación espacial esta presente en el término de perturbación. Esto sucede cuando se omiten variables no cruciales pero que están correlacionadas espacialmente o bien por la presencia de errores de medida. En estos modelos se explicita un esquema de dependencia espacial en el término de error. Estos casos de autocorrelación son identificados como autocorrelación espacial residual.

decidido utilizar el logaritmo del Producto Interno Bruto Estatal⁶ per cápita del año 2006 (LPIB), que proporciona el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Como es objetivo del modelo medir el impacto del stock de capital público, se incluyó la variable explicativa LSCP. Dado que en la información estadística oficial mexicana no se recoge explícitamente una medida del stock de capital público en las provincias, se decidió utilizar como variable proxy, los egresos brutos en obra pública por entidad federativa, para el período 1993-2005, tomados de los compendios estadísticos regionales y los anuarios estadísticos por entidad federativa, publicados ambos por el INEGI. Este define el gasto en obra pública como las asignaciones para la creación de infraestructura física que contribuyen a la formación de capital en los estados y el país. Se entendería pues, que la información que utilizamos se refiere a infraestructura económica. Conviene aclarar que no se descarta la posibilidad de que los estados no incorporen todo su gasto de infraestructura dentro de la categoría de obras públicas. Sin embargo, dado que el INEGI toma la información y los datos de las propias entidades, aquí se supondrá que el reporte es completo. Dado que se disponía de información de datos del stock de capital público del período 1993-2005, se probaron varias maneras de incorporar esta información al modelo, decidiendo que la que mejor comportamiento mostraba, consistía en tomar el logaritmo del gasto acumulado per cápita en obra pública⁷ por provincia en el período 2000-2005 (LSCP), como una forma de probar como este se expresa en la dinámica del ingreso per cápita regional a partir de 2006. Se decidió incorporar también, como variable explicativa, una variable territorial que reflejara la existencia de procesos espaciales. Es decir algún indicador que contuviera y expresara la existencia de una aglomeración y el impacto de la concentración de recursos a través de las llamadas Fuerzas de Aglomeración Urbana. Después de considerar varias opciones, se encontró que lo más conveniente era incorporar como segunda variable, el número de hoteles de cuatro estrellas por provincia, entre el total de hoteles en ella.

La metodología a utilizar es la que convencionalmente se utiliza en los análisis realizados mediante la aplicación de la econometría espacial, que constituye una subdisciplina de la

⁶ Esta variable ha sido deflactada a precios de 1993.

⁷ Esta variable ha sido deflactada a precios de 1993.

econometría general, que proporciona las técnicas de contrastación y de estimación necesarias para trabajar con datos que presentan problemas de heterogeneidad⁸ y/o dependencia⁹ espacial (Moreno y Vayá, 2000). En principio se realizará el que llamaremos análisis exploratorio I (global), consistente en revisar a través del estudio de mapas y del contraste de autocorrelación espacial, si puede argumentarse a favor de la presencia de dependencia o heterogeneidad espacial en las variables a utilizar en el modelo. El contraste a utilizar será el contraste de autocorrelación espacial global 1 de Moran¹⁰(1948), cuya significancia mostrará, en su caso, la evidencia de dependencia espacial. Este análisis incluirá también la construcción e interpretación del llamado *scatterplot* de Moran¹¹ que consiste en un gráfico de contempla cuatro cuadrantes y que presenta en el eje de las abscisas las observaciones normalizadas de la variable de interés y en el eje de las ordenadas el retardo espacial de dicha variable. Posteriormente se realizará el análisis exploratorio II (local), consistente en la construcción y análisis de los gráficos *scatter map*, *significance map* y *cluster map* que permiten, a través de una imagen, observar el grado de asociación entre los valores de cada región en relación con el de sus regiones vecinas, pudiendo identificar qué regiones muestran concentraciones a su alrededor de valores

⁸ De acuerdo con Moreno y Vayá (2000:20), la heterogeneidad espacial se refiere a la variación de las relaciones en el espacio [...] se puede decir que existen dos aspectos distintos de heterogeneidad espacial: la inestabilidad estructural y la heteroscedasticidad. En el primer caso, la heterogeneidad espacial se concreta en la falta de estabilidad en el espacio del comportamiento de la variable bajo estudio [...] ante un problema de inestabilidad estructural, la forma funcional y los parámetros de una regresión pueden variar según la localización siendo, por tanto, no homogéneos en toda la muestra. El segundo aspecto, la heteroscedasticidad, proviene de la omisión de variables u otras formas de errores de especificación que llevan a la aparición de errores de medida.

⁹ De acuerdo con Moreno y Vayá (2000:21), la dependencia o autocorrelación espacial se presenta como consecuencia de la existencia de una relación funcional entre lo que ocurre en un punto determinado del espacio y lo que ocurre en otro (Cliff y Ord, 1973; Paelink y Klassen, 1979; Anselin, 1988a). Es decir, el valor que toma una variable en una región no viene explicado únicamente por condicionantes internos sino también por el valor de esa misma variable en otras regiones vecinas, incumpléndose por tanto el supuesto de independencia entre las observaciones muestrales. [...] La autocorrelación espacial puede ser positiva o negativa. Si la presencia de un fenómeno determinado en una región lleva a que este se extienda hacia el resto de las regiones que la rodean, favoreciendo así la concentración del mismo, nos hallaremos ante un caso de autocorrelación espacial positiva. [...] Por el contrario, existirá autocorrelación negativa cuando la presencia de un fenómeno en una región impida o dificulte su aparición en las regiones vecinas a ella, es decir, cuando unidades geográficas cercanas sean netamente más disímiles entre ellas que entre regiones alejadas en el espacio.

¹⁰ Este contraste pone a prueba la hipótesis nula de no autocorrelación espacial y para revisar el detalle sobre el cálculo del mismo, ver a Figueroa (2006:94) en "Modelo para el análisis del desarrollo económico regional: una aplicación Sinaloa". Universidad Autónoma de Sinaloa.

¹¹ En esta gráfica, los cuatro cuadrantes representan diferentes tipos de asociación espacial. De esta manera si los puntos del conjunto se encuentran dispersos en los cuatro cuadrantes, será una señal de que la correlación espacial no está presente. Pero si los puntos se encuentran concentrados sobre la diagonal que cruza los cuadrantes I y III, significará que existe una elevada asociación espacial positiva en la variable y su pendiente corresponderá al contraste de la 1 de Moran. Si en cambio los puntos se concentraran en los cuadrantes II y IV, será evidencia de la existencia de correlación espacial negativa.

similares o disímiles que son significativos, para lo cual se utilizará también el estadístico LISA (Local Indicador of Spatial Association).

Enseguida se llevará a cabo la estimación del modelo a través de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), para identificar los elementos del diagnóstico general. Se analizarán los valores y los signos de los estimadores. Además, la significancia individual y global de los mismos. Se realizarán también las pruebas para verificar el cumplimiento del comportamiento normal de los residuos y la no presencia de problemas de multicolinealidad y heteroscedasticidad. Se identificarán, las medidas de ajuste. Después, se realizará de nueva cuenta la estimación a través de MCO para disponer del diagnóstico para determinar la presencia de dependencia espacial (confirmatorio I). Se obtendrán la I de Moran y los test LML (Lagrange Multiplier Lag), RLML (Robust LML), LME (Lagrange Multiplier Error), RLME (Robust LME) y LM (Sarma)¹². Éstos test se utilizarán para comprobar la presencia de dependencia espacial y para determinar si habrá de utilizarse un modelo espacial Lag o bien, un modelo espacial tipo Error. De acuerdo con la literatura sobre el tema (Burridge, 1980; Bera y Yoon, 1992), si el supuesto de normalidad¹³ en los residuos se cumple, pueden compararse LME y LML, resolviendo que deberá utilizarse un modelo espacial Lag si $LML > LME$ Y la probabilidad de este último es mayor, mientras que resultará conveniente utilizar un modelo espacial tipo Error, siempre que $LME > LML$ y la probabilidad de este último sea mayor. En todo caso, se recomienda además, observar las versiones robustas de los test mencionados.

Luego, se realizará la estimación a través del método de Máxima Verosimilitud (MV) incorporando el componente espacial y aplicando el tipo de modelo que se haya resuelto utilizar (confirmatorio II). Se interpretarán de nueva cuenta el signo y el valor de los

¹² Para una revisión de los métodos para el cálculo de las fórmulas utilizadas por estos test, ver Moreno y Vayá (2000:79-97) en *Técnicas econométricas para el tratamiento de datos espaciales: la econometría espacial*, Edicions Universitat de Barcelona.

¹³ Si el supuesto de normalidad no se cumple, será necesario compararlas versiones robustas de los test. Es decir, RLML y RLME. En tal caso, la probabilidad asociada de RMLE debe tender a cero para decidir utilizar un modelo espacial tipo Error, o bien la probabilidad asociada de RLML debe tender a cero para decidir utilizar un modelo espacial Lag. Pueden también compararse las versiones robustas de los test, de tal manera que se utilice un modelo espacial Lag, si $RLML > RLME$ Y la probabilidad de este último sea mayor, o bien un modelo espacial tipo Error si $RLME > RLML$ Y la probabilidad de este último sea mayor.

estimadores obtenidos. Así mismo, se probará la no existencia de problemas de homoscedasticidad y se utilizarán las medidas de ajuste para comparar este modelo con el obtenido a través de MCO. Se verificará la no presencia de problemas de especificación siempre que se cumpla: $W > LR > LM$ ¹⁴. Finalmente, se considerará la presencia de heterogeneidad espacial, utilizando modelos de expansión de variables considerando las distintas agrupaciones de regiones que puedan haberse observado en los análisis exploratorios descritos con anterioridad.

4. Estimación del modelo

México, está formado por 31 provincias y un Distrito Federal donde se encuentra la capital del país. Para efectos del presente artículo se considerarán 32 provincias o estados identificándolos como las regiones de México. Como otros estudios lo han reseñado, México es un país de grandes contrastes y desigualdades. De acuerdo con los últimos datos oficiales sobre el comportamiento del Producto Interno Bruto nacional y regional, puede observarse claramente cómo las desigualdades no han logrado reducirse con el paso del tiempo. Como ejemplo, puede señalarse el hecho de que mientras regiones como el Distrito Federal presentan, en miles de pesos, un PIB per cápita de 39,29 en el año 2006, Chiapas apenas alcanza para el mismo año, un PIB per cápita de 6,58. Una diferencia más que evidente, ya que el ingreso por habitante en este último, representa apenas el 17 por ciento del primero. O dicho de otra manera, el ingreso per cápita en el Distrito Federal es 6 veces mayor que el que perciben los habitantes de los Estados de Oaxaca o Chiapas. La comparación, vista a través de la agrupación de las provincias o estados por regiones, refleja también evidentes desigualdades. Así puede observarse que el ingreso per cápita más alto, que corresponde a lo que identificaremos como la región Norte-Norte, formada por los estados que tienen frontera con Estados Unidos, representa prácticamente el doble del ingreso per cápita de la región Sur del país.

¹⁴ En esta prueba, W representa el valor del estadístico de prueba (z) para p en el modelo, elevado al cuadrado. LR es el valor del estadístico o el test LR y LM es el valor del test LML.

Tabla 1. México. Comportamiento del PIB per cápita por regiones (miles de pesos.2006

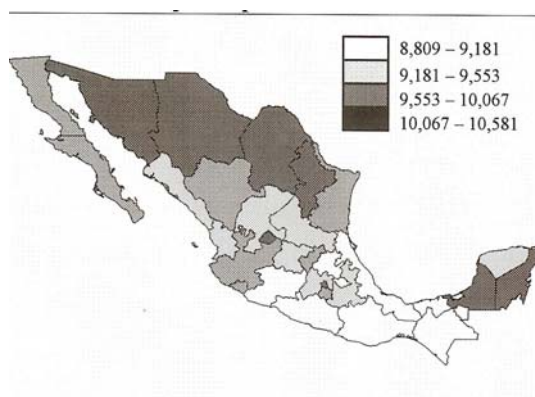
Indicadores	REGIÓN						
	Norte-Norte ^a	Centro-Norte ^b	Norte ^c	Centro 1 ^d	Centro 2 ^e	Sur 1 ^f	Sur 2 ^g
PIB per cápita	22,35	14,15	18,62	15,30	16,32	11,83	12,37
Coefficiente de variación	0,19	0,25	0,30	0,55	0,52	0,50	0,48

a) Incluye exclusivamente los estados que tienen frontera con Estados Unidos: Baja California, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Tamaulipas y Nuevo León. b) Incluye los estados vecinos de los estados ubicados en la clasificación regional Norte-Norte: Baja California Sur, Sinaloa, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas. c) Incluye conjuntamente los estados considerados en las regiones Norte-Norte y Centro-Norte. d) Incluye los estados ubicados en el centro del país: Aguascalientes, Colima, Guanajuato, Distrito Federal, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Tlaxcala, Puebla y Querétaro. e) Incluye los estados ubicados en Centro 1, sin considerar Tlaxcala y Puebla. f) Incluye los estados del sur del país: Campeche, Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Puebla, Tabasco, Tlaxcala, Veracruz, Quintana Roo y Yucatán. g) Incluye los estados de la región Sur 1, sin considerar Tlaxcala y Puebla.

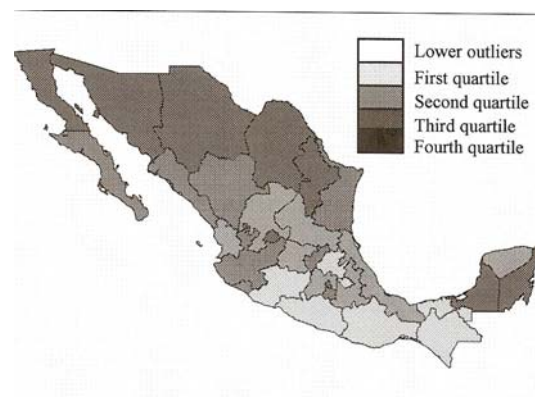
Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI.

Con estas consideraciones preliminares, iniciaremos el llamado análisis exploratorio **1**, buscando identificar si la variable dependiente del modelo (LPIB) presenta algún tipo de autocorrelación espacial, que deba ser considerado de manera explícita en los modelos a construir.

La figura 1, que muestra por regiones el logaritmo del PIB per cápita para el 2006, pone en evidencia que la distribución de éste no parece ser aleatoria, sino que más bien, en términos generales, se observa una asociación espacial positiva, ya que se aprecia que las regiones vecinas muestran valores similares. Puede adelantarse también, que se observa cierta heterogeneidad espacial, ya que las regiones de las provincias que tradicionalmente han tenido ingresos altos, se encuentran juntas y lo mismo sucede para las de ingresos tradicionalmente bajos.

Figura 1. Distribución espacial del LPIB per cápita. 2006

Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI.

Figura 2. Box Map del LPIB per capital.2006

Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI.

La observación de los llamados *box maps*, parece confirmar lo dicho con anterioridad.

Ahora se puede ver con mayor claridad en qué cuartil se ubica cada una de las regiones, observándose de paso que en este caso no se observa la presencia de *outliers*. La figura 2, muestra además, cómo las regiones que forman parte del mismo cuartil, se encuentran a su vez agrupadas en el espacio, mostrándose con mayor claridad esta situación en las regiones del Norte y del Sur del país. Llamen la atención los casos de las provincias de Aguascalientes y el Distrito Federal, las cuales se encuentran rodeadas de provincias que pertenecen a otro cuartil.

Para una mayor precisión acerca de la presencia de factores espaciales en el comportamiento de la variable endógena, resulta conveniente recurrir al cálculo ya mencionado del contraste de autocorrelación global I de Moran y su correspondiente *scatterplot*. El cálculo del citado contraste, muestra una evidente y significativa dependencia espacial positiva, conclusión derivada del signo que éste presenta y la significancia que del mismo se observa.

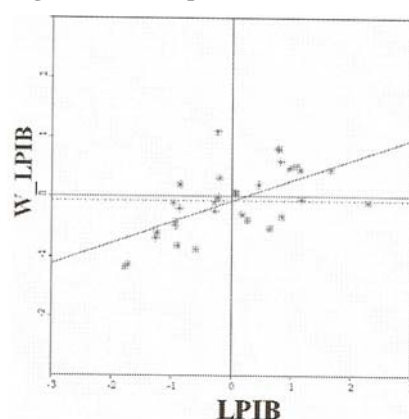
Tabla 2. Contraste de autocorrelación espacial global.

Variable	I de Moran	E[I]	Mean	Sd	P-Value
LPIB	0,3454	-0,0323	-0,0362	0,1238	0,0030

Fuente: Elaboración propia con base en resultados de Geoda.

La gráfica del *scatterplot* de Moran (figura 3), muestra que la mayor agrupación de los puntos se da en los cuadrantes I y III, confirmando la presencia de autocorrelación espacial positiva en la variable endógena estudiada (LPIB). Es decir, que las provincias de ingresos altos, se encuentran junto a otras de similar nivel de ingreso, mientras aquellas que presentan niveles de ingreso bajo tienen como vecinas a regiones o provincias con niveles de ingreso también bajos.

Figura 3. Scatterplot de Moran del LPIB

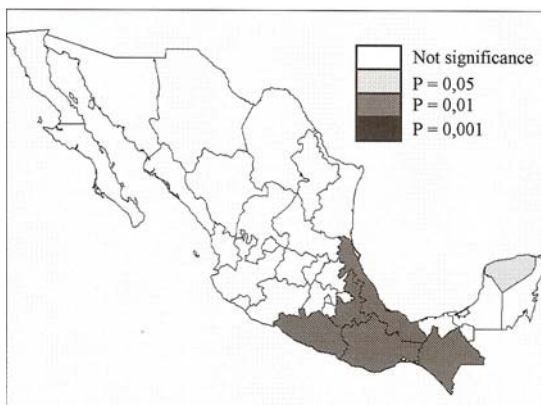


Fuente: Tomado de Geoda con datos de LPIB.

Una vez que se ha realizado el análisis exploratorio global, es necesario llevar a cabo el análisis exploratorio II (local), con la finalidad de identificar *clusters* o grupos de regiones que presenten alguna concentración de valores elevados o bajos de la variable analizada, que resulten significativamente más relevantes de lo que podría esperarse en caso de que existiera una distribución homogénea. Este análisis permite también identificar agrupaciones de valores disímiles, lo cual significa encontrar regiones en las que se encuentra un valor significativamente inferior o superior al que muestran las regiones colindantes. Como se ha dicho, la mejor manera de identificar estos *clusters* y las regiones en mención, es a través del cálculo del contraste de autocorrelación local identificado como el estadístico LISA I_i . Las figuras 4 y 5 muestran los resultados que se obtienen para el logaritmo del PIB per cápita de 2006, una vez que se han calculado los valores del contraste LISA. En la figura 4, se observan aquellas regiones que presentan valores significativos para este contraste, a tres diferentes niveles de significación. Estas ubicaciones

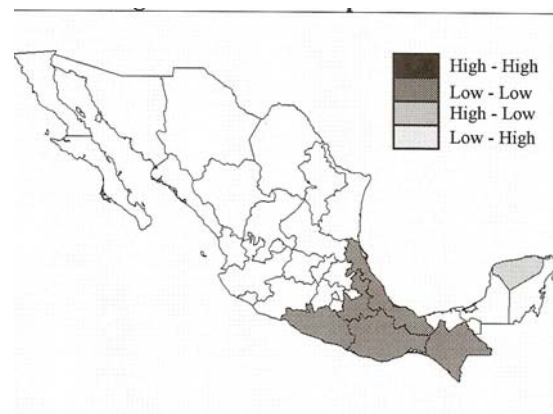
corresponden a los estados del sur del país, identificándose los mayores niveles de significancia en las provincias de Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Puebla y Veracruz. También, resulta significativo al nivel del 5 por ciento, el estado de Yucatán, situación que se debe al hecho de estar rodeado de un par de estados con evidentes mayores niveles de ingreso per cápita. De acuerdo con la figura 5, se identifica además, la existencia de un *cluster* ubicado en la región Sur del país, conformado por las provincias ya mencionadas, el cual se caracteriza por la concentración de valores similares de la variable analizada (Low-Low), que en este caso corresponde a provincias o estados de ingresos bajos. Como se ha dicho, se observa también una región, Yucatán, con un comportamiento significativamente diferente al mostrado por sus vecinos. Como una conclusión preliminar, resultado de los análisis exploratorios que hasta aquí se han realizado para la variable LPIB, puede decirse que esta variable muestra una evidente dependencia espacial positiva, lo cual rechaza la hipótesis de una supuesta distribución espacial aleatoria. Puede plantearse también, que la citada variable parece presentar problemas de heterogeneidad espacial, ya que si bien el análisis exploratorio II sólo muestra la existencia de un *cluster* en la región Sur del país, el análisis preliminar también evidenció la posibilidad de identificar una asociación de provincias con ingresos per cápita altos en el Norte. En resumen, los resultados encontrados advierten sobre posibles problemas de dependencia y heterogeneidad espacial que deberán ser considerados en los modelos de regresión que habrán de estimarse y a los que ya se ha hecho mención.

Figura 4. Significance map del LPIB.



Fuente: Tomado de Geoda con datos de LPIB.

Figura 5. Cluster Mao de LPIB.



Fuente: Tomado de Geoda con datos de LPIB.

Procedemos ahora a la realización de la estimación del modelo, a través de MCO para realizar el llamado diagnóstico general. El modelo a estimar fue $LPIB = \beta_1 + \beta_2 LSCP + \beta_3 H4_HT06 + \mu$ y se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 3. Estimación de LPIB a través de MCO.

Variable	Coefficiente	t-Statistic	Probability
Constante	7,002	7,026	0,000 *
LSCP	0,329	2,141	0,040 **
H4 HT06	4,026	2,734	0,010 *

*Significativo al 1 por ciento.

** Significativo al 5 por ciento.

Fuente: Elaboración propia con datos tomados de Geoda. Archivo MEXSCP.

De acuerdo con estos resultados, se verifica que para el período analizado, se tiene un impacto positivo y significativo de la inversión en infraestructuras públicas sobre el crecimiento del ingreso de las provincias mexicanas, encontrándose una elasticidad aproximada del 33 por ciento. Se observa además, cómo los efectos de los factores de aglomeración son también relevantes y significativos, ya que mayores niveles de ésta dan lugar a un mayor crecimiento del ingreso. Se obtuvo un nivel de ajuste adecuado, con un coeficiente de determinación aceptable del 32 por ciento (anexo 1A) y con base en los resultados obtenidos, se realizaron las pruebas correspondientes a efecto de identificar la presencia de problemas de multicolinealidad y heteroscedasticidad. Los resultados muestran que no pueden rechazarse las hipótesis de comportamiento normal en los residuos ni la existencia de homoscedasticidad (anexo 2A). Sin embargo, parece que se observan problemas de multicolinealidad, los cuales son rechazados una vez que se realiza una estimación entre variables explicativas, encontrándose no significancia en su relación y un ajuste relativamente bajo. En conclusión, el método de MCO resulta adecuado para la estimación de la relación entre la variable dependiente y las variables explicativas del modelo, por lo que se está en condiciones de proceder a la realización del diagnóstico de dependencia espacial, que permita confirmar que la regresión requiere la consideración de los factores espaciales ya identificados con anterioridad y así mismo, establecer cuál es el modelo espacial que resulta conveniente utilizar. Al respecto, los valores que se han obtenido confirman, a través de la I de Moran (error), la existencia de dependencia espacial

en los residuos y la necesidad de incorporar el componente espacial al modelo. Confirman también, la conveniencia de optar por el modelo espacial Lag, toda vez que LM (Lag) es mayor que LM (error) y además su probabilidad asociada es menor (anexo 3A). En consecuencia, el modelo a utilizar para incorporar el componente o los factores espaciales es $LPIB = \rho WLPIB + \beta_1 + \beta_2 LSCP + \beta_3 H4_HT06 + \mu$

Los resultados que se obtienen al realizar la estimación correspondiente a través del método de Máxima Verosimilitud (MV), se resumen de la siguiente manera:

Tabla 4. Estimación de LPIB para el modelo espacial Lag a través de MV.

Variable	Coefficiente	z-value	Probability
W LPIB	0,567	3,903	0,000*
Constante	1,821	1,174	0,240
LSCP	0,304	2,497	0,012**
H4 HT06	3,338	2,861	0,004*

* Significativo al 1 por ciento.

** Significativo al 5 por ciento.

Fuente: Elaboración propia con datos tomados de Geoda. Archivo MEXSCP.

Los valores que presentan los estimadores para LSCP y H4_HT06 mantienen el tipo de relación y la significancia observada con anterioridad, en correspondencia con la variable dependiente. Es de observarse, sin embargo, que la consideración de los factores espaciales genera un ajuste a la baja en el tamaño de la relación encontrada entre la inversión en infraestructuras y el crecimiento de las economías regionales de México. Resulta relevante también comentar que el estimador que asocia la variable dependiente con el rezago espacial de la misma, resulta altamente significativo, poniendo en evidencia la manera en la que el comportamiento de los ingresos per cápita de la regiones mexicanas, sostiene una marcada influencia por los niveles de ingreso de las regiones vecinas, en confirmación plena de la existencia de dependencia espacial positiva. En este modelo el nivel de ajuste es mayor que el encontrado con MCO, obteniéndose un coeficiente de determinación de 53 por ciento y la comparación derivada del empleo de las medidas de ajuste (LIK, AIC y Se) para MCO y el Modelo espacial Lag, muestra que el nivel de ajuste es superior utilizando un modelo espacial tipo Lag (anexo 4A). Los resultados encontrados permiten también

asegurar la presencia de homoscedasticidad de acuerdo con los resultados de la prueba de Breusch-Pagan, mientras que el test basado en el principio de la razón de verosimilitud, muestra que la existencia de dependencia espacial es evidente y que la matriz de ponderación espacial que se ha utilizado es adecuada (anexo 5A). Esto lo constata el valor de la probabilidad asociada a este test. Para concluir, es necesario mostrar que la estimación del modelo no ha incurrido en problemas de especificación. Concretamente debe comprobarse que se cumple la regla $W > LR > LM$ (Lag). La consideración de los valores correspondientes, 15.23 para W (el cuadrado de 3.903), 8.56 para LR y 7.65 para LM, comprueban el cumplimiento de la regla en mención y confirman que no existen problemas de especificación.

El análisis exploratorio I y II, envió señales para sospechar acerca de la presencia de heterogeneidad espacial. Como se ha podido constatar, las características de la distribución espacial del ingreso en las regiones mexicanas, presentan condiciones favorables para la existencia de este fenómeno: regiones avanzadas en el norte y atrasadas en el sur. En consecuencia, es de esperarse que los parámetros de los modelos que han sido estimados, difieran si se calculan de nuevo en correspondencia de las regiones que puedan ser consideradas para su estimación. Con esta consideración, se ha decidido adaptar el método de expansión de variables en un intento por recoger la posible presencia de heterogeneidad espacial. Se construyeron tres tipos de modelos, haciendo variar el grupo de provincias o estados cuya agrupación habría de conformar cada región. En atención a las regiones ya identificadas con anterioridad, se probaron modelos con las regiones norte, norte-norte y sur, expresados de la siguiente manera:

$$LPIB = \beta_1 + \beta_2 LSCP + \beta_3 LN SCP + \mu. \quad \text{Modelo Norte.}$$

$$LPIB = \beta_1 + \beta_2 LSCP + \beta_3 LN NSCP + \mu. \quad \text{Modelo Norte-Norte.}$$

$$LPIB = \beta_1 + \beta_2 LSCP + \beta_3 LSSCP + \mu. \quad \text{Modelo Sur}$$

Donde:

LN SCP = incluye los valores del SCP sólo para las provincias del Norte,

LN NSCP = incluye los valores de SCP sólo para las provincias del Norte-Norte y,

LSSCP = incluye los valores de SCP sólo para las provincias del Sur.

Para estos modelos, las estimaciones a través de MCO arrojaron los resultados que muestra la tabla 5. Según puede observarse, la mayor parte de los estimadores resultan estadísticamente significativos, lo cual demuestra que efectivamente el impacto de la inversión en infraestructura en el comportamiento del ingreso per cápita, se diferencia dependiendo de la región donde se lleve a cabo. El mayor impacto se alcanza en la región Norte-Norte, que corresponde a las provincias que tienen frontera con Estados Unidos y que han sido identificadas con anterioridad como el grupo que posee los mayores ingresos per cápita a nivel nacional.

Tabla 5. Estimación de LPIB a través de MCO considerando heterogeneidad espacial.

Valores	Norte			Norte-Norte			Sur		
	C	LSCP	LNSCP	C	LSCP	LNSCP	C	LSCP	LSSCP
Coefficiente	7,290	0,336	0,046	7,990	0,232	0,036	7,023	0,406	-0,052
t-Statistic	6,970	2,080	2,080	7,290	1,360	2,320	6,760	2,550	-2,150
Prob.	0,000	0,040*	0,040*	0,000	0,180	0,020*	0,000*	0,010*	0,039

* Significativo al 1 por ciento.

** Significativo al 5 por ciento.

Fuente: Elaboración propia con datos tomados de Geoda. Archivo MEXSCP.

Por otro lado, destaca el hecho de que el impacto en la región Sur presenta signo negativo, lo cual seguramente se debe no sólo a que en esa región las dotaciones de infraestructura son menores, sino además, a la existencia de otros factores locales que impiden su total aprovechamiento. Éste último resultado, coincide también con otros encontrados en Fuentes (2003), en el sentido de que la inversión en infraestructura económica puede resultar poco relevante en las regiones atrasadas, donde más bien la que tiende a generar la posibilidad de un crecimiento en los niveles de ingreso, es la inversión en infraestructura social. El diagnóstico general para los modelos considerados, muestra de nueva cuenta que no pueden rechazarse las hipótesis de normalidad en los residuos y de condición de homoscedasticidad para el modelo, sin embargo, en los tres casos, se advierte la posibilidad de la presencia de multicolinealidad (anexo 6A). Cabe mencionar, que en todos los modelos, pruebas adicionales rechazan la presencia de este problema. El ajuste de los modelos se mantiene en niveles aceptables, siendo el mejor, el que corresponde al modelo Norte-Norte con un coeficiente de determinación del 28 por ciento. De igual manera, es

este modelo el que observa el mejor ajuste considerando las medidas proporcionadas por las usuales pruebas de Log Likelihood (LIK), Akaike info criterion (AIC) y Schwarz criterion (SC), con valores de -13.13, 32.36 y 36.75, respectivamente. Una vez realizado el diagnóstico general y que se ha constatado que este resulta satisfactorio para todos los modelos, se ha procedido a realizar del diagnóstico de dependencia espacial, en la búsqueda, de nueva cuenta, de la confirmación de la necesidad de incorporar los factores espaciales a los modelos y al mismo tiempo establecer, cuando sea el caso, cuál es el modelo espacial que resulta adecuado utilizar. Los resultados que se muestran en el anexo 7A reflejan, en principio y a partir de la significancia de la I de Moran (error), que en todos los modelos se justifica la necesidad de incorporar el componente espacial. Se observa también que, en todos los casos, el modelo que resulta recomendable utilizar es el modelo espacial Lag. Es decir, modelos con la siguiente estructura:

$$LPIB = \rho WLPIB + \beta_1 + \beta_2 LSCP + \beta_3 LNNSCP + \mu. \quad \text{Modelo Norte (espacial).}$$

$$LPIB = \rho WLPIB + \beta_1 + \beta_2 LSCP + \beta_3 LNNSCP + \mu. \quad \text{Modelo Norte-Norte (espacial).}$$

$$LPIB = \rho WLPIB + \beta_1 + \beta_2 LSCP + \beta_3 LSSCP + \mu. \quad \text{Modelo Sur (espacial).}$$

Al realizar las estimaciones de estos modelos se obtuvieron los resultados que se resumen en la tabla 6. Estos muestran que, en los tres casos, el coeficiente de la variable endógena espacialmente rezagada resulta estadísticamente significativo, confirmando la necesidad y la importancia de incorporar los factores espaciales en estos modelos que recogen el impacto de las infraestructuras por regiones.

Tabla 6. Estimación de LPIB para el modelo espacial Lag a través de MV considerando heterogeneidad espacial

Modelo	Variable	Coefficiente	z-value	Prob.
Norte	WLSCP	0,52	3,24	0,00*
	C	2,46	1,41	0,16
	LSCP	0,33	2,42	0,01*
	LNSCP	0,02	1,10	0,27
Norte-Norte	WLSCP	0,51	3,23	0,00*
	C	2,98	1,64	0,10***
	LSCP	0,26	1,82	0,07***
	LNNSCP	0,04	1,64	0,10***
Sur	WLSCP	0,55	3,71	0,00*
	C	1,97	1,19	0,23
	LSCP	0,37	2,86	0,00*
	LSSCP	-0,04	-1,90	0,05**

* Significativo al 1 por ciento.

** Significativo al 5 por ciento.

***Significativo al 10 por ciento.

Fuente: Elaboración propia con datos tomados de Geoda. Archivo MEXSCP.

Además, se observa que los estimadores de las variables explicativas en dos de las regiones resultan significativos a niveles aceptables de significancia (esto no se verifica para la región norte), reconociendo con ello el impacto diferenciado en cada una de ellas sobre el comportamiento de la variable dependiente, pero además reforzando la idea del impacto inverso en la región sur, probablemente debido a las argumentaciones ya expresadas. La comparación de los tres modelos, conduce a concluir que el que mejor refleja el impacto del stock de capital público sobre el crecimiento del ingreso de las regiones, considerando heterogeneidad espacial, es el modelo Sur. Justificaría esta apreciación el hecho de que presenta los estimadores mayormente significativos, así como los mejores niveles de ajuste (anexo 8A). Finalmente, el diagnóstico para la regresión de los modelos Lag considerando heterogeneidad espacial, muestra en los tres modelos la confirmación de la existencia de dependencia espacial, así como la selección adecuada de la matriz de pesos utilizada (anexo 9A). El cumplimiento de la regla $W > LR > LM$ (Lag), constituye la última verificación

para probar la existencia de problemas de especificación en los modelos estimados, confirmándose la ausencia de estos en los tres casos.

5. Conclusiones

Las conclusiones del trabajo se resumen de la siguiente manera:

1. Apoyándonos en la literatura revisada y en los resultados del presente análisis, podemos concluir que debido a la presencia del fenómeno de la dependencia espacial, resulta imprescindible para explicar el comportamiento de la renta per cápita provincial de México, la utilización de técnicas y modelos espaciales, provenientes de la econometría espacial. Esto obedece a la forma en la que se organizan los datos espaciales, en donde los procesos de difusión, desbordamiento e interrelación que se dan entre las economías, condiciona el comportamiento de las economías estatales o provinciales.

2. El análisis empírico realizado resulta novedoso en la medida que, para medir el impacto del stock de capital público, no utiliza los modelos de convergencia que principalmente en la presente década, han sido estimados para estos fines en los análisis de la economía mexicana. Tampoco utiliza la función de producción que caracteriza la mayor parte de los estudios que se han hecho con anterioridad, sino que se basa en un enfoque alternativo que incorpora como variables explicativas la inversión acumulada en infraestructuras públicas y los factores de aglomeración para explicar el crecimiento del ingreso per cápita provincial, pero incorporando al análisis fenómenos que escasamente se han tenido en cuenta en los estudios relacionados con el tema y que se refieren a la dependencia espacial y la heterogeneidad espacial.

3. El estudio empírico realizado, confirma que el modelo utilizado explica adecuadamente el crecimiento del ingreso per cápita regional en México, para datos de la primera mitad de la primera década del nuevo siglo. Confirma también el impacto positivo de la inversión en infraestructuras públicas y los factores de aglomeración sobre dicho ingreso. Los resultados obtenidos en este análisis, avalan los obtenidos por Aschauer, en el sentido de la influencia positiva de la inversión pública en infraestructuras sobre el crecimiento de la renta per cápita y, comprueban la presencia de procesos relacionados

directamente con la localización de los recursos y la presencia de factores espaciales que motivan los aumentos del ingreso per cápita provincial.

4. La variable que resulta del producto de una matriz de contigüidades provinciales por el vector de ingresos per cápita también provinciales, recoge de manera apropiada la dependencia espacial en el modelo de regresión para analizar el impacto de la inversión en infraestructuras públicas, sobre el comportamiento del ingreso per cápita provincial (estatal).

5. El análisis empírico realizado, muestra que los factores espaciales resultan mejor expresados por los modelos espaciales tipo Lag que por los modelos espaciales tipo Error. Esto evidencia que lo que existe en los modelos tratados es una autocorrelación espacial sustantiva, originada por una correlación espacial presente en la variable endógena (LPIB).

6. El uso de los modelos espaciales, reduce en todos los casos el impacto de la variable explicativa (LSCP) sobre la variable dependiente (LPIB), ya que traslada parte de la explicación sobre el comportamiento de esta última, a la influencia que sobre ella ejercen factores diversos provenientes de las regiones vecinas.

7. Los modelos para probar la presencia de heterogeneidad espacial, muestran que el mayor impacto de la inversión en infraestructuras se alcanza en la región Norte-Norte, que corresponde a las provincias que tienen frontera con Estados Unidos. Destaca el hecho de que el impacto en la región Sur presenta signo negativo, lo cual seguramente se debe no sólo a que en esa región las dotaciones de infraestructura son menores, sino además, a la existencia de otros factores locales que impiden su total aprovechamiento. Este último resultado, coincide también con otros que señalan que la inversión en infraestructura económica puede resultar poco relevante en las regiones atrasadas, donde más bien la que tiende a generar la posibilidad de un crecimiento en los niveles de ingreso, es la inversión en infraestructura.

8. La metodología utilizada en este análisis puede ser llevada a la práctica para explicar el ingreso per cápita municipal por grupos de provincias agrupadas en regiones, utilizando la inversión pública como variable explicativa de su dinámica, recurriendo a la aproximación de la misma que aquí se ha aplicado u otras que resultaran tanto o más convenientes.

BIBLIOGRAFÍA:

- ÁLVAREZ, A., OREA, L. Y FERNÁNDEZ, J. (2003), "La productividad de las Infraestructuras en España", *Papeles de Economía Española*, 95, 125-136.
- ÁLVAREZ, I. y DELGADO, M.J. (2004): "La dotación del capital público y el capital humano: una aproximación teórica a los principales efectos sobre el crecimiento económico". *Enlaces*, 2/diciembre, 1-28.
- ANSELIN, L (1988A), *Spatial econometrics: Methods and Models*, Kluwer Academic Plubishers, The Netherlands.
- ARGIMÓN, I., Y GONZÁLEZ-PARAMO, J.M. (1997), "Efectos de la inversión en infraestructuras sobre la productividad y la renta de las CC. AA.", en E. Pérez Touriño (Director), *Infraestructuras y desarrollo regional: efectos económicos de la autopista del Atlántico*, Civitas.
- ARGIMÓN, I., GONZÁLEZ-PÁRAMO, J.M., MARTÍN, M.J. Y ROLDÁN, J.M. (1993). "Productividad e infraestructuras en la economía española", *Documento de Trabajo* 9313, Banco de España.
- AROCA, P., BOSCH, M. y MALONEY, W.F. (2003), "Is NAFTA Polarizing México? or Existe También el Sur? Spatial Dimensions of Mexico's Post-Liberalization Growth", Available at SSRN: <http://ssrn.com/abstract=402440> or DOI: 10.2139/ssrn.102139/ssmA02440.
- ASCHAUER, D.A. (1989), "Is Public Expenditure Productive?", *Journal of Monetary Economics*, 23(2), 177-200.
- ASCHAUER, D.A. (1989a). "Public investment and productivity growth in the Group of Seven", *Economic Perspectives*, 13, 17-25. Federal Reserve Bank of Chicago.
- BAJO, O., Y SOSVILLA, S. (1993). "Does Public Capital Affect Private Sector Performance? An Analysis of the Spanish Case, 1964-1988". *Economic Modelling*, 10 (3), 179-185.
- BANGQIAO J. (2001), "A Review of Studies on the Relationship' between Transport Infrastructure Investments and Economic Growth", *A Report for the Canada Transportation Act Review Panel*, Vancouver, British Columbia

- BERA, A.K. Y YOON, M.J. (1992), "Simple diagnostic test for spatial dependence", *University of Illinois, Department of Economics*. Champaign, 11: Department of Economics, University of Illinois.
- BIEHL, D. (1986), "The Contribution of Infrastructure to Regional Development", *Final Report of the Infrastructure Study Group*, Luxemburgo, Área de Política Regional, Comisión de las Comunidades Europeas, partes 1 y 2.
- BURRIDGE, P. (1980), "On the Cliff-Orrd test for Spatial autocorrelation", *Journal of the Royal Statistical Society B*, 42, 107-108
- CABALLERO, R., COBACHO, M.B. y MOLINA, J. (2007), "Un modelo multiobjetivo para la planificación de la inversión pública federal en México", presentado en *RED-M 2007*, Culiacán, Sinaloa, México, 5-8 de noviembre de 2007 y disponible en www.udo.mx.
- CANNING, D. y PEDRONI (1999); "*The Contribution of Infrastructure to Aggregate Output*"; (mimeo), Department of Economics, The Queen's University at Belfast, United Kingdom.
- CANTOS, P., GUMBAU-ALBERT, M. y MAUDOS, J. (2002), *Transport Infrastructure and Regional Growth: Evidence of the Spanish Case*, WP-EC 2002-27, IVIE.
- CHASCO, C. y LÓPEZ, F.A. (2004), "Modelos de regresión espacio temporales en la estimación de la renta municipal: el caso de la región de murcia", *Estudios de economía aplicada*, vol 22-3, p. 605-629.
- CLIFF, A. y J. ORD (1973), *Spatial Autocorrelation*, London, Pion.
- COBACHO, M.B., BOSCH, M. y RODRÍGUEZ, E. (2004), "Efectos de la inversión pública federal en México (1970-2000)" *Anales de economía aplicada*, XVIII reunión anual, León.
- COSTA, J. Y RODRIGUEZ, E. (2004). "Is the impact of public investment neutral across the regional income distribution? Evidence from Mexico", *Working Papers in Economics* 113, Universitat de Barcelona. Espai de Recerca en Economia.
- D'EMURGER, S. (2000): "*Infrastructure Development and Economic Growth: An Explanation for Regional Disparities in China*", (mimeo), CERDI-IDREC, CNRS-Universite d' Auvergne, France.

- DABAN, M.T. Y MURGUI, M.J. (1997) "Convergencia y rendimientos a escala en las regiones españolas: La base de datos BD.MORES", *Información Comercial Española*, 762, 6686.
- DEICHMANN, M., JUN K. Y SOMIK L. (2002); "*Economic Structure, Productivity, and Infrastructure Quality in Southern Mexico*"; The World Bank, Washington DC, USA.
- DEL CASTILLO, A., GUERRERO, M.A., RODRÍGUEZ-OREGGIA, E. y R. AMPUDIA, E. (2005), *Análisis Acumulado en la Generación de Infraestructura Pública en los últimos 30 años*, CEI Consulting & Research, S.C.
- DELGADO, M.J. Y ÁLVAREZ, I. (2000), "Las infraestructuras productivas en España: Estimación del stock en unidades físicas y análisis de su impacto en la producción privada regional", *Revista Asturiana de Economía*, 19 págs. 155-180.
- DENO, K.T. (1988). "The effect of public capital on U.S. manufacturing activity: 1970 to 1978", *Southern economic journal*, 55(2), 400-411.
- DENO, K.T. y EBERTS, R. (1989). "Public Infrastructure and Regional Economic Development: a Simultaneous Equations Approach", *Documento de Trabajo* No. 8909. Federal Reserve Bank of Cleveland.
- DUGGAL, V.G., SALTZMAN, C. y KLEIN L.R. (1999), "Infrastructure and productivity: a nonlinear approach", *Journal of Econometrics*, 92, pp. 47-74.
- EBERTS, R. (1986). "Estimating the Contribution of Urban Public Infrastructure to Regional Growth", *Documento de Trabajo* No. 8610. Federal Reserve Bank of Cleveland.
- ESFAHANI, H.S. y RAMIREZ M.T. (2002); "Institutions, infrastructure, and economic growth", (mimeo), Department of Economics, University of Illinois at Urbana-Champaign, USA. *Federal Reserve Bank of St. Louis*, Vol. 73(3), pp.3-15.
- FERNÁNDEZ, M. y POLO, C. (2001), "Capital público y productividad privada en España: una panorámica", *Revista Galega de Economía*, vol. 10, núm. 1, pp. 1-28
- FIGUEROA, J.R. (2006), *Modelo para el análisis del desarrollo económico regional: una aplicación en Sinaloa*, Universidad Autónoma de Sinaloa.

- FREIRE, M.J. Y ALONSO, J. (2002), "Infraestructuras públicas y desarrollo económico de Galicia", en A. DE LA FUENTE, M.J. FREIRE Y J. ALONSO, *Injraestructuras y desarrollo regional*, Doc. de Economía 15, Fundación Caixa Galicia.
- FUENTES, N.A. Y MENDOZA, J.E: (2003), "Infraestructura pública y convergencia regional en México, 1980-1998", *Comercio Exterior*, vol 53, n02, pp. 178-187.
- FUENTES, C.M. (2001), *Infrastructure and Productivity in the Manufacturing Sector of México*, tesis de doctorado, Universidad del Sur de California.
- FUENTES, N. Y FUENTES, C.M. (2003), "Apertura comercial y divergencia económica en México: una propuesta de financiamiento de infraestructuras publicas", en *Crecimiento con convergencia o divergencia en las regiones de México, asimetría centroperiferia*, Plaza y Valdés y el Colegio de la Frontera Norte, pp.195-215.
- FUENTES, N.A. (2003), "Crecimiento económico y desigualdades regionales en México: el impacto de la infraestructura", *Región y Sociedad*, vol. XV, núm. 27, pp. 81-106.
- GAMBOA, R. y MESSMACHER, M. (2003), *Desigualdad Regional y Gasto Público en México*, Departamento de Integración y Progrmas Regionales, Banco Interamericano de Desarrollo.
- GARCIA-FONTES, W. y SERRA, D. (1994). "Capital público, infraestructura y crecimiento", En ESTEBAN, J.M.; VIVES, X. (dirs.). *Crecimiento y convergencia regional en España y en Europa*, vol. 2, 453-477. Barcelona: Instituto de Análisis EconomicoCSIC.
- GARCÍA-MILÁ, T., MCGUIRE, T., y PORTER, H., (1996), "The effect of public capital in statelevel production function reconsidered", *The Review 01 Economics and Statistics*, Vol. 78(1).
- 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, Ministerio de Hacienda, España.

- GUILD, R.L. (1998); "Infrastructure Investment and Regional Development: Theory and Evidence"; *Working Paper Series* 98-3; Department of Planning, University of Auckland; Auckland, New Zealand; May.
- HANSEN, N.M. (1965b), "Unbalanced Growth and Regional Development ", *Western Economic Journal*, vol. IV, no. 1, otoño, pp. 3-14.
- HOL TZ-EAKIN, D. (1994), "Public-sector capital and the productivity puzzle", *The Review Of Economics and Statistics*, Vol. 76 (1), feb., pp. 12-21.
- HULTEN, C.R.. y SCHWAB, R.M. (1992). "Is There too little Public Capital? Infrastructure and Economic Growth", *Discussion Paper* (febrero). American Enterprise Institute.
- LOONEY, R. y FREDERIKSEN, P. (1981), "The Regional impact of Infrastructure in México", *Regional studies*, vol 5, no. 4, pp. 285-296.
- MAS, M., MAUDOS, J., PÉREZ, F. y URIEL, E. (1994), "Capital público y productividad en las regiones españolas", *Moneda y Crédito*, 198, págs. 163-206.
- MAS, M., MAUDOS, J., PÉREZ, F. y URIEL, E. (1996), "Infrastructures and Productivity in the Spanish Regions", *Regional Studies*, vol. 30 (7), págs. 641-649.
- MAS, M.; MAUDOS, J., PÉREZ, F. y URIEL, E. (1993). "Capital público y productividad de la economía española", *Moneda y Crédito*, 198,207-241.
- MESSIAS DA COSTA, W. (1995), "*Research and evaluation of the Federal Transportation Policies and their impacts on the use of land on the coastal zone*", Brasilia, Ministry of the Environment, p. 26.
- MOOMAW, R.L. y WILLIAMS M. (1991), "Total factor productivity growth in manufacturing: further evidence from the states", *Journal of regional science*, vol 31, pp 17-34.
- MORAN, P. (1948), "The interpretation of statistical maps", *Journal of the Royal Statistical Society B*, 10, 243-251.
- MORENO, R. Y VAYÁ E. (2000), *Técnicas Econométricas para el tratamiento de datos espaciales: la econometría espacial*, Edicions Universitat de Barcelona.

- MORENO, R., ARTÍS, M., LÓPEZ-BASO, E. y SURIÑACH, J. (1997), "Evidence on the complex link between Infrastructure and Regional Growth", *Documents de treball de la Facultat de Ciències Econòmiques i Empresariales, Col·lecció d'economia*. Universitat de Barcelona.
- MULLEN, J., WILLIAMS, M. y MOOMA W, R. (1996), "Public capital stock and interstate variations in manufacturing efficiency", *Journal of Policy Analysis and Management*, 15: 51-67.
- MUNNELL, A. (1990), "Why has productivity growth declined? Productivity and public investment", *New England Economic Review*, Federal Reserve Bank of Boston, set.-oct.
- NOMBELA, G. (2005), "Infraestructuras de transporte y productividad", *Presupuesto y Gasto Público 39/2005*: 191-215, Secretaría General de Presupuestos y Gastos © 2004, Instituto de Estudios Fiscales.
- PAELINK, J.H.P. Y KLASSEN, L.H. (1979), *Spatial econometrics*, Farnborough, saxon house. PEDRAJA, F., RAMAJO, J., y SALINAS, J. (1999), "Eficiencia productiva del sector industrial español: un análisis espacial y sectorial", *Papeles de Economía Española*, 80, págs. 51-67.
- PÉREZ, J.A. (2005), *Crecimiento y desequilibrios regionales: un modelo espacial para México*, tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid, Facultad de ciencias económicas y empresariales, Departamento de economía aplicada (economía internacional y desarrollo), disponible en <http://biblioteca.universia.net>.
- PULIDO, A. Y RODRÍGUEZ, J. (2006): *¿Afecta la multicolinealidad al análisis empírico de la Productividad de las infraestructuras regionales?*, Working Paper, Instituto Lawrence R. Klein: Universidad Autónoma de Madrid.
- RANDOLPH, S., BOGETIC, Z. y HEFLEY, D. (1996), "Determinants of Public Expenditure on Infrastructure", Transportation and Communication, *Policy research working paper* 1661.
- ROCA, O. y PEREIRA, M.A. (1998), "Impacto de la inversión en infraestructuras sobre el producto, la ocupación y la inversión privada en España", *Revista Española de Economía*, Vol. 15, nO 3, 1998, 403-432

- RODRÍGUEZ-V ÁLEZ, J. y ARIAS, C. (2004), "Desbordamiento espacial de la productividad de las infraestructuras: una aplicación con fronteras estocásticas, *Estudios de Economía Aplicada*, vol. 22 - 3, págs. 657-673
- ROZAS, P. Y SÁNCHEZ RICARDO (2004), "Desarrollo de infraestructura y crecimiento económico: revisión conceptual", *Serie Recursos naturales e infraestructura*, División de recursos naturales e Infraestructura, CEP AL, ONU.
- SHAH, A. (1988), "Public Infrastructure and Private Sector Profitability and Productivity in Mexico", *Policy, planning, and research, working papers*, Public Economics, Country Economic Department, The World Bank.
- TAMAYO, R. (2001), "Inversión pública en infraestructura, acceso de mercado y dispersión territorial del crecimiento industrial en México ", *Documentos de trabajo*, División de Administración Pública, CIDE.
- TATOM, J. (1991), "Public capital and private sector performance", *Federal reserve bank of st. louis review*, 73(3),3-15.
- VALDIVIA, M. (2007), "Heterogeneidad Espacial, Convergencia y Crecimiento Regional en México", Ponencia presentada en el *XVII Coloquio de Economía Matemática y Econometría*, Universidad de Quintana Roo, disponible en www.dcsea.uqroo.
- ZHANG, X. Y F AN, S. (2001), "How productive is infrastructure?" new approach and evidence from rural india, *EPTD discussion paper* NO. 84, Environment and Production Technology Division International Food Policy Research Institute.

ANEXOS

Tabla 1A. Medidas de ajuste para LPIB a través de MCO.

R-squared	0,321553
F -statistic	6,87234
Prob(F -statistic)	0,00360564
Log likelihood	-12,187
Akaike info criterion	30,3741
Schwarz criterion	34,7713

Fuente: Elaboración propia con datos tomados de Geoda. Archivo MEXSCP.

Tabla 2A. Pruebas para identificación de multicolinealidad y heteroscedasticidad para LPM a través de MCO.

Regression diagnostics			
Multicollinearity condition number	36,48204		
(Extreme Multicollinearity)			
Test on normality of errors			
Test	DF	Value	Prob.
Jarque-Bera	2	0,5656773	0,7536414
Diagnostics for heteroskedasticity			
Random coefficients			
Test	DF	Value	
Breusch-Pagan test	2	0,02423658	0,9879548
Koenker-Bassett test	2	0,03309331	0,9835895
Specification robust test			
Test	DF	Value	
White	5	3,561964	0,6140331

Fuente: Elaboración propia con datos tomados de Geoda. Archivo MEXSCP.

Tabla 3A. Prueba para diagnóstico de dependencia espacial para LPM a través de MCO.

<u>Diagnostics for spatial dependence</u>			
For weight matrix : mexicocrook.gal (row-standardized weights)			
Test	MI/DF	Value	Prob
Moran's I (error)	0,303377	2,6878829	0,0071908
Lagrange Multiplier (lag)	1	7,6536892	0,0056656
Robust LM (lag)	1	3,2789452	0,070174
LagrangeMultiplier(error)	1	5,131146	0,0235002
Robust LM (error)	1	0,756402	0,3844568
Lagrange Multiplier (SARMA)	2	8,4100912	0,0149201

Fuente: Elaboración propia con datos tomados de Geoda. Archivo MEXSCP.

Tabla 4A. Medidas de ajuste para el modelo espacial Lag a través de MV.

R-squared	0,53248
Log likelihood	-7,9058
Akaike info criterion	23,8118
Schwarz criterion	29,6747

Fuente: Elaboración propia con datos tomados de Geoda. Archivo MEXSCP.

Tabla 5A. Diagnóstico para la regresión del modelo espacial Lag a través de MV.

Regression diagnostics			
<u>Diagnostics for heteroskedasticity</u>			
Random coefficients			
Test	DF	Value	Prob
Breusch-Pagan test	2	0,3122446	0,8554546
<u>Diagnostics for spatial dependence</u>			
Spatial lag dependence for weight matrix : Mexicocrook.gal			
Test	DF	Value	Prob
Likelihood Ratio Test	1	8,56227	0,003432

Fuente: Elaboración propia con datos tomados de Geoda. Archivo MEXSCP.

Tabla 6A. Pruebas para identificación de multicolinealidad y heteroscedasticidad para LPIB a través de MCa considerando heterogeneidad espacial.

Modelo Norte				Modelo Norte-Norte				Modelo Sur			
Regression diagnostics				Regression diagnostics				Regression diagnostics			
Multicollinearity condition number				Multicollinearity condition number				Multicollinearity condition number			
3.386.142				3.489.621				3.386.142 (Extreme Multicollinearity)			
Test on normality of errors				Test on normality of errors				Test on normality of errors			
Test DF Value	DF	Value	Prob	Test DF Value	DF	Value	Prob	Test DF Value	DF	Value	Prob
Jarque-Bera	2	0,479	0,787	Jarque-Bera	2	0,5163	0,7724	Jarque-Bera	2	0,8227	0,6627
Diagnostics for heteroskedasticity				Diagnostics for heteroskedasticity				Diagnostics for heteroskedasticity			
Random coefficients				Random coefficients				Random coefficients			
Test	DF	Value	Prob	Test	DF	Value	Prob	Test	DF	Value	Prob
Breusch-Pagan	2	1,9948	0,3688	Breusch-Pagan	2	3,569	0,1678	Breusch-Pagan	2	0,7028	0,7036
Koenker-Bassett	2	2,1872	0,3349	Koenker-Bassett	2	3,3795	0,1845	Koenker-Bassett	2	1,1479	0,5632

Fuente: Elaboración propia con datos tomados de Geoda. Archivo MEXSCP.

Tabla 7 A. Prueba para diagnóstico de dependencia espacial LPIB a través de MCO considerando heterogeneidad espacial

Test	Modelo Norte		Modelo Norte- Norte		Modelo Sur	
	valor	Prob.	valor	Prob.	valor	Prob.
Moran's I (error)	2,330	0,019	2,253	0,024	2,807	0,005
Lagrange Multiplier (lag)	4,036	0,044	4,661	0,030	6,616	0,010
Robust LM (lag)	1,835	0,175	2,580	0,108	2,918	0,087
Lagrange Multiplier (error)	2,878	0,098	2,947	0,086	4,525	0,033
Robust LM (error)	0,677	0,410	0,866	0,352	0,827	0,363
Lagrange Multiplier (SARMA)	4,713	0,094	5,527	0,063	7,443	0,024

Fuente: Elaboración propia con datos tomados de Geoda. Archivo MEXSCP.

Tabla 8A. Medidas de ajuste para el modelo espacial Lag a través de MV considerando heterogeneidad espacial

Test	Modelo Norte	Modelo Norte-Norte	Modelo Sur
R-squared	0,420	0,444	0,473
Loe: likelihood	-10,99	-10,28	-9,70
Akaike info criterion	29,99	28,56	27,40
Schwarz criterion	35,86	34,43	33,26

Fuente: Elaboración propia con datos tomados de Geoda. Archivo MEXSCP.

Tabla 9A. Diagnóstico para la regresión del modelo espacial Lag a través de MV

Modelo Norte	Modelo Norte-Norte	Modelo Sur
Diagnostics for heteroskedasticity	Diagnostics for heteroskedasticity	Diagnostics for heteroskedasticity
Random coefficients	Random coefficients	Random coefficients
Test DF Value Prob	Test DF Value Prob	Test DF Value Prob
Breusch-Pagan 2 2,49 0,2868	Breusch-Pagan 2 4,22 0,121	Breusch-Pagan 2 1,902 0,3861
<u>Diagnostics for spatial dependence</u>	<u>Diagnostics for spatial dependence</u>	<u>Diagnostics for spatial dependence</u>
Spatial lag dependence for weight matrix	Spatial lag dependence for weight matrix	Spatial lag dependence for weight matrix
: Mexicoprook.gal	: Mexicoprook.gal	: Mexicoprook.gal
Test DF Value Prob	Test DF Value Prob	Test DF Value Prob
Likelihood Ratio 1 5,25 0,0218	Likelihood Ratio 1 5,69 0,017	Likelihood Ratio 1 7,56 0,0059

Fuente: Elaboración propia con datos tomados de Geoda. Archivo MEXSCP.

Cuadernos del Fondo de Investigación Richard Stone publicados anteriormente

- Nº1** Pulido, A., *Posibilidades y limitaciones de las Matemáticas en la Economía*, junio 2002, 33 páginas.
- Nº2** Dones, M. y Pérez, J., *Evaluación de los efectos macroeconómicos de los Fondos Estructurales y los Fondos de Cohesión (1995-1999) mediante Tablas Input-Output regionales integradas*, junio 2002, 25 páginas.
- Nº3** Fontela, E., *Precios relativos y estructuras de los mercados: diálogo fuera del tiempo con Luigi Solari*, junio 2002, 22 páginas.
- Nº4** López, A. y Pulido, A., *Modelización de la difusión regional de las Nuevas Tecnologías*, junio 2002, 35 páginas.
- Nº5** Guerrero, C. y Pérez, J., *Comparación del precio de los ordenadores en Estados Unidos y España 1990-2000: un enfoque hedónico*; junio 2002, 22 páginas.
- Nº6** Fontela, E., *Leontief and the Future of the World Economy*; noviembre 2002, 21 páginas.
- Nº7** Duchin, F.; Fontela, E.; Nauphal, K. y Pulido, A.; *Scenario Models of the World Economy*, junio 2003, 38 páginas.
- Nº8** Pulido, A.; Pérez, J.; *Propuesta metodológica para la evaluación de la calidad docente e investigadora: Planteamiento y experimentación*, junio 2003, 20 páginas.
- Nº9** Dones, M.; Pérez, J.; *The Diffusion Process of Mobile Telephony in Europe*, diciembre 2003, 33 páginas.
- Nº10** Castro, R. B.; López, A. M.; *Dinámica de crecimiento de los ejes regionales en España desde una perspectiva anual y trimestral*, Marzo 2004, 22 páginas.
- Nº11** Guerrero, C. y Pérez, J.; *Nuevos índices de precios para el sector de las tecnologías de la información: una aplicación macroeconómica para España 1995-2000*; junio 2004, 37 pág.
- Nº12** Fontela, E. y Rueda, J. M.; *Linking cross-impact probabilistic scenarios to input-output models*, junio 2004, 16 pág.

- Nº13** Pulido, A. y López García, A. M.; *Predicción y modelización económica: La importancia de las redes de investigación*, noviembre 2004, 30 pág.
- Nº14** Pérez García, J.; *Innovación y convergencia con la Unión Europea: Diseño de un modelo de convergencia en la Sociedad de la Información*, marzo 2005, 71 pág.
- Nº15** Pulido, A.. *La Innovación en el Siglo XXI*, Serie INNOVACIÓN diciembre 2005, 39 pág.
- Nº16** Rodríguez Vález, J.; *Productividad y rentabilidad de las infraestructuras regionales a partir de estimaciones por máxima entropía*, noviembre 2005, 28 pág.

L. R. KLEIN

CENTRO

STONE

INSTITUTO L. R. KLEIN - CENTRO STONE
FACULTAD CC.EE. Y EE. MÓDULO E-XIV UAM
28049 CANTOBLANCO - MADRID
TELÉF. Y FAX: 91 497 86 70
E-MAIL: KLEIN.STONE@UAM.ES
HTTP://WWW.UAM.ES/KLEIN/STONE