

**CRECIMIENTO ECONÓMICO DEL DISTRITO INDUSTRIAL Y PORTUARIO DE
BARRANQUILLA (1980-2006)**

AUTOR: ALCIDES DE JESÚS PADILLA SIERRA

CODIGO: 08-707405

TITULO OBTENIDO: MAGISTER EN CIENCIAS ECONÓMICAS

DIRECTOR: BENAVIDES GONZALEZ OSCAR ARTURO

**Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Económicas
Programa de Economía
Maestría en Ciencias Económicas,
Bogotá, 2010**

**CRECIMIENTO ECONÓMICO DEL DISTRITO INDUSTRIAL Y PORTUARIO DE
BARRANQUILLA (1980-2006)**

AUTOR:

ALCIDES DE JESÚS PADILLA SIERRA

Código: 08-707405

**Trabajo de grado presentado para optar al título de Magister en Ciencias
Económicas**

DIRIGIDO POR:

OSCAR ARTURO BENAVIDES GONZALEZ

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA
Bogotá, 2010**

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION	8
1. MARCO TEÓRICO	10
2. ESPECIFICACIÓN-ESTIMACIÓN DE UN MODELO DEPARTAMENTAL DEL PRODUCTO INTERNO BRUTO PER CÁPITA EN LOS AÑOS 1996 Y 2006	20
2.1 BÚSQUEDA DE VARIABLES Y SELECCIÓN DE MODELOS	21
2.2 MODELOS ESTIMADOS POR MÁXIMA VEROSIMILITUD –MV-	28
2.3 ANÁLISIS ESPACIAL DE LOS DATOS	31
2.3.1 <i>La autocorrelación espacial</i>	31
2.3.1.1 <i>El gráfico de Morán</i>	31
2.3.1.2 <i>El coeficiente I de Moran</i>	34
2.4 PREDICCIÓN DEL PRODUCTO INTERNO BRUTO PER CÁPITA PIB PER CAPITA DEL DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO	36
2.5 DATOS EN PANEL	38
2.5.1 <i>Estimación por efectos aleatorios</i>	39
2.5.2 <i>Estimación por efectos fijos</i>	40
2.5.3 <i>Prueba de Hausman</i>	42
2.6 CÁLCULO DEL PRODUCTO INTERNO BRUTO PER CAPITA DEL DISTRITO INDUSTRIAL Y PORTUARIO DE BARRANQUILLA	43
2.6.1 <i>Proceso de predicción del Producto Interno Bruto per cápita estimado por Máxima Verosimilitud –MV-</i>	43
2.6.2 <i>Proceso de predicción del Producto Interno Bruto per cápita de la estimación de datos en panel balanceado</i>	45
CONCLUSIONES	48
BIBLIOGRAFÍA	51

LISTADO DE CUADROS

Cuadro 1. Resultados de las estimaciones realizadas para los modelos del Producto Interno Bruto per cápita Departamental, 1996 y 2003	30
Cuadro 2. Resultados del análisis de autocorrelación espacial, Coeficiente I de Moran, 1996 y 2003	35
Cuadro 3. Resultados de las estimaciones y predicciones del Producto Interno Bruto Departamental del Departamento del Atlántico y del Distrito Industrial y Portuario de Barranquilla, 1996 y 2003	37
Cuadro 4. Estimaciones de datos en panel. Cálculo del Producto Interno Bruto de Barranquilla. Estimación por Efectos Fijos y Aleatorios, 1996 y 2003	41
Cuadro 5. Estimación del Producto Interno Bruto del Departamento del Atlántico, Estimación con datos en panel, 1996 y 2003	45
Cuadro 6. Cálculo del Producto Interno Bruto del Distrito de Barranquilla, Parámetros estimados con datos en panel, 1996 y 2003	47

LISTADO DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Autocorrelación espacial local del PIB per cápita de los Departamentos de Colombia. Gráfico de Moran, 1996	33
Gráfico 2. Autocorrelación espacial local del PIB per cápita de los Departamentos de Colombia. Gráfico de Moran, 2003	33

LISTADO DE MAPAS

Mapa 1. Departamentos de Colombia utilizados en el análisis

35

LISTADO DE ANEXOS

Anexo 1. Variables Reales 1996 y 2003	55
Anexo 2. Salidas de los modelos con todas las variables	57
Anexo 3. Análisis de Componente principal	58
Anexo 4. Estimaciones de los diferentes modelo	59

INTRODUCCIÓN

El crecimiento económico, entendido como el comportamiento de la tasa de crecimiento del ingreso per cápita en el largo plazo es uno de los principales objetivos de la política macroeconómica. La forma de medir el crecimiento económico de acuerdo con las diferentes escuelas entre ellas la neoclásica, keynesiana, neoinstitutionalista entre otras, es a través del Producto Interno Bruto per cápita – PIB per cápita -.

En la mayoría de países del mundo y específicamente en Colombia sólo se genera las estadísticas para el cálculo del PIB per cápita de la nación y de los departamentos o provincias, pero no se estima el PIB per cápita de los Municipios o Distritos. Este debe constituir un elemento fundamental para el establecimiento de políticas públicas a nivel local.

Para la estimación del PIB per cápita de los municipios, naciones como Brasil, España, México, Colombia, entre otros, realizan sus cálculos a través de algunas proxys. La labor de identificación de variables que den cuenta en gran medida del PIB per cápita municipal constituye un ejercicio de suma importancia en el desarrollo de la economía a nivel micro territorial.

Por todo lo anterior el presente estudio tiene dos objetivos: El primero, es calcular el Producto Interno Bruto per cápita –PIB per cápita - del Distrito Industrial y Portuario de Barranquilla en el periodo 1996 y 2003 a través de distintas metodologías de estimación. El segundo, es probar la capacidad explicativa versus la capacidad predictiva de todas las diferentes metodologías de estimación que se apliquen, aunque, se primará la capacidad predictiva de los modelos estimados. Estos dos objetivos enmarcan esta investigación en un trabajo

netamente metodológico, la idea principal es probar las distintas metodologías implementadas en otros trabajos y conocer el carácter predictivo.

Esta investigación se desarrollará en dos dimensiones. Primero, se describirá la teoría económica base que sustenta esta investigación y como segundo, se calculará el PIB per cápita de Barranquilla, a través las técnicas econométricas de estimación, probando la capacidad explicativa y predictiva de dichas estimaciones. Se extrapolarán algunas metodologías expuestas en los estudios de Chasco M. y López F. (2004) y Mella, López y Chasco (2005). Aunque, Chasco (2003) plantea seis etapas del proceso de predicción extrapolación. Las seis fases consisten en la fundamentación teórica, análisis exploratorio espacial, selección de variables, modelización espacial, predicción extrapolación y análisis de resultados.

1. MARCO TEÓRICO

Smith en el siglo XVIII propuso como debía medirse el progreso de las naciones, estableciendo que debe hacerse a través del Producto Interno Bruto per cápita – PIB per cápita- (PIB per cápita desde ahora) utilizando el lenguaje moderno y dicha idea la plantea cuando expresa:

El trabajo anual de cada nación es el fondo que le provee originalmente de todas las necesidades y comodidades de la vida que consumen anualmente y que siempre consiste en el producto inmediato de ese trabajo o en lo que se compra con ese producto a otras naciones.

Así pues, como este producto o lo que se compra con él representa una proporción mayor o menor del número de personas que lo consumen, la nación estará mejor o peor abastecida de todas las necesidades y comodidades que es capaz de conseguir¹.

El PIB per cápita hoy día permite calcular el crecimiento de las naciones y su cálculo se realiza a través de las llamadas Cuentas Nacionales². En el pasado siglo Kuznets (1901-1985) y en forma paralela Stone (1913-1991) y Meade (1907-1995) fueron los que lideraron los procesos de armonización y sistematización de las cuentas nacionales en Estados Unidos y Gran Bretaña respectivamente con la coordinación institucional de las Naciones Unidas.

¹ SMITH, Adam. Observaciones iniciales de introducción y plan de la obra de la riqueza de las naciones. 1775, p.21.

² Las cuentas nacionales tienen sus inicios con William Petty (1623-1687)

Kuznets, recopiló información económica de Estados Unidos desde 1869 calculando así su Producto Nacional Bruto (PNB)³. Planteo los usos del producto nacional y el equilibrio entre la oferta y demanda.

Estas primeras aproximaciones de cálculo del PIB contribuyeron en el desarrollo de los estudios macroeconómicos, gracias a que las variables determinantes para dichos cálculos son tomadas como base para las diferentes estimaciones. No obstante, han permitido calcular el PIB per cápita o el ingreso a otros niveles, es decir, a nivel regional, subregional, departamental y municipal, dada la carencia de información que desagregue las actividades económicas de las naciones.

En los diferentes países del mundo los cálculos del PIB per cápita utilizan las metodologías planteadas por los autores antes mencionados con algunas modificaciones. De acuerdo a la teoría macroeconómica existen tres formas de cálculo⁴, que en la realidad son estimaciones de este, dado que no se logra calcular el PIB per cápita real.

En términos de estimaciones del PIB per cápita o del Ingreso per cápita a nivel de las naciones europeas se destacan los trabajos de Fellner (1923; 1924), Goods (1994) y Pammer (1997), entre otros.

Es Fellner⁵ quien desarrolla la primera estimación del ingreso nacional en la víspera de la primera guerra mundial para el imperio Habsburg y sus dos más importantes subdivisiones, el imperio Austriaco y el imperio Húngaro.

³ El PNB es el valor en dólares de todos los bienes, servicios, estructuras (domésticas y empresariales) producidas durante un año dentro del país. La fórmula desarrollada por Kuznets está compuesta por las siguientes variables. PNB es: C (consumo doméstico) + I (inversiones) + G (gasto del gobierno) + X-IMP (exportaciones menos importaciones).

⁴ El método del gasto, valor agregado y costo de los factores productivos.

⁵ GOOD, David F. The Economic Lag of Central and Eastern Europe: Income Estimates for the Habsburg Successor States, 1870-1910. En: The Journal of Economic History, Vol. 54, No. 4. (Dec., 1994); p. 871.

Fellner, estimó el ingreso nacional del reino de Hungría para los años: 1899-1901; 1911-1913. Estima el valor agregado de la agricultura, silvicultura y pesca, minería y la manufactura a pequeña escala, construcción, comercio, transporte, servicios en las viviendas y servicios. Al respecto Eckstein dice:

Fellner is still strongly rooted in the classical Ricardian tradition and includes under national output only the production of material goods and the services rendered by trade and transport that add directly to the value of these material goods. Using these concepts, Fellner estimated the national income of the Hungarian Kingdom for 1899-1901, and for 1911-13 His estimates of value added in agriculture, forestry and fishing, in mining, and in small-scale manufacturing are based on price times quantity series with appropriate deductions for material costs, and capital consumption⁶.

Goods, por su parte, obtuvo las estadísticas del ingreso a falta de estimaciones regionales del Centro y Este de Europa para los años 1850–1910 y las usó para estimar el nivel de ingreso antes de 1914. El autor utiliza el Producto Nacional Bruto per cápita (PNB per cápita) en función de varias variables proxys, realizando estimaciones de corte transversal y series de tiempo. En el desarrollo de su trabajo logró estimar diferentes modelos, combinando la variable dependiente PNB per cápita con las distintas variables independientes (proxys).

Para el proceso de estimación Goods, utiliza una moneda única dada la diversidad de monedas existentes en la época en ese territorio, lo cual, le permitió realizar

⁶ ECKSTEIN, Alexander. National income and capital formation in Hungary 1900–1950. En: Review of Income and Wealth, Volume 5 Issue 1, (Apr 5 2006), p. 154.

comparaciones. Las variables regresoras del modelo son: tasa de mortalidad bruta, participación del trabajo del sector no agrícola en el total de fuerza laboral, cartas enviadas per cápita, tasa de incorporación escolar y depósitos de ahorro bancario reales. Todas las variables las presenta en logaritmo y trabaja su modelo con intercepto.

El mejor modelo estimado de acuerdo al autor fue el PNB per cápita en función de la tasa de mortalidad bruta, participación del trabajo del sector no agrícola en el total de fuerza laboral y cartas enviadas per cápita. Se puede a su vez destacar que los coeficientes resultaron con los signos esperados y estadísticamente significativos y la variable más importante es la participación del trabajo en el sector no agrícola del total de fuerza laboral.

Pammer⁷, estima el PNB per cápita en función de algunas variables proxys en 12 Estados Europeos para el periodo 1850-1910, aunque su estimación es una extrapolación del modelo de Good. El autor señala en su estudio que constatará la robustez de la especificación del modelo presentado por Good.

La diferencia inicial del modelo de Good y Pammer es que el segundo utiliza además como variable exógena el logaritmo de la participación de la agricultura en la fuerza de trabajo en la especificación de su modelo. Señalando a su vez que a través de esta nueva variable proxy obtiene el 100% de la fuerza de trabajo. Además de utilizar una variable dummy que representa a las naciones de Francia, Alemania, Italia y Noruega.

“El diferencial entre los coeficientes de Good's ... y los míos se debe al redondeo de los datos publicados por Good's, la diferencia es mínima y no perturba mi argumento”⁸.

⁷ Pammer, Michael. Proxy Data and Income Estimates: The Economic Lag of Central and Eastern Europe. En: The Journal of Economic History, Vol. 57, No. 2. (Jun., 1997)

⁸ Ibid., p. 448.

Hasta ahora sólo se ha hecho referencia al crecimiento y a la estimación del PIB per cápita de las naciones, sin darle importancia a las unidades geográficas desagregadas como las provincias, regiones, departamentos, distritos o municipios. La realidad muestra que en las ciudades se desarrollan todas las actividades manufactureras, industriales, de servicios, etc. Estas constituyen las unidades económicas por excelencia, de las cuales muchos países subdesarrollados no realizan la medición de su producción.

“La existencia entre un nexo positivo entre ciudades (áreas urbanas) y desarrollo económico es abrumadora. Se ha acumulado abundante literatura demostrando la contribución positiva de las áreas urbanas al crecimiento económico nacional”⁹.

Autores como Jacobs, J. (1984)¹⁰, Edward L. Glaeser, Hedi D. Kallal, Jose A. Scheinkman, Andrei Shleifer (1992) resaltan a las ciudades como el epicentro del desarrollo y los grandes beneficios que traen consigo estos centros urbanos a las zonas rurales si estas alcanzan un gran desarrollo.

En este sentido Jacobs plantea que las ciudades han sido el motor del crecimiento de las naciones. Glaeser, Hedi D. et al.¹¹ establecen que las teorías coinciden en especificar que la dinámica de las ciudades permiten expandir las vías de comunicación y de esta manera se genera más conocimiento, nuevas ideas y mayor innovación.

Glaeser et al, concluyen que en las ciudades los conocimientos son más eficaces porque es más amplia la comunicación entre las personas. Además, la diversidad geográfica o la competencia y no la especialización o concentración regional

⁹ POLESE, Mario. Como las ciudades producen riqueza en la nueva economía de la información: Desafíos para la administración urbana en los países en desarrollo. En: Revista Latinoamericana de Estudios Urbano Regionales. Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago. 2004. p. 3.

¹⁰ JACOBS, Janes. Cities and the Wealth of Nations: Principles of Economic Life. Annals of the Association of American Geographers, Vol. 75, No. 2 (Jun., 1985)

¹¹ GLASER, Edward L. et al. Growth in Cities. En: The Journal of Political Economy, Vol. 100, No. 6, Centennial Issue Published by: The University of Chicago Press (Dec., 1992)

fomentan el crecimiento del empleo en las industrias y por tanto aumenta el ingreso per cápita.

Por los argumentos expuestos en los párrafos anteriores diversos autores del viejo continente como de América y específicamente de Colombia, han mostrado su interés en esta temática. Presentando diversas metodologías que posibilitan obtener modelos robustos de estimación del PIB per cápita a nivel municipal, distrital, provincial o de acuerdo a la división geográfica de la nación en donde se realice el estudio.

En Europa los trabajos de Chasco M. y López F. (2004)¹², Mella, J. M., López A. y Chasco, M. (2005), Aparicio, M.T., Aznar, A. y Aznar, P. (2005). Los dos primeros, han realizado estimaciones del ingreso municipal disponible por habitante, a través de modelos espacio-temporales¹³ y el trabajo de Aparicio, Aznar y Aznar realizaron estimaciones del ingreso a través de la metodología que ellos denominan el método indirecto.

Chasco M. y López F. estimaron un modelo SUR espacial de su sigla en inglés Seemingly Unrelated Regression (Modelos de Ecuaciones aparentemente no relacionadas) espacial. El objetivo fundamental fue llegar a obtener una generalización de dichos modelos, para ello utilizan una matriz de distancias espaciales¹⁴.

¹² CHASCO Y., María del Coro y LÓPEZ, Fernando A. Modelos de regresión espacio-temporales en la estimación de la renta municipal: el caso de la Región de Murcia". En: ESTUDIOS DE ECONOMIA APLICADA, 2004. Vol. 22-3.

¹³ Los primeros trabajos de esta temática se le atribuyen a Jean Paelinck y Leo Klaassen (1979) quienes históricamente despertaron el interés sobre la temática, aunque no inventaron lo que hoy en día se conoce como econometría espacial. Siguen los trabajos de Luc ANSELIN (1988) a través de su publicación <<Spatial econometrics: Methods and Models>> y Harry Kelejian e Ingmar Prucha en <<On the asymptotic distribution of the Moran I test statistic with applications in Journal of Econometrics>>. Tomado de: Jesús Mur, J.F. Trivez y Ana Angulo. En: Una propuesta de investigación en Econometría espacial. Investigaciones Regionales. P. 165 – 179. Universidad de Zaragoza.

¹⁴ Los autores le denominan a esta matriz W diagonal inferior por bloques, la cual es una matriz que representa las distancias entre las regiones vecinas, es decir, que a través de esta se tiene en cuenta las relaciones de vecindad espacial contemporáneas y no contemporáneas.

Para poder predecir el ingreso municipal, los autores en primera instancia realizan sus estimaciones a nivel provincial, es decir, de las unidades geográficas superiores y luego extrapolan dichas estimaciones a un nivel geográfico más desagregado como lo son los municipios de la región. La técnica econométrica utilizada es data panel en la cual se tiene en cuenta los efectos espaciales de dependencia y heterogeneidad espacial.

Otro de los elementos claves en el ejercicio realizado por Chasco y López es el proceso de selección de variables. En este, era necesario que las variables escogidas existieran tanto en las provincias, como en los municipios para poder realizar la extrapolación.

La información obtenida de la región correspondía a los años 1996 y 2001 y el modelo especificado es la Renta Disponible Bruta per cápita como variable regresada y las regresoras fueron 8 variables¹⁵. Los autores redujeron el número de variables independientes a través de la técnica estadística de análisis factorial a dos factores para corregir los posibles problemas de multicolinealidad y luego utilizaron al análisis de componentes principales.

Como resultado final lograron estimar el modelo a través de los mínimos cuadrados ordinarios y modelos retardo espacial a través de máxima verosimilitud. Los coeficientes obtenidos todos fueron estadísticamente significativos individual y en forma conjunta, superando a su vez las pruebas de violación de los supuestos clásicos como heteroscedasticidad y normalidad de los residuos.

Mella, López y Chasco (2005) de igual forma estiman el PIB nominal a precios de mercado para los municipios urbanos de España. Ellos determinan que este es un ejercicio de “predicción-extrapolación espacial que, partiendo de estadísticas

¹⁵ Las variables fueron líneas telefónicas de uso doméstico por habitante, líneas RDSI y ADSL por habitante, tasa de demanda de empleo, distancia de los habitantes al municipio cabecera comercial más cercano, tasa de instrucción de 2 y 3 grado, tasa de directivos y empresarios no agrarios (por habitante), parque de turismos por habitante y precio del metro cuadrado de la vivienda.

oficiales existentes en ámbitos o escalas geográficas superiores (provincias) procede a la estimación de datos en una escala inferior (municipios)”¹⁶.

Las variables escogidas de acuerdo a las exigencias para poder estimar fueron dos: las líneas de teléfonos *per cápita* y los Impuestos del total de actividades económicas empresariales y profesionales. Realizando así un proceso de estimación retardo espacial con estas variables cuyos resultados de acuerdo a los autores fueron bastante aceptables.

Como se puede ver, en estos dos últimos estudios referenciados ambos realizan estimaciones utilizando los mínimos cuadrados ordinarios y máxima verosimilitud y para la extrapolación utilizan las mismas técnicas de análisis. Se diferencian esencialmente en los procedimientos de selección de variables.

Aparicio, M.T., Aznar, A. y Aznar, P. (2005) se plantearon como objetivo estimar la renta disponible bruta de las comarcas y de los municipios con más de 3000 habitantes para el periodo 1999-2002. En este trabajo utilizaron dos metodologías. La primera a través del método directo que consiste en cuantificar por vía producción de la renta municipal para luego deducirle de esta la renta disponible bruta.

La segunda consiste en obtener la renta disponible bruta a través de diferentes indicadores económicos-sociales. Los autores llegan a la conclusión que las estimaciones realizadas a través del método indirecto son consistentes con la metodología de la institución de estadística de España.

A nivel de Latinoamérica se destaca el Instituto Brasileiro de Geografía y Estadística¹⁷ quienes calcularon el Producto Interno Bruto de algunos municipios

¹⁶ José María Mella Márquez, Asunción López López, María del Coro Chasco Yrigoyen (2005). CRECIMIENTO ECONÓMICO Y CONVERGENCIA URBANA EN ESPAÑA. INV. No. 6/05. Edita: Instituto de Estudios Fiscales. FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA APLICADA. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID.

de Brasil. Estimaron el producto a través del valor agregado de los sectores agropecuario, industrial, servicios, utilizaron una dummy para el sector financiero y los impuestos. El número total de Estados o distritos Federales fueron 26 y el periodo fue de 1985 al 2001.

En México el trabajo de Cruz, J. y Muñoz, M. (2003)¹⁸ quienes estiman el PIBp, realizando una combinación entre el método del gasto y el de pago a los factores productivos¹⁹.

Esta metodología consiste en primera instancia en seleccionar las variables que puedan dar cuenta del producto y que además se encuentren a nivel estatal como municipal. Después de encontrar esas variables en los dos niveles, proceden a estimar un modelo con las variables estatales²⁰ para encontrar que tan correlacionadas están con el PIB. Utilizan diferentes formas funcionales y de estas seleccionan la que presente los mejores estadísticos y que genere las mejores predicciones.

Cruz y Muñoz, utilizan el método no paramétrico de predicción que se conoce como la media de razones y razones de media²¹. Estos son ponderadores de las variables utilizadas en la estimación. A través de esta metodología estiman el PIB

¹⁷ Produto Interno Bruto dos Municípios. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Diretoria de Pesquisas. Coordenação de Contas Nacionais. Série Relatórios Metodológicos volume 29. Rio de Janeiro. 2004.

¹⁸ Esta metodología se tomo del trabajo de CRUZ SÁNCHEZ, Judith Jafeth y MUÑOZ SUÁREZ, Mónica Rubí, intitulado “METODOLOGÍA PARA MEDIR EL PRODUCTO INTERNO BRUTO (PIB) DEL MUNICIPIO DE PUEBLA. UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS-PUEBLA”. Escuela de Ciencias, Departamento de Actuaría y Estadística. 2003.

¹⁹ Para el cálculo del PIB se pueden utilizar tres métodos. El método del gasto, el del valor agregado y el de pago a los factores productivos.

²⁰ Las variables seleccionadas fueron: Gastos totales, Ramo 33 (Aportaciones Federales para Entidades Federativas y Municipios), Ramo 20 (Políticas del Convenio de Desarrollo Social), Programa Directo (Presupuesto destinado a la mejora de la infraestructura del Municipio), Captación bancaria y número de asegurados del IMSS.

²¹ La media de razones se calcula con la media de la serie de datos de las variables explicativas estatales y municipales, después se calculan las razones correspondientes. Las razones de media se calcula obteniendo la media de la serie de datos de las variables explicativas estatales y municipales y después se calcula el cociente de medias.

del municipio de Puebla en México, encontrando las variables fiscales y las captaciones financieras como las que mejor explican el PIB estatal.

En Colombia existen estudios en los que han recurrido a diversas formas de estimar el PIB de los municipios. Estos utilizan diferentes proxys, entre los cuales se pueden destacar los trabajos de Bonet y Meisel (1999) quienes utilizan los depósitos a la vista, las cuentas de ahorro y los depósitos a más de 30 días. Núñez y Sánchez (2000) quienes estiman el PIB a través de los impuestos, los de Aguilera y Alvis (2000) los cuales utilizan el PIB departamental y realizan descuentos de las actividades económicas que no son propias de las zonas urbanas, entre otros estudios.

Para el presente estudio se utilizará como referente las estimaciones hechas por Chasco y otros (2004, 2005). Por ello se realizará la predicción del PIBp del Distrito de Barranquilla a través de la extrapolación de los parámetros estimados del PIB per cápita Departamental. Se utilizarán las mismas técnicas de escogencia de variables, al igual que las técnicas de estimación. La diferencia de este estudio con los de Chasco, es que se ha encontrado una variable de las actividades económicas poco tenida en cuenta por los estudiosos de estos temas, como lo es el consumo de energía per cápita.

2. ESPECIFICACIÓN-ESTIMACIÓN Y PREDICCIÓN DE UN MODELO DEPARTAMENTAL DEL PRODUCTO INTERNO BRUTO PER CÁPITA EN LOS AÑOS 1996 Y 2003.

Los métodos que se implementarán son un ejercicio de estimación ordinaria, estimación por máxima verosimilitud, Chasco (2004,2005)²² y utilizando un Panel Balanceado. Al hablar de estimación ordinaria se trata de la utilización de los Mínimos Cuadrados Ordinarios –MCO-. Para la estimación por máxima verosimilitud se trabajaron dos modelos. El primero incluye una variable de distancia multiplicado por el PIB per cápita y la segunda estimación incluye la variable dependiente espacialmente retardada. Y, la estimación por datos en panel se realizó para poder contar con mayor información, ganar grados de libertad entre otras razones.

Para la estimación se parte de las estadísticas oficiales existentes en ámbitos o escalas geográficas superiores (departamentos de Colombia) y se procede a la estimación de datos a una escala inferior (Distrito Industrial y Portuario de Barranquilla).

El proceso de especificación-estimación se realiza en dos etapas: La primera consiste en la búsqueda de variables exógenas que además de explicar la variable dependiente PIB per cápita, se pueda encontrar información tanto a nivel de los departamentos como de los municipios y específicamente de los departamentos

²² Para la aplicación de esta metodología se realizó una extrapolación de los trabajos realizados por: MELLA MARQUEZ, José María y CHASCO YRIGOYEN, Coro y LÓPEZ LÓPEZ, Asunción. "CRECIMIENTO ECONÓMICO Y CONVERGENCIA URBANA EN ESPAÑA". Edita: Instituto de Estudios Fiscales. FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES. DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA APLICADA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID y el trabajo de CHASCO, Coro y LOPEZ, Fernando. "Modelos de regresión espacio-temporales en la estimación de la renta municipal: el caso de la Región de Murcia. En: Estudios de Economía Aplicada. Vol. 22-3, 2004. Pág. 605-629.

de Colombia y del Distrito de Barranquilla respectivamente y de igual forma para los años correspondientes a dicha estimación.

En la segunda etapa se procede a realizar una estimación a través del modelo seleccionado y de los métodos enunciados, probando estadísticamente la validez de estos modelos, utilizando los diferentes test que puedan dar cuenta de su robustez.

Por otra parte, como fue planteado en la introducción la idea principal de estimar los diferentes modelos es de igualmente probar su capacidad predictiva, la cual se primará como elemento fundamental para la escogencia del mejor modelo.

2.1 FUNDAMENTOS Y SELECCIÓN DE VARIABLES EXPLICATIVAS DEL PIB PER CÁPITA.

En el caso que se propone, el Producto Interno Bruto departamental per cápita es una magnitud económica calculado a través de un sistema denominado las cuentas regionales departamentales. El DANE define el PIB per cápita como un indicador utilizado para establecer el crecimiento económico medio por habitante, en cada uno de los departamentos.

Se trata de una operación estadística derivada sobre la totalidad de la actividad económica en el nivel departamental, de la división política-administrativa del país.

Asimismo, utiliza los resultados obtenidos de las Cuentas Nacionales y, aplicando indicadores económicos para una parte del sistema y con información directa para otra parte de la actividad productiva del país, distribuye el valor agregado por departamento y por rama industrial, con base en una metodología descendente para el cálculo de los respectivos

agregados regionales en total coherencia con los nacionales”²³.

Las cuentas regionales toman como unidad de análisis los 32 departamentos que conforman la división político-administrativa del país junto con Bogotá, Distrito Capital. La recopilación de la información se realiza en los establecimientos industriales porque de acuerdo al DANE, es aquí en donde se realiza toda la producción de los bienes y servicios y se evidencian las relaciones insumo-producto para el correspondiente análisis de la producción.

Las cuentas regionales usan la misma clasificación del Sistema de Cuentas Nacionales, tanto para productos como para ramas de actividad industrial, con base en la Clasificación Central de Productos (CPC) y la Clasificación Industrial Internacional Uniforme, CIIU R.V 3 A.C.

Además, dado que el objetivo de esta investigación y que se diferencia del cálculo realizado por el DANE, consiste en la estimación del PIB per cápita utilizando otras metodologías. Para ello se realizó una selección de variables que puedan explicar el PIB per cápita. La idea principal es que no sólo permitan estimar los valores en el ámbito agregado, que es donde tendrá lugar el proceso de estimación de los modelos econométricos, sino también en el nivel desagregado microterritorial (municipal o distrital) al que se extrapolarán estos resultados y que es, en definitiva, el que se desea predecir.

En el proceso de selección de variables se identificaron diferentes tipos, las cuales se pueden agrupar en cuatro grupos; variables fiscales, variables de actividad económica, variables financieras y la variable de distancia. De todas las variables

²³. Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas –DANE-. Metodología Cuentas Departamentales p. 27.

se obtuvo información para 22 Departamentos y para los años 1996 y 2003 (ver anexo 1).

Dentro del grupo de variables fiscales se encontró información de los impuestos²⁴, los gastos corrientes y la inversión (Formación Bruta de Capital Fijo). Las variables fiscales fueron obtenidas de las Ejecuciones Presupuestales reportadas por los Departamentos y Municipios y/o Distritos de Colombia, cuyas fuentes fueron el Banco de la República, la Contraloría General de la República –CGR-, el Ministerio de Hacienda y Crédito Público y el Departamento Nacional de Planeación –DNP-. Toda la información fue tomada de las anteriores fuentes de forma agregada y a millones de pesos corrientes y transformada a pesos constantes de 1994²⁵ y a valores per cápita.

Para la transformación a valores per cápita se dividió cada unidad de observación, que en este caso son los impuestos, gastos corrientes y la inversión de cada departamento y el Distrito de Barranquilla por la población de cada ente territorial. Esta última información se obtuvo del Departamento Nacional de Estadística –DANE-.

Del grupo de las variables de actividad económica se encontró información del consumo de energía y el número de líneas telefónicas, todas son consideradas como variables reales. El consumo de energía y el crecimiento económico están correlacionados fuertemente. Si las naciones aumentan el consumo de energía, este crecimiento está asociado con el aumento de la producción.

²⁴ La justificación de escogencia de los impuestos como proxy en esta investigación, es que esta puede dar cuenta del crecimiento de las actividades económicas. En la medida que las naciones, provincias, departamentos y municipios capten más recursos por vía impuesto, esto se traduce en mayores niveles de producción, creación de empresas, construcción de estructuras residenciales, entre otras actividades económicas. Siguiendo a Núñez y Sánchez (2000).

²⁵ Se calculó el deflactor tomando el Productor Interno Bruto per cápita a precios corrientes y se dividió por el Producto Interno Bruto a precios constantes de las estadísticas ofrecidas por el DANE.

El consumo final de energía está asociado con el nivel y crecimiento de la actividad económica, con una relación energía/PIB cercano a la unidad de crecimiento, aunque en Colombia los niveles de consumo per cápita son todavía bajos e inferiores al promedio de América Latina²⁶. La importancia de la electricidad para el progreso económico y el avance tecnológico de una sociedad es indudable (Stoft, 2002).

Del consumo de energía se obtuvo información del consumo anual total por departamentos y municipios, nueva metodología de la Comisión de Regulación de Energía y Gas –CREG- para los años 1996 y 2003. La unidad de medida estaba dada en Gigawatios hora facturada para la mayoría de años y fue estandarizada en Kilowatios hora facturada para los dos años de estimación. Realizada la estandarización se dividió por la población de cada departamento y municipio, para hallar el consumo de energía per cápita.

En relación a las líneas telefónicas per cápita se tomó la variable líneas en servicio de las bases de datos de la Superintendencia de Servicios Públicos. Esta variable es una proxy de las telecomunicaciones. En el mundo globalizado y específicamente a nivel del comercio de bienes y servicios la distancia no puede constituir un obstáculo para el desarrollo de las actividades económicas. Los sistemas de telecomunicaciones abaratan los costos de negociación.

“Por sorprendente que pueda parecer, la mayor parte de la teoría económica previa a los ochenta y de los modelos de comercio internacional ignoraban la distancia y otros factores geográficos”²⁷.

²⁶ Tomado del Plan Energético Nacional, 1997 – 2010. Unidad de Planeación Energética. Ministerio de Minas y Energía. República de Colombia.

²⁷GARAY S, Luis Jorge et al. “Colombia: Estructura industrial e internacionalización 1967-1996”. Programa de estudio La industria de América Latina ante la globalización económica. (Tomo 1). Departamento Nacional de Planeación, Colciencias, Consejería Económica y de Competitividad, Ministerio de Comercio Exterior, Ministerio de Hacienda y Crédito Público, Proexport., p. 277.

Con referencia al cálculo de esta variable para el presente estudio cada Barranquilla y se halló los valores per cápita. Esta variable puede dar explicación del PIB per cápita porque en la medida que aumenta la producción existe un alto grado de asociación con el mejoramiento de las telecomunicaciones y en este sentido se ha tomado esta proxy²⁸ como variable de actividad económica.

Las captaciones financieras y cartera por entidad, por departamento y municipio. Las entidades financieras tomadas fueron: los bancos, corporaciones financieras, compañías de financiamiento comercial, instituciones oficiales especiales, organismos cooperativos de grado superior, y cooperativas financieras.

Las variables financieras se tomaron como variable explicativa del PIB per cápita siguiendo a Bonet y Meisel (1999)²⁹. Se logró encontrar información de las captaciones financieras y la cartera por entidad, por departamento y municipio. Las captaciones financieras están constituidas por los depósitos en cuenta corriente bancaria, depósitos simples, certificados de depósito a término y los depósitos de ahorro. Toda esta información se agrupó y se le denominó captaciones financieras.

Con relación a la cartera se trabajó con el valor de la cartera neta. Las entidades financieras tomadas fueron: los bancos, corporaciones financieras, compañías de financiamiento comercial, instituciones oficiales especiales, organismos cooperativos de grado superior, y cooperativas financieras.

²⁸Otra de las razones fundamentales es la disponibilidad de información tanto a nivel departamental como municipal o distrital. Chasco (2004). Hoy día se podría tomar no sólo las líneas telefónicas fijas sino gran parte del sistema de comunicaciones, como la telefonía celular entre otras.

²⁹ Se emplea esta variable siguiendo los estudios de Bonet y Meisel porque ellos encontraron una alta correlación entre el PIB per cápita y los depósitos bancarios per cápita departamentales. Por ejemplo, en 1960 el coeficiente de correlación entre esas dos variables fue de 0,83 y en 1950 fue de 0,77.

De igual forma se utilizó la distancia ponderada de cada departamento a los cuatro departamentos principales incluyendo Bogotá. En su orden Bogotá como Distrito Capital y los Departamentos de Antioquía, Valle del Cauca y Atlántico con el resto de departamentos de Colombia. El sentido de utilizar estos cuatro entes territoriales es que en la medida en que los departamentos estén alejados de los centros de actividad económica comercial el PIB per cápita tenderá a ser menor. La variable distancia no se utilizó en forma separada en el presente estudio. Esta sirvió para rezagar³⁰ el PIB per cápita de cada uno de los departamentos.

En términos de las estimaciones realizadas en primera instancia se estimó un modelo a través de los Mínimos Cuadrados Ordinarios –MCO–. Todas las variables tanto explicativas como la explicada se trabajaron en términos per cápita. El resultado de la estimación obtenida se caracterizó por la no significancia estadística de varias de las variables utilizadas (anexo 2). Posiblemente se presentan problemas de multicolinealidad de las variables independientes.

Se procedió luego a utilizar el análisis de componente principal – ACP – (anexo 3). Los resultados encontrados muestran que las componentes principales número de líneas telefónicas, impuestos y consumo de energía pc, explican en conjunto el 94,70% y 90.33% para los años 1996 y 2003 respectivamente, de la variabilidad total del PIB per cápita. Las variables líneas telefónicas y consumo de energía el 87,01% y 80,9% para los años 1996 y 2003 respectivamente, de la variabilidad total del PIB para el año 2003.

Dado los resultados del ACP se procedió a realizar estimaciones para cada uno de los años a través de los MCO, máxima verosimilitud, además de los dos métodos

³⁰ El término rezago se utiliza para determinar el grado de correspondencia del PIBp con los centros de actividad comercial. La idea principal es que los entes territoriales más alejados de estos departamentos incluyendo al distrito capital tendrán un grado de crecimiento del PIBp menor. En términos específicos se utilizaron ponderaciones de las distancias que tienen en cuenta el grado de interrelación entre los departamentos, es decir, el intercambio comercial entre estos.

de estimación mencionados se estimó un panel balanceado para dos periodos, 1996 y 2006.

Se realizaron estimaciones para los años 1996 y 2003 por MCO y por máxima verosimilitud en el presente estudio, pero en las estimaciones por MCO no se chequeo si se presentaban problemas de autocorrelación espacial dado el tipo y la poca información que se estaba modelando. Aunque se hicieron múltiples estimaciones, sólo dos de los componentes resultaron estadísticamente significativos, con los signos adecuados en términos económicos y que superan todas las consabidas pruebas del modelo de regresión clásico³¹. Estas variables son consumo de energía per cápita y el número de líneas telefónicas per cápita.

El modelo finalmente seleccionado para evitar los problemas de ineficiencia de los estimadores, incorpora la variable explicativa PIB per cápita retardado³² con intercepto, el cual se estimó por máxima verosimilitud.

El modelo es el siguiente³³:

Forma Funcional del modelo seleccionado:

Modelo:
$$Y_{it} = \gamma_i w_i Y_{it} + \beta_0 + \beta_1 E_{it} + \beta_2 L_{it} + \mu_{it}$$

³¹ Los estadísticos que se valoraron fueron: el coeficiente de determinación $-R^2$, heteroscedasticidad y multicolinealidad para los modelos por MCO. Además, se utilizó el criterio de información Akaike para la selección de modelos.

³² Esta se calculó tomando uno sobre las distancias al cuadrado y multiplicado por el PIBp para cada año. Para el cálculo de las distancias se tomaron los cuatro departamentos principales de Colombia, en su orden, Bogotá como Distrito Capital, Antioquia, Valle del Cauca y Atlántico, esto se estableció por ser estos los centros de comercio. El sentido de tomar estos puntos de referencia consiste en que el grado de vecindad puede ser determinante para el crecimiento del PIBp. En el presente estudio esta variable puede denominarse como la variable endógena retardada y se identifica como aquella que representa la importancia del comercio.

³³ Se realizaron también las estimaciones por MCO con intercepto, máxima verosimilitud sin intercepto y utilizando la matriz de pesos espaciales W . Todos los modelos y los resultados de las estimaciones se encuentran en el anexo 4.

Siendo Y = Producto Interno Bruto *per cápita*.

L_{it} = Número de líneas telefónicas por habitante de los años 1985 y 2003.

E_{it} = Consumo de energía en Kw, por habitante de los años 1996 y 2003.

wY_{it} = Producto Interno Bruto *per cápita de cada departamento y de los años 1996 y 2003 con retardo*.

$\gamma_i, \beta_0, \beta_1, \beta_2$ = Parámetros a estimar

μ = Perturbaciones aleatorias con las consabidas buenas propiedades.

El modelo expuesto en líneas anteriores fue producto de las estimaciones hechas por –MCO- al cual de se les añadió la variable endógena retardada y se estimó por Máxima Verosimilitud, que en este estudio es el PIB per cápita departamental. En algunos casos se trabajó con el modelo sin intercepto³⁴ y en otros con intercepto, aunque el modelo seleccionado se utilizó el intercepto.

La idea es obtener estimadores insesgados y eficientes, pero a la vez, dada la naturaleza del trabajo, que produzca las mejores predicciones del PIB per cápita.

2.2 MODELO ESTIMADO POR MÁXIMA VEROSIMILITUD -MV-

En este aparte se presentará la estimación hecha por máxima verosimilitud. Esta se realizó utilizando una variable exógena la cual se denomina PIB per cápita retardado, que no es más que la aplicación del peso de la distancia entre departamentos al PIB per cápita.

Por otra parte, cuando se realizó la estimación por máxima verosimilitud para estimar el PIBp de los departamentos de Colombia se tomó como forma funcional el modelo con la variable dependiente retardada con intercepto, las cuales son:

³⁴ Henri Theil señala que si la intersección efectivamente está ausente, el coeficiente de la pendiente puede ser estimado con mucha más precisión que cuando el término de la intersección está incluido. Citado por GUJARATI, Damodar. Econometría. p. 162.

Forma Funcional con intercepto

Años 1993 y 2003

$$\text{Modelo A: } Y_{i1996} = \gamma_i [w_i Y_{i1996}] + \beta_o + \beta_1 E_{i1996} + \beta_2 L_{i1996} + \mu_{i1996}$$

$$\text{Modelo B: } Y_{i2003} = \gamma_i [w_i Y_{i2003}] + \beta_o + \beta_1 E_{i2003} + \beta_2 L_{i2003} + \mu_i$$

Las estimaciones que incluyen el intercepto estimadas por –MV- Cuadro No. 1, Modelo A y B, se puede inferir que en el modelo con PIB per cápita retardado de 1996, las variables Líneas Telefónicas per cápita no es significativa y el Consumo de Energía per cápita es significativo al 15%. La variable retardada es significativa al 5%. Los signos de cada variable coinciden con la teoría económica.

Para el 2003, Modelo B, la variable Líneas Telefónicas per cápita es significativa estadísticamente al 20% y el consumo de energía per cápita es significativo estadísticamente al 15%. Estos resultados a su vez pueden ser producto de la cantidad de datos que se tienen para modelar. Los resultados son mas robustos para el 2003 que para 1996, en el cual una de las variables no fue significativa. Se infiere a su vez que se busca a través de la aplicación metodológica encontrar un modelo que genere los mejores resultados predictivos.

Resultados de los modelos con intercepto

Modelo A. Año 1996:

$$Y_{i1996} = 934762,3 + 20483,1 \text{ PIBretardado} + 276,6242 E_{i1996} + 1221423 L_{i1996}$$

Modelo B. Año 2003:

$$Y_{i2003} = 817518,1 + 6085,246 \text{ PIBretardado} + 402,9133 E_{i2003} + 838998,8 L_{i2003}$$

CUADRO 1
 RESULTADOS DE LAS ESTIMACIONES REALIZADAS PARA LOS MODELOS
 DEL PIB PER CAPITA DEPARTAMENTAL. Años 1996 y 2003

Variables	MODELO A. 1996		MODELO B. 2003	
	Modelo PIBp retardado		Modelo PIBp retardado	
	Estimación MV		Estimación MV	
	Coef.	p-value	Coef.	p-value
PIB per cápita retardada	20483.11	0.054	6085.246	0.757
PIB per cápita retardo espacial				
Intercepto	934762.30	0.000	817518.1	0.002
Teléfonos per cápita	1221423	0.447	838998.8	0.179
Energía per cápita	276.624	0.112	402.9133	0.151
Log likelihood (Log Verosimilitud)	-309.5478897		-310.5394	
Criterios de Información				
Criterio de información Akaike (AIC)	28.50435		28.59449	
Número de Observaciones				

MV= Máxima Verosimilitud

Fuente: Estimaciones realizadas por el autor.

A los modelos estimados por Máxima Verosimilitud se les aplicaron contrastes sobre los efectos espaciales de autocorrelación espacial.

Cliff y Ord (1981), consideran la estimación por máxima verosimilitud como la más aconsejable, la cual se ha perfilado a lo largo de los años de desarrollo de la econometría espacial³⁵ como una de las alternativas dominante.

Aplicados los contrastes de autocorrelación se determinó estimar por Máxima Verosimilitud agregándole la variable dependiente rezagada (utilizando la matriz de pesos espaciales), que en este estudio es el PIBp departamental. En este caso se trabajó con el modelo con intercepto³⁶.

La idea es obtener estimadores insesgados y eficientes, pero a la vez, dada la naturaleza del trabajo, que produzca las mejores predicciones del PIBp.

2.3 ANÁLISIS ESPACIAL DE LOS DATOS

2.3.1 *La autocorrelación espacial*

2.3.1.1 *El gráfico de Morán*

Después de la estimación de los modelos básicos se aplicaron contrastes sobre los efectos espaciales de autocorrelación espacial³⁷. En el Gráfico 1 y 2 puede observarse los contrastes para los años 1996 y 2003, el cual es llamado

³⁵ Aunque estas estimaciones no son de econometría espacial, al incluir la variable endógena retardada, en el presente estudio arrojó los mejores resultados el estimar por máxima verosimilitud. Cabe destacar que dentro del modelo como variable exógena se incluye la variable endógena transformada –retardada-. En econometría espacial si existe dependencia espacial en los errores del modelo impide la estimación MCO, ya que este tipo de estimación da lugar a estimadores ineficientes, por lo que se estima a través de máxima verosimilitud, Moreno (2000).

³⁶ Aunque existen autores como Henri Theil que señalan que si la intersección efectivamente está ausente, el coeficiente de la pendiente puede ser estimado con mucha más precisión que cuando el término de la intersección está incluido. Citado por GUJARATI, Damodar. Econometría. p. 162.

³⁷ La dependencia o autocorrelación espacial aparece 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 lugar, Anselin (1988)

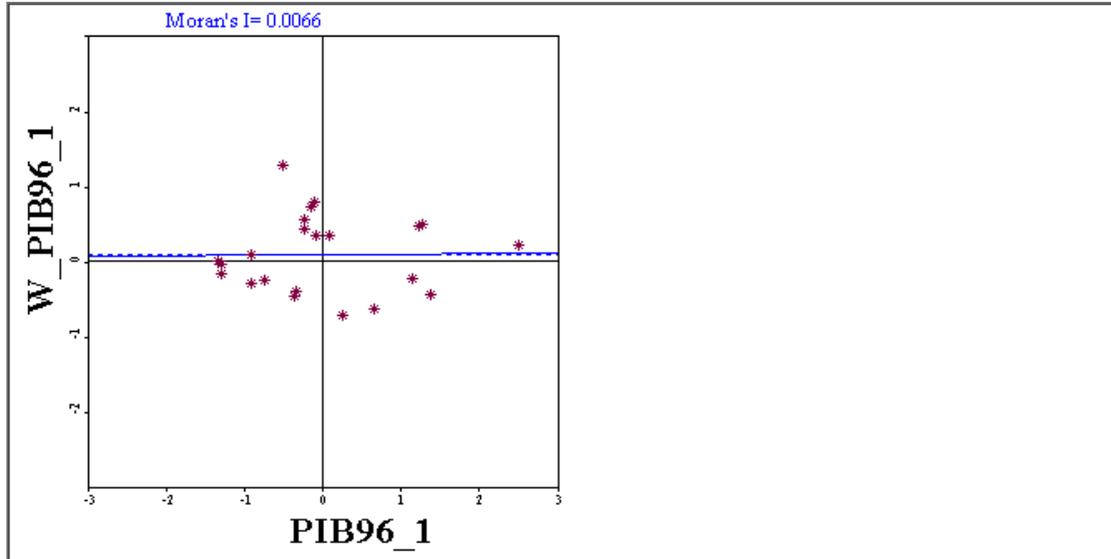
“*Scatterplot de Moran*”³⁸, en el se representa en el eje horizontal la variable PIBp estandarizado y en el eje vertical el rezago espacial³⁹ de la variable estandarizada. El gráfico indica la no existencia de dependencia espacial de la variable PIBp, sin embargo se procedió a estimar los modelos utilizando la variable dependiente espacialmente retardada. Esto se hizo para conocer si los modelos utilizando la variable dependiente espacialmente retardada sirven para predecir el PIB per cápita.

Por otro lado, al realizarse un análisis del Gráfico 1 y 2 de Moran 1996 y 2003, es posible inferir que entre los departamentos de Colombia tomados en este estudio incluyendo Bogotá, existen un departamento atípico en el patrón global de asociación espacial. Este elemento atípico es propiamente Bogotá. Al respecto, de acuerdo a los significados de cada cuadrante es un distrito rico rodeado de departamentos ricos.

³⁸ En este tipo de gráficos se representa en el eje de las abscisas las observaciones de la variable dependiente normalizada y en el de ordenadas el retardo espacial de dicha variables..., también normalizado. De este modo, los cuatro cuadrantes reproducen diferentes tipos de dependencia espacial. Si la nube de puntos está dispersa en los cuatro cuadrantes es indicio de ausencia de correlación espacial. Si, por el contrario, los valores se encuentran concentrados sobre la diagonal que cruza los cuadrantes I y III existe una elevada correlación espacial positiva de la variable, de forma que su pendiente es igual al valor obtenido para el contraste de la I de Moran. Tomado de: MORENO (2000; p. 38). Otra de las interpretaciones dadas al gráfico, es en lo referente a las cuatro áreas del plano cartesiano. A cada área corresponde un tipo de asociación espacial local entre un departamento y sus vecinos. El cuadrante superior derecho representaría un departamento con alto PIB per cápita rodeado de departamentos con alto PIB per cápita. El cuadrante II superior izquierdo corresponde un departamento con bajo PIB per cápita rodeado de departamentos con alto PIB per cápita. El cuadrante III representa un departamento con bajo PIB per cápita rodeado de departamentos con bajo PIB per cápita y el cuadrante IV inferior derecho corresponde un departamento con alto PIB per cápita rodeado de departamentos con bajo PIB per cápita.

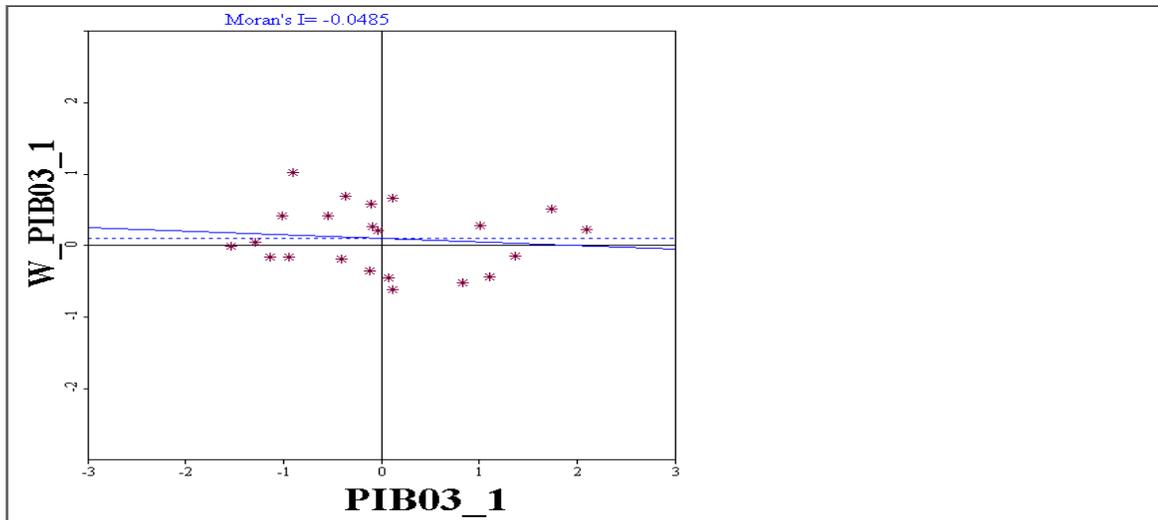
³⁹ Esta es la matriz de pesos espaciales W.

**Gráfico 1. Autocorrelación espacial local del PIB per cápita de los Departamentos de Colombia.
Diagrama de dispersión del I Moran, 1996**



Fuente: Cálculo del autor. Se utilizó el programa Geoda.

**Gráfico 2. Autocorrelación espacial local del PIB per cápita de los Departamentos de Colombia.
Diagrama de dispersión del I Moran, 2003**



Fuente: Cálculo del autor. Se utilizó el programa Geoda.

2.3.1.2 El coeficiente I de Moran

Otra forma de realizar el contraste univariado de dependencia o autocorrelación espacial es a través del coeficiente I de Morgan⁴⁰. El Cuadro 2 muestra los resultados de la prueba de autocorrelación espacial a través del coeficiente *I de Moran*. Los resultados indican la no presencia de una autocorrelación espacial, el índice no es significativo. De hecho el índice es cercano a cero para los dos años.

$$I = \frac{N}{S_o} \frac{\sum_{ij}^N w_{ij}(x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{ij}^N (x_i - \bar{x})^2}; i \neq j$$

Donde, N es el tamaño de la muestra, $S_o = \sum_i \sum_j w_{ij}$, x es la variable sometida al análisis de dependencia espacial y w_{ij} son las ponderaciones de la matriz binaria W que se construye asignándole 1 a las observaciones vecinas al punto i y 0 a las demás observaciones.

⁴⁰ Para el cálculo del coeficiente I de Moran, se utilizó en este caso el programa Geoda. Se desea considerar en la medición el contacto de todos y cada uno de los departamentos. En el análisis espacial, la hipótesis nula significa ausencia de un patrón espacial. Esta hipótesis se prueba ubicando el coeficiente de Morán (1950) dentro de una curva de probabilidades normal.

Cuadro 2
Resultados del análisis de autocorrelación espacial
Coficiente I de Moran, 1996 y 2006

DIAGNOSTICS FOR SPATIAL DEPENDENCE 1996

FOR WEIGHT MATRIX : pesos_contig.GAL (row-standardized weights)

TEST	MI/DF	VALUE	PROB
Moran's I (error)	-0.001643	0.4961108	0.6198162

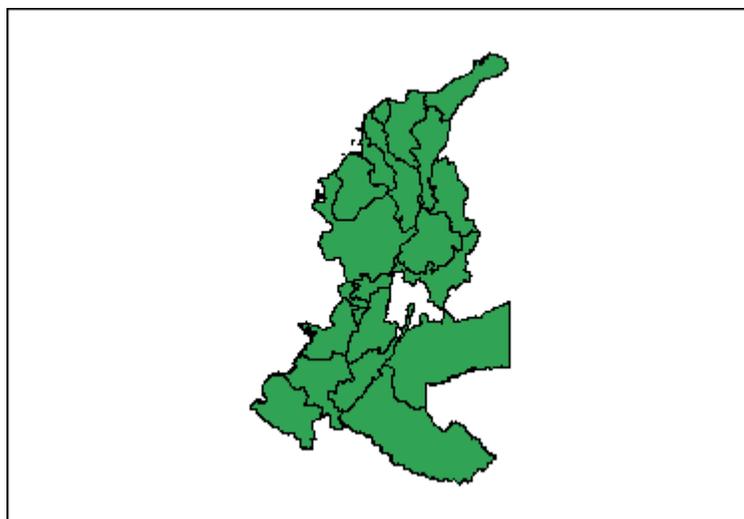
DIAGNOSTICS FOR SPATIAL DEPENDENCE 2003

FOR WEIGHT MATRIX : pesos_contig.GAL (row-standardized weights)

TEST	MI/DF	VALUE	PROB
Moran's I (error)	-0.040942	0.0640648	0.9489185

Fuente: Cálculo del autor. Se utilizó el programa Geoda.

Mapa 1.
Departamentos de Colombia utilizados en el análisis



Aplicados los contrastes anteriores se procedió a realizar las estimaciones, utilizando el programa Geoda. Esta estimación corresponde al campo de la econometría espacial. Aunque no se encontraron problemas de autocorrelación espacial como lo expresan el índice I de Morán y Scatter Plot de Morán, se probó con los coeficientes obtenidos para conocer su capacidad de predicción.

No obstante, los resultados arrojados en las estimaciones muestran que todas las variables exógenas resultaron siendo significativas estadísticamente, pero la matriz de pesos espaciales para corregir los problemas de autocorrelación no es significativa estadísticamente. Este resultado no es extraño, dado que el modelo no tiene problemas de autocorrelación espacial. Pero los resultados a nivel predictivo no fueron los mejores.

2.4 PREDICCIÓN DEL PIBP DEL DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO

Una vez se realizaron todas las estimaciones, se procedió inicialmente a obtener las predicciones del PIB per cápita del Departamento del Atlántico, para así poder estar seguro de que los parámetros estimados no solamente cumplen con los supuestos clásicos, sino también, son buenos para predecir el PIB per cápita.

El Cuadro 3 presenta todas las predicciones hechas del PIB per cápita del Departamento del Atlántico. Este cuadro además de mostrar las predicciones, resume los parámetros estimados y compara las predicciones realizadas a través de las metodologías implementadas, con los cálculos realizados por el Departamento Nacional de Estadística de Colombia –DANE-.

El análisis que se puede realizar del Cuadro 3 es que todas las distintas estimaciones logran predecir el PIB per cápita Departamental y casi todas generan valores muy cercanos al verdadero valor observado. Con respecto a la razón presentada entre el PIB per cápita calculado por el DANE y el PIB per cápita

estimado a través de la metodología el más cercano es el Modelo III, el cual fue estimado por Máxima Verosimilitud, dado que coinciden los cálculos para los dos años y este es del 98%.

CUADRO 3.
RESULTADO DE LAS ESTIMACIONES Y PREDICCIONES DEL PRODUCTO INTERNO BRUTO
DEPARTAMENTO DEL ATLANTICO Y DEL DISTRITO INDUSTRIAL Y PORTUARIO DE
BARRANQUILLA, 1996 Y 2006

VARIABLES, ESTIMACIONES Y PREDICCIONES	MODELO A y B	
	1996	2003
ESTIMACIONES POR MAXIMA VEROSIMILITUD		
PIB Percapita Retardado	20,483.11	6,085.25
Bo	934,762.30	817,518.10
B1	276.62	402.91
B2	1,221,423.00	838,998.80
VARIABLES OBSERVADAS		
<i>Departamento del Atlántico</i>		
Consumo de Energía Per cápita	1,674.33	868.63
Núm. De líneas Teléfono Per cápita	0.15	0.43
Matriz Distancia	0.00000144	0.00000144
Matriz Distancia por PIBp	2.39	2.26
<i>Distrito Industrial y Portuario de Barranquilla</i>		
Consumo de Energía Per cápita	655.82	1,245.22
Núm. De líneas Teléfono Per cápita	0.22	0.19
PRODUCTO INTERNO BRUTO PERCAPITA (DANE)		
<i>Departamento del Atlántico</i>	1,661,759.00	1,573,421.00
PREDICCIÓN DEL PIB PERCAPITA		
<i>Departamento del Atlántico</i>	1,627,197.88	1,540,912.18
PREDICCIÓN DEL PIB PERCAPITA		
<i>Distrito Industrial y Portuario de Barranquilla</i>	1,626,148.67	1,540,625.11
PIBp Estimado del D. Atlántico/PIBp DANE	0.98	1.02
PIBp Estimado de Barranquilla/PIBp DANE	0.98	0.98
PIBp Estimado de Barranquilla/PIBp Estimado del D. Atlántico	1.00	1.00

Fuente: Cuadro 1. Cálculo del autor.

PIBp= Producto Interno Bruto per cápita

DANE= Departamento Administrativo Nacional de Estadística

2.5 DATOS DE PANEL

Otro de los métodos utilizados para calcular el PIBp de Barranquilla es utilizando datos de panel. “La característica clave de los datos de panel que los diferencia de los datos fusionados de sección cruzada es el hecho de que se mantiene un registro de las mismas unidades de sección cruzada durante un periodo de tiempo determinado. [Estos pueden ser dos, tres, cuatro, t periodos diferentes] ”⁴¹.

En la estimación del PIBp de Barranquilla se tomaron dos periodos de tiempo diferentes, el año 1996 y 2003 y todas las observaciones de corte transversal es decir los departamentos son los mismos, para los dos periodos.

La justificación de estimar con datos en panel se puede resumir en los siguientes dos elementos, los cuales fueron expuestos por Baltagi⁴². El primero, es la heterogeneidad de los departamentos de Colombia y los datos en panel permite tener en cuenta dicha heterogeneidad.

El segundo es la mayor información, menos colinealidad entre variables, más grados de libertad, mayor variabilidad y mayor eficiencia que se puede obtener con los datos en panel.

Aunque existen diferentes procedimientos de estimación, en el presente estudio se estimó por efectos fijos y aleatorios para determinar cuál de estos dos procesos es el más adecuado en esta investigación.

⁴¹ WOOLDRIDGE, Jeffrey M. “Introducción a la econometría. Un enfoque moderno”. Segunda edición. España: Thomson Editores, 2006, p. 12

⁴² GUJARATI, Damodar. Econometría. Cuarta edición. Mexico: Mc. Graw-Hill, 2004, p. 614-615.

2.5.1 Estimación por efectos aleatorios

El modelo de efectos aleatorios permite suponer que cada unidad transversal tiene un intercepto diferente. Además, se supone que los efectos inobservables no se correlacionan con cada variable explicativa en todos los periodos. Para el presente trabajo la estimación se realizó testeando si se trabaja con efectos aleatorios o con datos agrupados⁴³, utilizando la prueba de Breusch-Pagan.

El modelo es el siguiente:

Modelo I. Estimación por efectos aleatorios

$$Y_{it} = \alpha_i + \lambda w^{-1}Y_{it} + \beta_1 E_{it} + \beta_2 L_{it} + e_{it} \quad (1)$$

Donde:

Siendo Y_{it} = Producto Interno Bruto *per cápita* de cada departamento y de los años 1996 y 2003.

L_{it} = Líneas telefónicas por habitante de cada departamento y de los años 1996 y 2003.

E_{it} = Consumo de energía en Kw por habitante de cada departamento y de los años 1996 y 2003.

$w^{-1}Y_{it}$ = Producto Interno Bruto *per cápita* de cada departamento y de los años 1996 y 2003 con retardo.

$\alpha_i = \alpha + u_i$. = Es una variable aleatoria con un valor medio α y una desviación aleatoria u_i de este valor medio

$\lambda, \beta_1, \beta_2$ = Parámetros a estimar

e_{it} = Perturbaciones aleatorias con las consabidas buenas propiedades.

⁴³ Cuando se expresa que se va a estimar con datos agrupados indica que se puede agrupar la información para los años de estudio y se estima por mínimos cuadrados ordinarios.

Sustituyendo $\alpha_i = \alpha + u_i$ en (1) se obtiene:

$$Y_{it} = \alpha + \lambda w^{-1} Y_{it} + L\beta_1 E_{it} + \beta_2 L_{it} + u_i + e_{it} \quad (2)$$

El Cuadro 4 muestra que las dos variables exógenas del modelo no son significativas al 5%, aunque es mejor estimar por efectos aleatorios que con datos agrupados. Lo anterior se puede corroborar con los resultados de la prueba de multiplicador de Lagrange de Breusch-Pagan, (ver Cuadro 4).

El p-value indica que se rechaza la Hipótesis nula; por lo tanto, los efectos aleatorios u_i son relevantes y es preferible usar la estimación de efectos aleatorios en vez de datos agrupados.

2.5.2 Estimación por efectos fijos

Una vez estimado por efectos aleatorios se procede a estimar por efectos fijos. Este modelo no supone que las diferencias entre los departamentos de Colombia sean aleatorias, sino constantes o fijas y por ello se estimará cada intercepto. Existen factores inobservables que influyen en la variable dependiente, en este caso el PIB per cápita.

Modelo II. Estimación por efectos fijos

$$Y_{it} = \beta_{0i} + v_i + \lambda w^{-1} Y_{it} + \beta_1 E_{it} + \beta_2 L_{it} + e_{it} \quad (1)$$

Donde:

Siendo Y_{it} = Producto Interno Bruto *per cápita* de cada departamento y de los años 1996 y 2003.

L_{it} = Líneas telefónicas por habitante de cada departamento y de los años 1996 y 2003.

E_{it} = Consumo de energía en Kw por habitante *de cada departamento* y de los años 1996 y 2003.

$w^{-1}Y_{it}$ = Producto Interno Bruto *per cápita de cada departamento* y de los años 1996 y 2003 *con retardo*.

v_i = es un vector de variables dicotómicas para cada estado.

$\lambda, \beta_{0i}, \beta_1, \beta_2$ = Parámetros a estimar

e_{it} = Perturbaciones aleatorias con las consabidas buenas propiedades.

Cuadro 4
Estimaciones de datos en panel
Cálculo del Producto Interno Bruto de Barranquilla
Estimación por Efectos Fijos y Aleatorios, 1996 y 2003

Variables	Modelo I		Modelo II	
	Modelo retardo espacial		Modelo retardo espacial	
	Efectos Fijos		Efectos Aleatorios	
	Coefficientes	p-value	Coefficientes	p-value
PIB per cápita retardada	103485.900	0.000	43129.2	0.000
Intercepto	453116.600	0.018	1062630	0.018
Teléfonos per cápita	149805.600	0.029	35292.36	0.584
Energía per cápita	71.332	0.130	61.36198	0.244
Prueba				
F(3,19)	14.68			
p-value	0.000			
Breusch-Pagan				
Chi-2			15.49	
p-value			0.0001	
Hausman				
Chi-2	15.95			
p-value	0.0012			

Fuente: Cálculo del autor.

Al igual que en la estimación por efectos aleatorios, el Cuadro 4 muestra también la estimación por efectos fijos. Este cuadro indica que las dos variables independientes del modelo son significativas. El consumo de energía per cápita es significativa al 15% y el número de líneas telefónicas al 5%, 10% y 15% e incluyendo el PIB per cápita retardado y el intercepto. Desde el punto de vista de la teoría económica las variables presentan los signos correspondientes.

Cuando se testea si se estima por efectos fijos o agrupados a través de la prueba F se puede inferir que es preferible estimar por efectos fijos que con datos agrupados dado que el *p-value* indica que se rechaza la hipótesis nula.

Ahora se procede a determinar si es mejor estimar por efectos fijos o por efectos aleatorios. Para ello se utilizó el test de Hausman.

2.5.3 Prueba de Hausman⁴⁴.

La prueba de Hausman (1978) sirve para determinar si se estima por efectos fijos o aleatorios. La hipótesis nula de la prueba de Hausman establece que los estimadores de efectos aleatorios y de efectos fijos no difieren sustancialmente. Por lo anterior, en el presente estudio se encontró que los estimadores sí difieren, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula. La conclusión es que la estimación por efectos fijos es más conveniente que por efectos aleatorios.

⁴⁴ Para la toma de decisión de estimación por efectos fijos o aleatorios se tiene en cuenta la posible correlación entre el componente de error individual y las variables independientes. El modelo de efectos aleatorios supone que esta correlación es igual a cero. Hausman (1978) demostró que la diferencia entre los coeficientes de efectos fijos y aleatorios puede ser usada para probar la hipótesis nula de que los errores y las variables independientes no están correlacionadas

2.6 CÁLCULO DEL PIB PER CÁPITA DEL DISTRITO INDUSTRIAL Y PORTUARIO DE BARRANQUILLA

2.6.1 Proceso de predicción del PIB per cápita estimado por MV.

Después de estimar los modelos departamentales del PIB per cápita para los años 1996 y 2003, suponiendo que las elasticidades departamentales son similares a las de los municipios, se aplican los coeficientes obtenidos en cada regresión a los valores de las variables exógenas del Distrito, para obtener el PIB per cápita del Distrito de Barranquilla. Se utilizaron los siguientes modelos:

Ecuación para el cálculo del PIBp del Distrito de Barranquilla

Año 1996:

Utilizando la matriz de distancia

$$Y_{1996} = [1 - \lambda w]^{-1} (\beta_0 + \beta_1 E_{1996} + \beta_2 L_{1996})$$

Predicción sin matriz de pesos espaciales⁴⁵

$$Y_{1996} = \beta_0 + \beta_1 E_{1996} + \beta_2 L_{1996}$$

Año 2003:

Utilizando la matriz de distancia

$$Y_{2003} = [1 - \lambda w]^{-1} (\beta_0 + \beta_1 E_{2003} + \beta_2 L_{2003})$$

Predicción sin matriz de pesos espaciales

$$Y_{2003} = \beta_0 + \beta_1 E_{2003} + \beta_2 L_{2003}$$

Siendo Y = Producto Interno Bruto *per cápita* de Barranquilla.

⁴⁵ Como no se presentó problemas de autocorrelación espacial se procedió a realizar el cálculo del PIBp del Distrito Industrial y Portuario de Barranquilla con los coeficientes arrojados en la estimación por máxima verosimilitud. Esto dará una idea si es posible estimar sin la utilización de la matriz de pesos espaciales.

L_i = Número de líneas telefónicas por habitante de los años 1985 y 2003.

E_i = Consumo de energía en Kw, por habitante de los años 1996 y 2003.

$w^{-1}Y_{it}$ = Producto Interno Bruto *per cápita* de cada departamento y de los años 1996 y 2003 con retardo.

$\lambda, \beta_0, \beta_1, \beta_2$ = Parámetros estimados para los departamentos de Colombia. Extrapolados para el Distrito Industrial y Portuario de Barranquilla.

Los modelos expresados son una re-especificación de los modelos departamentales, puesto que estos no incluyen la variable endógena retardada entre las regresoras del modelo, porque lo que se desea es calcular el PIBp del distrito. Con respecto a las ecuaciones, inicialmente se había presentado el componente $[1 - \lambda W]^{-1}$ de acuerdo a Anselin (2002)⁴⁶ es un multiplicador espacial global que une la variable endógena con todas las regresoras, pero en este modelo no se presenta autocorrelación espacial por lo cual no se utilizó para la predicción.

En el Cuadro 3 se presentan los resultados obtenidos de la estimación del PIB per cápita del distrito para los años 1996 y 2003. En este se incluyen todas las estimaciones tanto del modelo básico MCO, modelo MV. A modo de validación del modelo estimado por MV el cual fue escogido a nivel departamental para calcular el PIB per cápita del distrito se incluye la proporción que representa el PIB per cápita departamental estimado por la metodología propuesta sobre el PIB calculado por el DANE.

⁴⁶ Tomado de Chasco y López (2005)

2.6.2 Proceso de predicción del PIB per cápita del Departamento del Atlántico y del Distrito de Barranquilla de la estimación de datos en panel balanceado.

Modelo estimado Departamento del Atlántico.

$$Y_{it} = 453116.600 + 103485.900 w_i^{-1} Y_{it} + 71.332 E_{it} + 149805.600 L_{it}$$

Modelo Utilizado para la predicción:

$$Y_{it} = 453116.600 + 71.332 E_{it} + 149805.600 L_{it}$$

Predicción del PIBp del Departamento del Atlántico

Cuadro 5
Cálculo del Producto Interno Bruto del Departamento del Atlántico
1996 y 2003

<i>Departamento del Atlántico</i>	Efectos Fijos		Efectos Aleatorios	
	1996	2003	1996	2003
Consumo de Energía Per cápita	1674.00	868.63	1674	868.63
Núm. De líneas Teléfono Per cápita	0.15	0.43	0.15	0.43
Matriz Distancia Retardada por PIBp	2.39	2.26	2.39	2.26
	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.
Consumo de Energía Per cápita	71	71	61.4	61.4
Núm. De líneas Teléfono Per cápita	149.806	149.806	35292.4	35292.4
PIB per cápita retardada	103.486	103.486	43129.2	43129.2
Intercepto	453.117	453.117	1062630	1062630
Estimación del PIB del Atlántico	842274.94	813344.46	1273786.25	1228611.61
Cálculo del PIB del Atlántico DANE	1661759	1573421	1661759	1573421
PIB Atlántico Metodología/PIB DANE	0.506857	0.516927	0.7665289	0.78

Fuente: Cuadro 4. Cálculo del autor.

Dado los resultados de la predicción con datos en panel, en donde se logró seleccionar la estimación por efectos fijos como la más adecuada, el cuadro No. 5 presenta el cálculo del PIBp del Atlántico utilizando los parámetros estimados por la estimación en mención. La predicción estuvo en el orden del 50% del verdadero valor del PIBp del Departamento del Atlántico, es decir, del PIBp calculado por el DANE para ambos años. El resultado se obtuvo multiplicando cada coeficiente obtenido estimado por los valores per cápita de cada variable.

Además, el Cuadro No. 5 presenta a su vez los cálculos de la estimación por efectos aleatorios y resultó que aunque el test de Hausman señala como más adecuada la estimación por efectos fijos, en términos de predicción es más cercana los cálculos realizados utilizando los parámetros estimados por efectos aleatorios, esta estuvo en el 77% y 78% del PIBp calculado por el DANE.

Ecuación para el cálculo del PIBp del Distrito de Barranquilla

$$Y_{it} = [1 - \lambda w_i]^{-1} (\beta_0 + \beta_1 E_{it} + \beta_2 L_{it})$$

El Cuadro No. 6 presenta los cálculos del PIBp del Distrito de Barranquilla, tanto con los parámetros estimados por efectos fijos como por efectos aleatorios. En este cuadro a su vez se logra establecer que es más cercano el cálculo del PIBp del Distrito de Barranquilla cuando se utilizan los parámetros estimados con efectos aleatorios. De hecho, la predicción se encuentra en el 93% y 99% para los dos años cuando se tomo como referencia el PIBp estimado. Y, en el 74% y 82% aproximadamente para los dos años cuando se tomó como referencia el PIBp calculado por el DANE.

Cuadro 6
Cálculo del Producto Interno Bruto del Departamento del Atlántico
1996 y 2003

	Efectos Fijos		Efectos Aleatorios	
	1996	2003	1996	2003
<i>Distrito Industrial y Portuario de Barranquilla</i>				
Consumo de Energía Per cápita	656	1245	656	1245
Núm. De líneas Teléfono Per cápita	0.22	0.19	0.22	0.19
Matriz Distancia	0.00000144	0.00000144	0.00000144	0.00000144
	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.
Consumo de Energía Per cápita	71	71	61.4	61.4
Núm. De líneas Teléfono Per cápita	149.806	149.806	35292.4	35292.4
PIB per cápita retardada	103.486	103.486	43129.2	43129.2
Intercepto	453.117	453.117	1062630	1062630
Estimación de Barranquilla	626141.16	670243.30	1184208.17	1221664.84
Estimación del PIB del Atlántico	842274.94	813344.46	1273786.25	1228611.61
Cálculo del PIB del Atlántico DANE	1661759	1573421	1661759	1573421
PIB Atlántico Metodología/PIB DANE	0.50685746	0.516927422	0.76652887	0.780853698
PIBp Barranquilla/ PIBp Estimado Atlántico	0.74339284	0.824058361	0.929675734	0.99434584
PIBp Barranquilla/ PIBp Atlántico DANE	0.37679421	0.425978364	0.71262329	0.776438626

Fuente: Cálculo del autor.

CONCLUSIONES

El cálculo del PIB per cápita de los municipios es de suma importancia para las políticas económicas que se realicen a nivel local y para la nación en su conjunto. Este esfuerzo por estimar el PIB per cápita del Distrito de Barranquilla permitió encontrar múltiples diferencias con las investigaciones realizadas no sólo a nivel de Colombia sino con los estudios del resto del mundo.

Una de esas diferencias con los estudios realizados en Colombia como los de Bonet y Meisel (1999) y Núñez y Sánchez (2000) se enmarca en que las variables fiscales y financieras no resultaron significativas. Y, de hecho al intentar realizar las predicciones ignorando los niveles de significancia estadística, no generaron los mejores resultados.

Con referencia al estudio de Chasco y otros (2004, 2005), -dado que se intentó extrapolar las metodologías que ellos realizaron y aplicarlos para el caso del Distrito de Barranquilla- se encontró una variable de actividad económica diferente a los estudios referenciados, la cual es el consumo de energía per cápita. Esta variable para el caso de los Departamentos de Colombia explica el comportamiento del PIB per cápita. Otra de las diferencias es que se implementó una fórmula para la estimar el PIB per cápita del Atlántico sin utilizar la matriz de pesos espaciales. Los resultados fueron positivos porque se logra estimar el PIB per cápita del Atlántico y se extrapoló de igual forma para calcular el PIB per cápita del Distrito de Barranquilla.

Desde el punto de vista de las estimaciones realizadas por MCO, MV y data panel se encontró que la mejor predicción del PIB per cápita departamental las arrojó la estimación por MV. Esta afirmación se había referenciado como un consejo de los

expertos en econometría espacial⁴⁷ para el tratamiento de datos microterritoriales. Aunque la mayoría de estimaciones no corresponden al área de conocimiento de la econometría espacial, las exploraciones realizadas en este campo sirvieron para implementar algunas nuevas ecuaciones que sirvieron de base para predecir el PIB per cápita a nivel municipal.

Con la estimación por Máxima verosimilitud se obtuvo los mejores resultados y a través de esta (ver cuadro 3) se puede establecer que la estimación del PIB per cápita del Departamento del Atlántico es aproximadamente el 98% del PIB per cápita calculado por el DANE. De igual forma cuando se cálculo el PIB del Distrito de Barranquilla a través de la ecuación presentada en el estudio este es más del 98% del PIB per cápita del departamento del Atlántico.

A pesar de haberse escogido como la mejor metodología, la estimación por MV se encontró a su vez que cuando se estimó con datos en panel⁴⁸, a pesar de que los estadísticos implementados como el test de Hausman señalan como recomendable la estimación por efectos fijos los resultados de las predicciones fueron alejados del PIB per cápita calculado por el DANE. Por el contrario fue más cercana la predicción cuando se tomaron los parámetros estimados por efectos aleatorios.

Todos los resultados encontrados hasta ahora pueden ayudar al desarrollo de trabajos microterritoriales y sólo constituye esta investigación como una pequeña parte de lo que se puede lograr si se exploran muchas más variables y otras metodologías. Hoy día sabemos que entre más consumo de energía eléctrica consume una nación puede significar un mayor subdesarrollo y que decir sobre la telefonía fija, la cual ha sido en parte desplazada por la telefonía celular. Estas

⁴⁷ Esta investigación no pretende ser un trabajo de econometría espacial sólo me he limitado a utilizar algunos instrumentos recomendados por los expertos en términos de estimación para información microterritorial.

⁴⁸ Una de las justificaciones que se tuvieron para estimar con datos en panel es que se logra agrupar mayor información.

nuevas proxys podrán servir de base para otras investigaciones.

BIBLIOGRAFÍA

APARICIO, María Teresa, AZNAR, Antonio y AZNAR, Pilar. *“Estimación de la renta de las comarcas y municipios aragoneses. Serie 1999-2002”*. Instituto Aragonés de Estadística. España. 2005.

BONET MORÓN, Jaime y MEISEL ROCA, Adolfo. *La convergencia regional en Colombia: una visión de largo plazo, 1926 – 1995*. No. 8 Febrero, 1999.

CHASCO YRIGOYEN, María del Coro. Estimación de la Renta Familiar Disponible Municipal y Regional de 1997. INSTITUTO LAWRENCE R. KLEIN. Universidad Autónoma de Madrid. Documento Metodológico.

CHASCO YRIGOYEN, María del Coro y LOPEZ, Fernando. *Modelos de regresión espacio-temporales en la estimación de la renta municipal: el caso de la Región de Murcia*. En: Estudios de Economía Aplicada. Vol. 22-3, 2004.

CHASCO YRIGOYEN, María del Coro, MELLA MARQUEZ, José María y LÓPEZ LÓPEZ, Asunción. *Crecimiento económico y convergencia urbana en España*. Edita: Instituto de Estudios Fiscales. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Departamento de Economía Aplicada. Universidad Autónoma de Madrid , 2005

CLIFF, A. and ORD J.K. (1981). *Spatial Process, Models and Applications*. London.

CRUZ SÁNCHEZ, Judith Jafeth y MUÑOZ SUÁREZ, Mónica Rubí. *METODOLOGÍA PARA MEDIR EL PRODUCTO INTERNO BRUTO (PIB) DEL*

MUNICIPIO DE PUEBLA. UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS-PUEBLA. Escuela de Ciencias. Departamento de Actuaría y Estadística. TESIS. Santa Catarina Mártir, Puebla, México 2003.

FUNKE, M y STRULIK, H. "On endogenous growth with physical capital, human capital and product variety", *European Economic Review*, 44, 2000, pp. 491-515.

GALVIS APONTE, Luis Armando y MEISEL ROCA, Adolfo. "*El crecimiento económico de las ciudades colombianas y sus determinantes, 1973-1998*". Documentos de Trabajo sobre Economía Regional. Centro de Investigaciones Económicas del Caribe Colombiano. Banco de la República. CARTAGENA DE INDIAS. 18 Noviembre, 2000

GALVIS APONTE, Luis Armando. "*LA TOPOGRAFÍA ECONÓMICA DE COLOMBIA*". Documentos de Trabajo Sobre Economía Regional –Banco de la República, Febrero 2002.

GARAY S, Luis Jorge, et al. "*COLOMBIA: ESTRUCTURA INDUSTRIAL e INTERNACIONALIZACIÓN 1967-1996*". Programa de estudio LA INDUSTRIA DE AMÉRICA LATINA ANTE LA GLOBALIZACIÓN ECONÓMICA COLOMBIA: ESTRUCTURA INDUSTRIAL e INTERNACIONALIZACIÓN 1967-1996 (Tomo 1). Departamento Nacional de Planeación, Colciencias, Consejería Económica y de Competitividad, Ministerio de Comercio Exterior, Ministerio de Hacienda y Crédito Público, Proexport.

GLASER, Edward L., KALLAL, Hedi D., SCHEINKMAN, Jose A., SHLEIFER, Andrei. "Growth in Cities". *The Journal of Political Economy*, Vol. 100, No. 6, Centennial Issue (Dec., 1992), pp. 1126-1152. Published by: The University of Chicago Press.

GOOD, David F.. The Economic Lag of Central and Eastern Europe: Income Estimates for the Habsburg Successor States, 1870-1910 Author(s): Source: The Journal of Economic History, Vol. 54, No. 4 (Dec., 1994), Published by: Cambridge University Press on behalf of the Economic History Association. pp. 869-891.

GROSMAN, G.M. y E. Helpman, *Innovation and Growth in the Global Economy*, (Cambridge, MA: MIT Press) 1991.

GUJARATI, Damodar. *Econometría*. Cuarta edición. Editorial Mc. Graw-Hill.

HAUSMAN, J.A. (1978): "Specification test in econometrics". *Econométrica*. 46: 1251-1271.

JACOBS, Janes. "Cities and the Wealth of Nations: Principles of Economic Life". *Annals of the Association of American Geographers*, Vol. 75, No. 2 (Jun., 1985), pp. 277-279.

MORENO SERANO, Rosina y VAYÁ VALCARCE, Esther. "Técnicas econométricas para el tratamiento de datos espaciales. *La econometría espacial*." Edición de Universitat de Barcelona, 2000.

NÚÑEZ, Jairo y SÁNCHEZ, Fabio. "Geography and Economic Development: A Municipal Approach for Colombia", CEDE, Uniandes , February, 2000.

PAMMER, Michael. Proxy Data and Income Estimates: The Economic Lag of Central and Eastern Europe. *The Journal of Economic History*, Vol. 57, No. 2. (Jun., 1997), pp. 448-455.

Ministerio de Minas y Energía. República de Colombia. Plan Energético Nacional, 1997 – 2010. Unidad de Planeación Energética.

POLESE, Mario. *“Como las ciudades producen riqueza en la nueva economía de la información: Desafíos para la administración urbana en los países en desarrollo”*. En: Revista Latinoamericana de Estudios Urbanos Regionales. Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago. 2004.

STOFT, Steven. (2002). *“Power System Economics. Designing Markets for Electricity”*. John Wiley & Sons Pub.

WOOLDRIDGE, Jeffrey M. *“Introducción a la econometría. Un enfoque moderno”*. Segunda edición. International Thomson Editores Spain, 2006.

ANEXO 1

VARIABLES RELES PER CÁPITA, 1996

DEPARTAMENTOS	PIB ¹	CONSUMO ENERGIA	DISTANCIA	PIB*DISTANCIA	TELEFONO ²
ANTIOQUIA	2130940.00	1697.48	0.000007648	16.30	0.21
ATLANTICO	1661759.00	1674.33	0.000001438	2.39	0.15
BOGOTA	2850601.00	1878.61	0.000017602	50.18	0.38
BOLIVAR	1351697.00	917.10	0.000001283	1.73	0.08
BOYACA	1409951.00	1107.91	0.000008699	12.27	0.10
CALDAS	1450108.00	1266.80	0.000010152	14.72	0.15
CAQUETA	1259622.00	157.05	0.000002301	2.90	0.03
CAUCA	845486.00	350.64	0.000003514	2.97	0.08
CESAR	1342002.00	477.59	0.000001536	2.06	0.06
CORDOBA	1136462.00	445.93	0.000002065	2.35	0.03
GUAJIRA	1880677.00	338.74	0.000000920	1.73	0.04
HUILA	1483142.00	1118.04	0.000004991	7.40	0.21
MAGDALENA	1042376.00	799.18	0.000001345	1.40	0.04
META	2200463.00	644.00	0.000007670	16.88	0.14
N. DE SANTANDER	1040245.00	670.85	0.000002383	2.48	0.10
NARIÑO	826121.00	360.25	0.000001640	1.36	0.07
QUINDIO	1404255.00	690.72	0.000010993	15.44	0.18
RISARALDA	1469762.00	444.05	0.000010015	14.72	0.21
SANTANDER	2177070.00	974.73	0.000004752	10.35	0.17
SUCRE	841550.00	650.31	0.000001569	1.32	0.03
TOLIMA	1571425.00	992.48	0.000010454	16.43	0.13
VALLE	2263101.00	1660.37	0.000005771	13.06	0.21

Fuente: Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliario, Departamento Nacional de Planeación DNP, Departamento Nacional de Estadísticas DANE, Comisión de Regulación de Energía y Gas CREG, Ministerio de Transporte.

¹ Producto Interno Bruto.

² Número de líneas telefónicas.

VARIABLES RELES PER CÁPITA, 1996

DEPARTAMENTOS	PIB ¹	CONSUMO ENERGIA	DISTANCIA	PIB*DISTANCIA	TELEFONO ²
ANTIOQUIA	2197726.00	646.46	0.000007648	16.81	0.92
ATLANTICO	1573421.00	868.63	0.000001438	2.26	0.43
BOGOTA	2558539.00	957.55	0.000017602	45.04	1.54
BOLIVAR	1461143.00	397.63	0.000001283	1.87	0.31
BOYACA	1466813.00	443.71	0.000008699	12.76	0.40
CALDAS	1572938.00	504.18	0.000010152	15.97	0.62
CAQUETA	1067967.00	167.26	0.000002301	2.46	0.24
CAUCA	1048724.00	327.04	0.000003514	3.69	0.25
CESAR	1551894.00	491.24	0.000001536	2.38	0.23
CORDOBA	1318706.00	1317.35	0.000002065	2.72	0.25
GUAJIRA	1927003.00	410.40	0.000000920	1.77	0.54
HUILA	1497773.00	1196.49	0.000004991	7.47	0.27
MAGDALENA	954704.00	554.33	0.000001345	1.28	0.20
META	2020409.00	509.87	0.000007670	15.50	0.60
N. DE SANTANDER	1019891.00	381.28	0.000002383	2.43	0.23
NARIÑO	880235.00	264.89	0.000001640	1.44	0.40
QUINDIO	1246031.00	339.41	0.000010993	13.70	0.75
RISARALDA	1338646.00	740.74	0.000010015	13.41	0.78
SANTANDER	2381128.00	571.20	0.000004752	11.32	0.68
SUCRE	758092.00	406.44	0.000001569	1.19	0.23
TOLIMA	1475349.00	248.58	0.000010454	15.42	0.57
VALLE	2065199.00	917.09	0.000005771	11.92	0.36

Fuente: Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliario, Departamento Nacional de Planeación DNP, Departamento Nacional de Estadísticas DANE, Comisión de Regulación de Energía y Gas CREG, Ministerio de Transporte.

¹ Producto Interno Bruto.

² Número de líneas telefónicas.

ANEXO 2

Salidas utilizando el software STATA, año 1996.

```
regress pi breal 1996 capreal 1996per gcapi tal real 1996per gcorri ereal 1996per carterareal 1996per energi a1996per impreal 1996per tel 1996per
> r
```

Source	SS	df	MS	Number of obs =	22
Model	4.4749e+12	7	6.3927e+11	F(7, 14) =	6.25
Residual	1.4310e+12	14	1.0222e+11	Prob > F =	0.0018
Total	5.9060e+12	21	2.8124e+11	R-squared =	0.7577
				Adj R-squared =	0.6365
				Root MSE =	3.2e+05

pi breal 1996	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
capreal 199-r	-.4754518	.209488	-2.27	0.040	-.9247588 -.0261448
gcapi tal re-r	4.540122	3.374114	1.35	0.200	-2.696634 11.77688
gcorri erea-r	8.618835	9.137089	0.94	0.362	-10.97827 28.21594
carterarear-r	.6172249	.2310455	2.67	0.018	.1216816 1.112768
energi a199-r	179.0278	251.7398	0.71	0.489	-360.9003 718.956
impreal 199-r	.4393154	18.2294	0.02	0.981	-38.65887 39.5375
tel 1996per	-595298.3	2249972	-0.26	0.795	-5421009 4230412
_cons	791051	192223.9	4.12	0.001	378771.7 1203330

Salidas utilizando el software STATA, año 1996.

```
. (9 vars, 22 obs pasted into editor)
```

```
regress pi breal 2003 capreal 2003per gcapi tal real 2003per gcorri ereal 2003per carterareal 2003per energi a2003per impreal 2003per tel 2003per
> r
```

Source	SS	df	MS	Number of obs =	22
Model	3.3767e+12	7	4.8239e+11	F(7, 14) =	3.82
Residual	1.7657e+12	14	1.2612e+11	Prob > F =	0.0157
Total	5.1424e+12	21	2.4488e+11	R-squared =	0.6566
				Adj R-squared =	0.4850
				Root MSE =	3.6e+05

pi breal 2003	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
capreal 200-r	-.6588186	.3795129	-1.74	0.105	-1.472793 .1551556
gcapi tal re-r	1.208175	3.135822	0.39	0.706	-5.517494 7.933843
gcorri erea-r	6.054019	8.879723	0.68	0.507	-12.99109 25.09913
carterarear-r	.3360543	.2005122	1.68	0.116	-.0940016 .7661103
energi a200-r	-127.088	477.1201	-0.27	0.794	-1150.409 896.2329
impreal 200-r	-3.284304	23.7829	-0.14	0.892	-54.29356 47.72495
tel 2003per	1269006	519776.5	2.44	0.029	154196.7 2383816
_cons	909496.2	294828.2	3.08	0.008	277152.5 1541840

ANEXO 3

Análisis de Componente principal

Principal components/correlation	Number of obs	=	22
	Number of comp.	=	7
	Trace	=	7
Rotation: (unrotated = principal)	Rho	=	1.0000

Component	Eigenvalue	Difference	Proportion	Cumulative
Comp1	4.41537	3.16805	0.6308	0.6308
Comp2	1.24732	.586983	0.1782	0.8090
Comp3	.660337	.207926	0.0943	0.9033
Comp4	.452412	.268564	0.0646	0.9679
Comp5	.183848	.156045	0.0263	0.9942
Comp6	.0278023	.014887	0.0040	0.9982
Comp7	.0129153	.	0.0018	1.0000

Principal components (eigenvectors)

Variable	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4	Comp5	Comp6	Comp7	Unexplained
tel2003per	0.4060	-0.2772	-0.2690	0.1199	0.8139	-0.0370	-0.0877	0
impreal200-r	0.4648	-0.0521	-0.0373	0.1179	-0.3032	-0.8120	0.1213	0
energia200-r	0.2287	0.6795	0.0278	-0.6345	0.2333	-0.0704	0.1524	0
carterarea-r	0.4559	-0.0895	-0.1392	-0.2612	-0.3320	0.2510	-0.7234	0
gcorriarea-r	0.2990	-0.1661	0.9279	0.0023	0.1070	0.1020	0.0159	0
gcapitalre-r	0.2575	0.6205	0.0077	0.7061	-0.0192	0.2033	-0.0916	0
capreal200-r	0.4508	-0.1952	-0.2124	-0.0484	-0.2631	0.4686	0.6499	0

Anexo 4 Estimaciones de los diferentes modelos

Modelo I:
$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 E_{it} + \beta_2 L_{it} + \mu_{it}$$

MODELO I. (Modelo básico. Estimación por MCO)

Modelo I A. Año 1996:

$$Y_{i1996} = 855567,8 + 236,9928E_{i1996} + 3656535L_{i1996}$$

Modelo I B. Año 2003:

$$Y_{i2003} = 778521,4 + 422,1813E_{i2003} + 1010120L_{i2003}$$

Modelo II:
$$Y_{it} = \gamma_i w_i Y_{it} + \beta_1 E_{it} + \beta_2 L_{it} + \mu_{it}$$

MODELO II. (Forma Funcional sin intercepto. Estimación por Máxima verosimilitud)

Años 1993 y 2003

Modelo II A:
$$Y_{i1996} = \gamma_i [w_i Y_{i1996}] + \beta_1 E_{i1996} + \beta_2 L_{i1996} + \mu_{i1996}$$

Modelo II B:
$$Y_{i2003} = \gamma_i [w_i Y_{i2003}] + \beta_1 E_{i2003} + \beta_2 L_{i2003} + \mu_i$$

Resultados de la estimación:

Modelo II A. Año 1996:

$$Y_{i1996} = -5645.038\text{PIBretardado} + 799.7658E_{i1996} + 5400753L_{i1996}$$

Modelo II B. Año 2003:

$$Y_{i2003} = -30899.25\text{PIBretardado} + 1041.447E_{i2003} + 2264056L_{i2003}$$

Modelo III. Forma funcional con intercepto. Estimación utilizando la matriz de pesos espaciales. Estimación por Máxima verosimilitud utilizando el programa GEODA)

$$Y_{it} = \gamma_i WY_{it} + \beta_0 + \beta_1 E_{it} + \beta_2 L_{it} + \mu_{it}$$

Las formas funcionales implementadas son las siguientes:

Forma Funcional con intercepto

Años 1993 y 2003

Modelo III A:
$$Y_{i1996} = \gamma_i WY_{i1996} + \beta_0 + \beta_1 E_{i1996} + \beta_2 L_{i1996} + \mu_{i1996}$$

Modelo III B:
$$Y_{i2003} = \gamma_i WY_{i2003} + \beta_0 + \beta_1 E_{i2003} + \beta_2 L_{i2003} + \mu_i$$

Resultados de las estimaciones:

Modelo III A. Año 1996:

$$Y_{i1996} = 1031340 - 0,1076883\text{PIBretardado} + 195,045E_{i1996} + 3899651L_{i1996}$$

Modelo III B. Año 2003:

$$Y_{i2003} = 1299882 - 0,3253118\text{PIBretardado} + 348,108E_{i2003} + 1071062L_{i2003}$$

Siendo Y = Producto Interno Bruto *per cápita*.

L_{it} = Número de líneas telefónicas por habitante de los años 1985 y 2003.

E_{it} = Consumo de energía en Kw, por habitante de los años 1996 y 2003.

W = Matriz de pesos espaciales definida como la inversa del cuadrado de la distancia existente entre dos municipios i, j . (Chasco, 2003)

wY_{it} = Producto Interno Bruto *per cápita* de cada departamento y de los años 1996 y 2003 con retardo.

$\gamma_i, \beta_0, \beta_1, \beta_2$ = Parámetros a estimar

μ = Perturbaciones aleatorias con las consabidas buenas propiedades.