

ECONOMETRÍA ESPACIAL: DEPENDENCIA O AUTOCORRELACIÓN ESPACIAL

DICIEMBRE/2014

SILVIA MARGARITA AYALA MUÑOZ¹

sayala2@unab.edu.co

Resumen

El presente documento tiene por objeto analizar la econometría espacial como una rama de la econometría tradicional, con especial énfasis en el análisis de la autocorrelación o dependencia espacial. Con este propósito, el documento se orienta en cuatro objetivos principales: causas, métodos para determinar la existencia, tipología y corrección o utilización de este efecto espacial.

El análisis de la autocorrelación cobra importancia en el desarrollo de modelos econométricos, orientados a espacios geográficos, en especial darle importancia al espacio como variable fundamental en la econometría tradicional.

Finalmente se presenta algunas aplicaciones que se han realizado en Colombia y en otros países donde este tipo de métodos han cobrado importancia.

Palabras claves: Econometría espacial, correlación espacial, dependencia espacial, heterogeneidad, correlación espacial, matriz de pesos espaciales.

Clasificación JEL: C10, R1.

¹Estudiante del Programa de Economía de la Universidad Autónoma de Bucaramanga.

Abstract

This paper aims to analyze the spatial econometrics as a branch of traditional econometrics, with special emphasis on the analysis of the autocorrelation or spatial dependence. For this purpose, the document focuses on four main objectives: causes, methods of determining the existence, type and correction or use of this spatial effect.

The analysis of the autocorrelation becomes important in the development of econometric models oriented geographic areas, especially giving importance to space as fundamental variable in traditional econometrics.

Finally some applications that have been made in Colombia and other countries where these methods have gained importance is presented.

Key Words: Spatial Econometrics, spatial correlation, spatial dependence, heterogeneity, spatial correlation, spatial weights matrix.

JEL Classification: C10, R1.

1. INTRODUCCIÓN

La economía regional ha venido teniendo importancia a nivel mundial, como una rama que se caracteriza por presentar modelos econométricos bajo metodologías de precios hedónicos y datos de corte transversal. Sin embargo, su desarrollo ha sido limitado por el poco avance tecnológico en los Sistemas de Información, lo cual no permite generar resultados confiables y rápidos.

Es por esto, que surge la econometría espacial como rama de la econometría tradicional, que busca no solo incorporar la variable espacio como variable principal en un modelo, sino adicionalmente responder a las preguntas: ¿Quién es nuestro vecino? Y ¿Cómo incorporarlo en un modelo? Para poder dar respuesta a estos dos interrogantes es necesario realizar el análisis de los efectos espaciales y el correcto tratamiento de los datos espaciales.

Los dos fenómenos de interés en el presente documento son los denominados dependencia espacial o autocorrelación espacial y heterogeneidad, los cuales constituyen en su totalidad el concepto de la econometría espacial.

Estos dos fenómenos son los que hacen que la econometría espacial se diferencie de manera significativa de la econometría tradicional.

Es así como la econometría espacial se convierte en una herramienta muy valiosa en ámbitos locales, regionales, y/o mundial para estudios que involucren la variable espacio como variable principal.

Para estos fines el presente documento se ha organizado en 5 partes. Se inicia con esta introducción y se continua con los antecedentes de la econometría espacial. En la tercera parte se presenta el problema crucial de la econometría espacial como lo es la Autocorrelación espacial, haciendo énfasis en sus causas, clases, tipología y los instrumentos de aplicación. En la cuarta parte se presentan algunas aplicaciones en Colombia y otros países, y se finaliza con las conclusiones.

2. ANTECEDENTES

Desde años atrás, los analistas de la ciencia económica encontraron la necesidad de evidenciar correlaciones entre las variables de estudio, las cuales les permitieran demostrar con procedimientos y hechos tangibles la veracidad de sus hipótesis. De ahí es que nace la tan bien conocida econometría, pudiendo plasmar en modelos aquellas teorías que hasta ese momento no habían podido ser probadas o demostradas. Por lo tanto, la econometría se define como la ciencia económica que se encarga de aplicar las técnicas matemáticas y estadísticas de las diferentes teorías mediante modelos.

Por su parte, la econometría espacial es una especialidad dentro de la econometría que trata interacciones espaciales; tiene similitud a la geoestadística y estadística espacial (Moreno & Valcarce, 2000).

La econometría espacial nace a partir de una rama de la econometría que era anteriormente llamada economía regional. La economía regional era la encargada de analizar la influencia de las variables sobre el comportamiento localizado en una región o lugar específico, es decir, el efecto que causan unas variables determinadas sobre un comportamiento particular a analizar, sujeto a un espacio.

Sin embargo, los economistas con el tiempo fueron encontrando limitaciones en la economía regional debido a su falta de especificación. Es ahí donde la econometría espacial, desarrolla una serie de modelos espaciales que toman en cuenta la localización o un lugar en particular de las variables analizadas.

Algunos conceptos que conforman la econometría espacial fueron nombrados desde 1914. En ese periodo se descubren problemas causales por la estructura y la dependencia espacial de datos utilizados en algunos estudios. Según Moreno y Vayá (2000) es este año donde se podría considerar el surgimiento de esta rama.

Con el pasar de las décadas los conceptos de estructura y la dependencia espacial fueron tomando fuerza y comenzaron a engranarse con mayor exactitud en un mismo concepto.

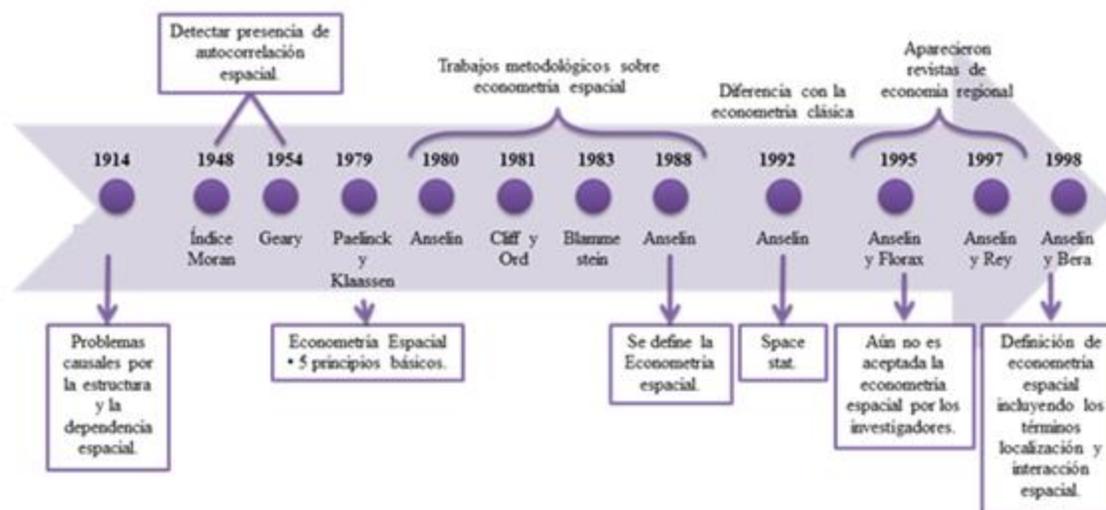
Sin embargo, es en el año de 1948 y 1954 donde se demuestra la existencia de lo que se conoce como autocorrelación o dependencia espacial, abriendo la posibilidad de incorporar la econometría espacial como una subdivisión de la econometría clásica, tomando el espacio como eje central en las diferentes investigaciones.

Luego que la econometría espacial naciera de la dependencia espacial o autocorrelación espacial, se dice que se reconoce algunos de los problemas que ella maneja, representados en la estructura, de allí en adelante se van incorporando una serie de elementos y se hace más clara la diferencia existente de esta rama con la econometría tradicional.

Se considera a la econometría espacial como una evolución de la econometría tradicional, y en sus inicios se fue descubriendo por una serie de fenómenos y elementos que a través del tiempo se fueron incorporando en un modelo, que hasta finales de los años 70 se pudo catalogar como la rama descendiente de la econometría tradicional, y la pudieron asemejar con la econometría regional.

En 1979 se publica *Spatial Econometrics* por parte de los profesores Jean Paelinck y Leo Klaassen, lo cual lleva a determinar a este año como el periodo donde inicia formalmente la econometría espacial. El concepto surge de la necesidad de diferenciar la economía estándar de la regional, además de diferenciar herramientas analíticas que se utilizaban y aquellas que con el tiempo se iban perfeccionando.

Gráfico 2 Cronología del inicio de la Econometría espacial.



Fuente: Elaboración propia.

La econometría espacial nace como una mejora significativa a la economía regional, se representa en un avance de esta última, buscando suplir la necesidad de realizar estudios

con resultados más concisos y precisos sin omitir los problemas ocasionados por el espacio, variable que no es tomada en cuenta por los análisis tradicionales.

Isard (1956) plantea que la economía regional y la geografía como sistemas, productos del desarrollo urbanístico dan lugar a resaltar la necesidad de comparar la economía regional con econometría tradicional, herramientas que son utilizadas con cada una de ellas.

La importancia de tener en cuenta la influencia del espacio dentro de los análisis econométricos se origina de la identificación de los errores de especificación que son efectos espaciales que se generan de los resultados de una investigación. La presencia de estos errores genera una brecha entre los modelos planteados con la realidad que se quiere analizar producto de la omisión de variables de gran influencia en el problema a tratar.

La dimensión espacial contiene modelos espaciales que a su vez están conformados por datos espaciales; estos últimos se caracterizan por tener efectos con validez importante, dado que pueden llegar a invalidar resultados. Es normal encontrar que, en investigaciones estos efectos sean ignorados por la econometría tradicional. Los efectos en algunas ocasiones deberán recibir tratos por medio de técnicas especiales que ayuden a mitigar el fuerte impacto que pueden llegar a generar en el comportamiento de los datos espaciales.

Por otra parte, el urbanismo como elemento de la geografía y como papel importante de la economía regional ejerce un papel importante en el análisis de la economía regional, lo cual permite entender con mayor claridad la importancia de la dimensión espacial en este tipo de estudios (Zambrano, 2007; Saldarriaga, 2000; Colón et ál., 2003).

Cuando los datos son catalogados como “espaciales” se hace referencia a variables que se encuentran en un lugar específico y esto vienen a conformar los modelos espaciales. Los datos son manejados con adelantos, aplicaciones y técnicas econométricas, que van de la mano con la modernización tanto urbana como regional. Muchos de los datos están representados en variables que pueden tener un comportamiento contagio con aquellas con las cuales colindan. Según Gómez (1999), los datos espaciales están caracterizados por:

- Datos con influencia en la variable distancia.
- Similitud de las observaciones a las observaciones vecinas.
- Una jerarquía de lugar o regiones.

- El cambio sistemático en los parámetros con el movimiento a través del espacio.

Tobler (1979) señala que se tiene una alta relación con las características de los datos espaciales y la organización de los mismos. Se podría pensar que por el hecho de realizarse estudios a nivel regional, los datos espaciales no tendrían la importancia que merecen, pero por el contrario, la mayoría de las políticas se toman a nivel regional. Es por ello, que uno de los componentes es la variación espacial y no como normalmente se piensa que es el espacio la variable determinante.

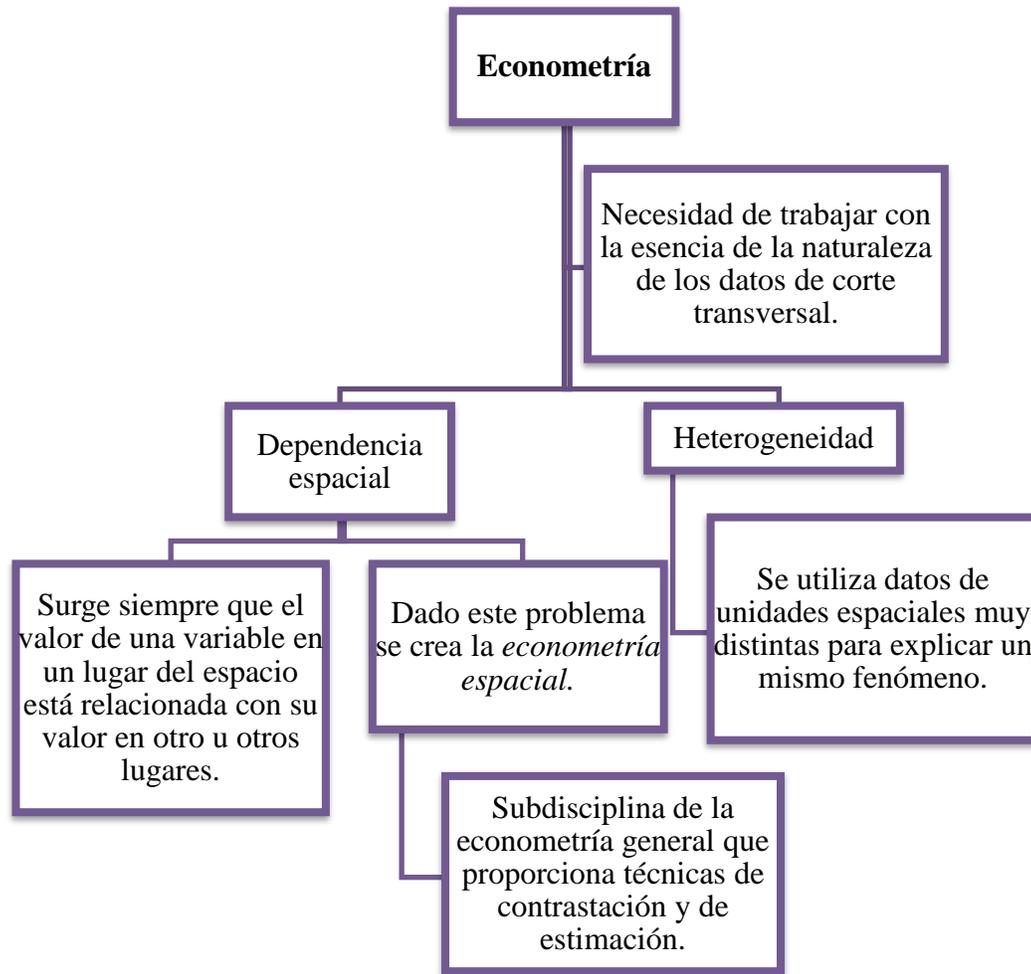
Anselin (1979) define la econometría espacial como el conjunto de técnicas y herramientas que ocurren en un espacio teniendo en cuenta como principal objetivo la incorporación de la localización, interacción y regiones, trayendo a colación esos fenómenos que permitía diferenciar esta rama de la econometría tradicional.

Paelinck y Klaassen (1979) afirman que el manejo de los datos en la econometría espacial se debe tener en cuenta cinco principios fundamentales, los cuales son: 1) la interdependencia, haciendo referencia a tener en cuenta las relaciones entre las observaciones; 2) la asimetría; 3) la alotopía, que es la causa de un fenómeno espacial en otro lugar; 4) la no linealidad y 5) la topología que describe las coordenadas, distancias, superficies, densidad, re presentadas en todas las variables topológicas.

Según Gómez (2008) la econometría espacial permite:

- Verificar la presencia de dependencia espacial, respondiendo a las preguntas: ¿Existe?, ¿de qué tipo es?
- Definir una estructura de dependencia espacial, respondiendo a las preguntas: ¿quiénes interactúan?
- Estimar modelos que contengan la dependencia espacial, respondiendo a las preguntas: Rezago.
- El uso de matrices de pesos espaciales para incorporar la dependencia espacial.

Gráfico 1 Surgimiento de la Econometría espacial.



Fuente: Elaboración propia.

La incorporación de datos de carácter espacial en los modelos puede generar dos errores o efectos, los cuales son denominados: heterogeneidad y dependencia espacial o autocorrelación espacial (**Ver Gráfico 1**).

La primera se basa en dos fuentes: la realidad y los datos espaciales. Las unidades espaciales que hacen parte de ella, no son homogéneas, en cuanto a su tamaño, generando heterocedasticidad, la cual puede generar una estimación sesgada de los parámetros, niveles de significancia erróneos, y predicciones subóptimas (Gómez, 1999).

LeSage (1999) define la heterogeneidad como el término que hace referencia a la variación en las relaciones que se dan en el espacio. Anselin (1988) extiende el concepto de heterogeneidad para que incluya las variaciones o cambios debido a la estructura espacial y/o a los procesos espaciales.

De acuerdo a lo anterior, la heterogeneidad espacial hace referencia a las variaciones de las relaciones que se pueden generar de los datos en el espacio, además de las variaciones en los comportamientos que se pueden generar de relacionar.

La heterogeneidad espacial está dividida en la inestabilidad estructural y la heterocedasticidad. La inestabilidad espacial, indica la falta de estabilidad en una variable y la heterocedasticidad está asociada con la omisión de variables dentro del modelo, siendo esta una de las causas que originan su aparición.

Hildreth y Houck (1986) A pesar de que varios autores han tratado la heterogeneidad muchos de ellos afirman que este problema puede ser tratado por la econometría tradicional y no habría ninguna diferencia en tratarla por medio de la econometría espacial.

Por otra parte Anselin (2001) plantea alguna de las razones por las cuales debería ser tratada por medio la econometría espacial:

1. La estructura de la cual nace la inestabilidad espacial se genera de un área geográfica, es decir, la localización de las observaciones es indispensable para determinar la forma o especificación de dicha variabilidad.
2. La heterogeneidad suele presentarse conjuntamente con el problema de autocorrelación espacial. No se presentará la posibilidad de que una exista y la otra no.
3. En un modelo de regresión de corte transversal, ambos efectos de autocorrelación y heterogeneidad espacial puede decirse que son totalmente equivalentes. Por esta razón, se deberían manejar estos dos efectos de forma conjunta para poder

identificar de forma correcta los parámetros de un modelo y no manejarlos de forma independiente.

El segundo efecto espacial, conocido como dependencia espacial o autocorrelación espacial se genera cuando el valor de una variable en un lugar del espacio tiene relación con su valor en otro lugar del espacio. Este efecto es evidente en la utilización en datos de corte transversal, tratando con observaciones localizadas (regiones).

Upton y Fingleton (1985) definen la correlación espacial como la “propiedad de un conjunto de datos situados en un mapa geográfico que muestran un patrón de organización”. Igualmente afirma que:

“Característica según la cual la presencia de una determinada cantidad o calidad de la variable estudiada en una determinada zona o región haga más o menos probable su presencia en las zonas o regiones vecinas”. “Los test de autocorrelación espacial verifican si el valor observado de una variable en una localización determinada es independiente de los valores de esta variable en las localizaciones vecinas”.

Así mismo la autocorrelación se define como, “la existencia de una relación funcional entre un puntos dado en el espacio y lo que ocurre en cualquier otro”. (Anselin, 1998, citado en Pérez, 2006. Pp 9). Para el caso de datos de corte transversal se busca identificar la ausencia de independencia los datos.

La dependencia espacial en muchas ocasiones se entiende como sinónimo de la autocorrelación en el análisis de datos regionales, aunque estos dos son diferentes, se considera que la autocorrelación espacial es una expresión débil de la dependencia espacial.

Por su parte, tanto Anselin y Florax (1995) como Kmenta (1971) dejan claro que este problema no puede ser ni tratado ni solucionado por la econometría tradicional, dado que existía una escasa difusión de esta econometría, representada en una mínima información y antiguas formas de recolección de datos. Estos métodos generaban demora en los resultados y una difícil manipulación de los mismos.

Los datos utilizados en economía regional eran de corte transversal, suministrados por mapas, censos, muestras, etc. Actualmente, y gracias a los avances tecnológicos, los datos espaciales son obtenidos a partir de campos satelitales, generando información cada vez más confiable, precisa y rápida. A pesar de los avances en la recolección de información, este tipo de mecanismos pueden aumentar el riesgo de no detectar los errores en los datos.

El estudio de la dependencia o autocorrelación espacial se considera como el origen de la econometría espacial, por lo tanto es de especial interés para el trabajo concentrarse en el análisis del mismo. A continuación se presentarán las causas, detección, tipologías y utilización de este fenómeno.

3. AUTOCORRELACIÓN ESPACIAL O DEPENDENCIA ESPACIAL

El problema crucial de la econometría espacial está sujeto en: ¿Quién es nuestro vecino? y ¿cómo incorporarlo al modelo? Al concepto de “vecino” se le atribuye las unidades u observaciones que interactúan de forma significativa, es decir, aquellas que tienen mayor relevancia con relación a la variable dependiente. Suele usarse el término vecindad, no para entenderla como la contigüidad que pueda existir, sino las características similares que puedan compartir.

Según Herrera (2012) las interacciones se pueden clasificar como efectos de desbordamiento, proximidad geográfica, similitudes de mercado, etc. Esto hará que se pueda identificar quién es nuestro vecino próximo y más significativo. Para incorporarlo al modelo es importante realizar matriz de contactos.

No solo los análisis de datos juegan un papel importante en la econometría espacial; adicional existen métodos para su aplicación, los cuales puede ser modificados o profundizados dependiendo de la utilidad que se le dé (Moreno & Valcarce, 2000).

Los métodos econométricos espaciales tradicionales han dependido en su mayoría exclusivamente de datos muestrales, incorporando las ideas en modelos espaciales. Es por esto que la evolución en la econometría espacial da resultados efectivos en los análisis económicos urbanos y regionales. Un claro ejemplo de esto es el Premio Nobel en Ciencias Económicas del año 2008 otorgado a Paul Krugman, generado por el reconocimiento a su trabajo en la economía espacial y la "nueva" geografía económica (Aroca, 2000).

Es esta otra razón de peso que se puede analizar con mayor profundidad el problema de la dependencia o autocorrelación espacial, dado que este elemento hace parte fundamental como variable de la ecuación principal que representa la econometría espacial, está representada de la siguiente manera:

$$Y_i = \rho W y + X \beta_i + u \quad (1)$$

Donde $\rho W y$ es el parámetro de dependencia espacial y (ρ) matriz de pesos espaciales ($W y$).

Al analizar la ecuación mencionada anteriormente, se puede decir que contiene las dos razones por las cuales se analiza este efecto espacial, la dependencia espacial o autocorrelación espacial. Incorporando en la misma, no solo el efecto sino una de las soluciones al problema, como lo es la matriz de pesos espaciales.

La dependencia espacial o autocorrelación espacial que como se nombró anteriormente, está sujeta a la relación entre un punto en determinado espacio y lo que ocurre en otro lugar. Cliff y Ord, (1973); Paelinck y Klaassen, (1979); Anselin, (1988).

3.1. Causas de la dependencia espacial o autocorrelación espacial

Las causas impiden el surgimiento de la dependencia espacial o autocorrelación. Estas causas están representadas en: efectos desbordamiento, los cuales explican sucesos por medio de los llamados “efectos vecindad” o también conocidos como aquellos datos que colindan o tienen características similares; fenómenos de interacción espacial, es decir, cuando existe una relación entre los datos; jerarquías espaciales, están representadas por su orden lógico y reacciones lógicas, lo que permite predecir los comportamientos futuros; y por último la causa de errores de medida situados en el sesgo que en su mayoría se presenta en los modelos de estudio.

No necesariamente la palabra “colinda” hace referencia a la contigüidad que puede existir entre los datos espaciales, sino además tiene relación con las características similares que comparten.

3.2. Clases de la dependencia espacial o autocorrelación espacial

Ya detectada la presencia de autocorrelación espacial o dependencia espacial, está puede arrojar dos clases: positivas que surgen cuando un modelo está relacionado con un fenómeno en un lugar donde su comportamiento resulta similar en otro lugar, es decir, cuando una unidad presenta comportamientos similares a las unidades con que colinda sin algún diferenciador. Por el contrario resulta negativa, cuando la presencia de un fenómeno en cierta región no permite que se produzca ese mismo fenómeno en otra región. (Cliff y Ord, 1973)

Aun cuando se le da la libertad al investigador de realizar todos sus análisis y elegir quien crea conveniente el será la representación de las ponderaciones, de esta misma manera requiere todo el cuidado, pues puede presentarse la espuria, es decir, cuando dos acontecimientos no tiene relación alguna, presentándose lo anterior, si su elección no ha sido la más adecuada.

3.3. Tipología de la dependencia espacial o autocorrelación espacial

Por otro lado, la autocorrelación o dependencia espacial trata dos tipos: una está representada en la autocorrelación temporal, la cual es unidireccional, es decir, el pasado explica el presente como lo indica Moreno y Vayá (2000). La segunda es la que más influencia tiene y con la que se puede trabajar al momento de hablar de econometría espacial (Tobler, 1979), la multidireccionalidad.

La solución al problema planteado inicialmente se realiza por medio del estudio de la Matriz de Pesos Espaciales \mathbf{W} . Esta matriz puede ser obtenida de la unidireccionalidad temporal en la dependencia o autocorrelación espacial utilizando el llamado operador del retardo \mathbf{L} .

El uso de esta matriz de pesos espacial \mathbf{W} permite que el investigador pueda elegir el conjunto de ponderaciones que quiere manejar y que se ajuste de manera más correcta al enfoque que le ha dado y que desea aplicar. Esto da a entender que el investigador tiene la flexibilidad de poder manejar la estructura y la dependencia en sus estudios. Cada ponderación está sujeta a la hipótesis que se plantea y al vínculo que puede llegar a tener entre las áreas con que colinda.

La matriz de pesos espaciales vienen acompañada de dos regiones que en las mayoría de los estudios se presenta para poder explicar las formas de interpretación en esta matriz, se planteará que la región 1 es representada por la letra **j** y la región 2 es representada por la letra **i**.

Dentro de la matriz de pesos espaciales representada en W_{ji} , si su resultado es $W_{ji}=0$ podríamos inferir que no existe autocorrelación o dependencia espacial entre estas dos regiones (la región j y la región i).

Un claro ejemplo de datos a tener en cuenta en las ponderaciones que se realicen es expuesto por Stetzer (1982), Anselin y Rey (1991), Florax y Rey (1995) quienes presentan unos ejemplos del grado de vinculación que puede existir entre las dos regiones y que este puede depender de la distancia o la longitud.

La Matriz de Pesos Espaciales hace posible que exista una relación entre el valor de una variable situada en cierto punto del espacio y las observaciones de esa misma variable en diversos puntos del espacio. Esta Matriz es una variable indispensable para el cálculo del Índice de Moran.

Según Box y Jenkins (1976), para cumplir con la conexión anteriormente nombrada, se debe recurrir al ya mencionado operador del retardo espacial **L**, que en un contexto de series temporales separará la variable uno o más periodos en el tiempo.

Según Vayá y Suriñach (1996), la dependencia espacial trae consigo la posibilidad de plantearse problemas en su detección, como lo es: la posible que no se detecte la presencia de autocorrelación espacial, pero que si exista, en diminutos “clusters” donde se puede ver la presencia de este efecto pero en cantidades mínimas.

Siguiendo con el análisis, es importante identificar si existe o no la autocorrelación o dependencia espacial, es por ello, que se utiliza la herramienta del Índice de Moran creada por Moran en 1948.

Este indicador espacial, es decir, el llamado Índice de Moran, detecta si existe o no correlación espacial o dependencia espacial en el conjunto de observaciones (Anselin,1995; Ord y Getis ,1995).

La ecuación que representa este índice, se denota a continuación:

$$I_i = \frac{n \sum_i \sum_j w_{ij} z_i}{s \sum z_i^2} \quad (2)$$

De la **Ecuación 2** las variables que la conforman son: **n** representa el número de regiones, **w_{ij}** hacen parte de la matriz de pesos espaciales; matriz binaria que toma valores de 1 y 0. La matriz binaria representa el valor de 1 cuando las regiones i y j colindan y de lo contrario tomará el valor de 0, sus datos varían de -1 a +1.

La variable **z_i** hace referencia a los valores estandarizados.

El índice de moran se puede interpretar dependiendo de la cercanía, si los valores son cercanos a 1, se dice que existe una fuerte dependencia espacial positiva, si los valores se acercan a 0 se dice que no existe dependencia y si el valor es -1 hay una dependencia negativa fuerte.

3.4. Instrumentos de la dependencia espacial: ¿Cómo incorporarlo al modelo?

Es importante tener en cuenta, que está incorpora variables no homogéneas organizadas de diferentes formas en el espacio. Es por esta razón que resulta importante el hecho de que se manejen relaciones multidireccionales, esta relación indica que cada observación tiene diversas características, tamaños, ubicaciones, distancias y demás como lo definió Gómez (2008).

Por los estudios que se han realizado, esta disciplina todavía es poco conocida. La esencia de sus herramientas representadas en el número de investigadores, artículos y demás, está relacionada con su inexperiencia y también con la fuerte competencia que existe entre las diferentes áreas de investigación en Econometría. La econometría espacial para muchos investigadores es difícil de aceptar, dado que no es bien vista para refutar argumentos en cuestiones regionales.

Como bien lo dice Anselin y Florax (1996) también se quejan de esta actitud cuando dicen que «(...)sería una exageración sugerir que la econometría espacial se ha convertido en una práctica aceptada en la investigación empírica actual en ciencia regional y en economía regional(...)». Es mal vista, dado que por manejar grandes cantidades de datos se puede

caer en un riesgo de tener controlados los mismos, y en este mismo orden de ideas, no saber a ciencia cierta cómo va a ser su comportamiento.

Se habla de un software un poco más avanzado al descubierto en 1992 por Anselin, el cual era conocido como Space Stat que por su tiempo de apertura, no consta de gran tecnología y grandes avances, por el contrario, se presentaron programas avanzados que se caracterizaban por el desarrollo de una tecnología eficiente y poco costosa para tratar datos referenciados espacialmente, tanto en forma de Sistemas de Información Geográfica como de software útil para el análisis de datos espaciales.

De los programas utilizados en el análisis de la econometría espacial, el más conocido es el SpaceStat, además de programas tradicionales como bibliotecas de rutinas de LeSage (1999) para MATLAB². Actualmente se cuenta con programas como: OpenGeoda, GeodaSpace y SPSS, permitiendo aprovechar el potencial visual de los Sistemas de Información Geográfica en la estimación de modelos espaciales econométricos.

² La primera versión de matlab data de los años 70, diseñada como herramienta de apoyo para los cursos de Teoría de Matrices, Álgebra Lineal y Análisis Numérico. El nombre matlab es un acrónimo: "MatrixLaboratory". Hoy en día, matlab es un programa muy potente, con un entorno agradable, que incluye Herramientas de cálculo científico y técnico y de visualización gráfica, así como un lenguaje de programación de alto nivel.(Varela, 2013, p. 18)

4. APLICACIONES

La econometría espacial tiene la versatilidad de analizar cualquier campo, es por ello que se citan algunas aplicaciones:

Tabla 2 Aplicaciones de la Econometría espacial.

COLOMBIA			
GOBIERNO			
Nombre del proyecto	Fecha	Objetivo del proyecto	Conclusiones del proyecto
Conflicto, violencia y actividad criminal en Colombia: un análisis espacial.	2003	La relación existente entre el conflicto armado y las distintas manifestaciones de violencia y actividad criminal.	Los resultados econométricos mostraron que en todos los delitos se presenta persistencia y difusión espacial.
GEOGRÁFICO			
Nombre del proyecto	Fecha	Objetivo del proyecto	Conclusiones del proyecto
Modelar la Concentración de la Tierra en Colombia Mediante Modelos Econométricos Espaciales.	2010	Se pretende modelar y estimar la concentración de la tierra en Colombia utilizando variables exógenas que permitan explicar su comportamiento para los años 1985, 1996 y 2000.	La variable concentración de tierra se auto correlaciona espacialmente, esto significa que si un departamento tiene concentración alta de tierra sus vecinos se comportan de igual forma.
SOCIOECONOMICO			

Nombre del proyecto	Fecha	Objetivo del proyecto	Conclusiones del proyecto
Persistencia de las desigualdades regionales en Colombia: Un análisis espacial.	2010	Los niveles de persistencia en la pobreza a menudo están asociados a los “efectos de vecindario”. Además del estudio de las condiciones de pobreza de los municipios colombianos.	Las condiciones pueden caracterizarse por presentar una profunda incidencia (amplias regiones evidenciando el fenómeno), una continua persistencia a través del tiempo (gran cantidad de municipios mantienen altos niveles de pobreza desde tiempo atrás), y algunos casos de resiliencia (municipios que se mantienen pobres estando rodeados de municipios más prósperos y viceversa).
Nombre del proyecto	Fecha	Objetivo del proyecto	Conclusiones del proyecto
Modelos de análisis econométricos espaciales aplicados al desarrollo económico del territorio rural.	2013	Pretende encontrar pautas de comportamiento de las variables de la economía regional-rural, y como el efecto de la distribución geográfica de la población condiciona la actividad económica.	La distribución de los municipios tiene efecto sobre el desarrollo económico.
Nombre del proyecto	Fecha	Objetivo del proyecto	Conclusiones del proyecto

Análisis espacial de la pobreza en Antioquía, Colombia.	2014	En este artículo se asume la pobreza como realidad espacial, una producción social que necesita instrumentos alternativos de medición. Así, el documento se inserta en la discusión teórica de la pobreza como fenómeno espacial e incorpora las herramientas de análisis exploratorio de datos espaciales en la explicación de los aspectos multidimensionales de la pobreza en los 125 municipios del departamento de Antioquia (Colombia). La pobreza es medida como porcentaje de población con necesidades básicas insatisfechas (NBI).	Como resultados se observa una dependencia espacial del fenómeno de la pobreza de los municipios con sus vecinos, concentrando los altos porcentajes de población pobre en zonas de frontera y los bajos en el centro del departamento.
---	------	--	---

ESPAÑA

SOCIOECONOMICO

Nombre del proyecto	Fecha	Objetivo del proyecto	Conclusiones del proyecto
Modelos de regresión espacio-temporales en la estimación de la renta municipal – El caso de la región de Murcia.	2004	El objetivo de este artículo es plantear una generalización de los modelos SUR espaciales mediante la extensión de la matriz diagonal de coeficientes de dependencia espacial, a una matriz diagonal inferior de coeficientes de dependencia espacio temporal.	Se observó con los resultados que por sus amplias bases de datos a distintas escalas geográficas se podría incentivar al desarrollo de especificaciones econométricas capaces de capturar la dinámica existente, sin embargo, la complejidad en

			su tratamiento deja con pocos recursos y herramientas informáticas su manejo.
Nombre del proyecto	Fecha	Objetivo del proyecto	Conclusiones del proyecto
Una aplicación de la estadística espacial al comportamiento de la vivienda de alquiler en España.	-	En los últimos años, la vivienda en España ha experimentado una subida de precio debido a varios factores entre los que destacan la predilección de los españoles por tener una vivienda en propiedad, el déficit de suelo urbanizable, el estrangulamiento de muchos planes de ordenación urbana, la desviación de parte de las inversiones bursátiles al mercado de la vivienda, etc. Esto ha hecho que la política de vivienda sea prioritaria para todos los gobiernos, locales, autonómicos y nacional.	Una posible solución está en potenciar el mercado de la vivienda de alquiler en España, donde no llegamos ni mucho menos a las cotas que se dan en el resto de países de la Unión Europea. Este mercado ha sido descuidado tanto desde el punto de vista político como científico y de éste último vamos a ocupar. Comenzaremos analizándola estructura de dependencia espacial de la vivienda en alquiler en España mediante un análisis exploratorio espacial en el que se realizarán los contrastes globales de autocorrelación espacial pertinentes y se visualizará la presencia de los efectos espaciales. Una vez corroborada la existencia de dicha dependencia, cualquier análisis posterior mediante los métodos econométricos clásicos

			es inadecuado, puesto que parte del supuesto de independencia de los residuos. Por ello, a continuación, plantearemos un modelo espacial para explicar el comportamiento del porcentaje de viviendas en alquiler por provincias a partir de la información sobre movimientos migratorios, renta per cápita y precio de la vivienda por metro cuadrado fundamentalmente.
--	--	--	---

INDUSTRIAL

Nombre del proyecto	Fecha	Objetivo del proyecto	Conclusiones del proyecto
La influencia de los efectos espaciales en el crecimiento de la productividad de la PYME.	2009	El estudio allí planteado busca examinar la influencia de los efectos espaciales sobre el crecimiento de la productividad de la PYME en la Industria Española, se trabaja con una muestra de 35.042 empresas para el periodo 1996-2004 sectorizadas en función de la tecnología. Después de aplicar una serie de métodos econométricos espaciales, pudieron llegar a la conclusión de que los efectos espaciales ejercen una influencia positiva sobre las empresas alta y alta-	Se concluye que debe existir la necesidad de aplicar políticas que fomenten el desarrollo de empresas pertenecientes a sectores industriales de alta tecnología. De este modo, la composición sectorial resultante dará lugar a mayores niveles de productividad y a valores de competitividad elevados. Por otro lado, para favorecer las condiciones de las empresas de baja tecnología, es importante la aplicación de políticas que promuevan los efectos de

		media tecnología, esto pone a conocimiento la necesidad de implementar políticas regionales que fomenten el desarrollo de empresas de alta tecnología.	externalización empresarial, sobre todo en el ámbito de las Pymes.
ENERGETICO			
Nombre del proyecto	Fecha	Objetivo del proyecto	Conclusiones del proyecto
Distribución espacial y modelización econométrica del consumo energético. El caso de Andalucía.	-	Las principales variables explicativas del consumo energético en Andalucía son la población y las inversiones industriales. Ambas variables muestran fuertes patrones de concentración espacial. Con lo que finalmente se pone de manifiesto una tendencia a la concentración espacial de la actividad y de la población en puntos concretos del territorio, lo que, a su vez, da lugar a una serie de patrones de consumo energético y a una serie de impactos ecológicos.	Llegando a los resultados se infirió que poco más del 3% del territorio concentra casi el 50% del consumo eléctrico total. Además la misma forma el consumo del sector servicios aparece crecientemente orientado hacia las costas debidas fundamentalmente a la fuerte especialización turística de estas áreas.

ARGENTINA			
AGRICULTURA			
Nombre del proyecto	Fecha	Objetivo del proyecto	Conclusiones del proyecto
Econometría espacial aplicada a la agricultura de precisión.	2009	Su objetivo primordial es la reducción de costos en el proceso de producción de granos, aumentando la productividad y haciendo más eficiente los procesos de producción, esta rentabilidad generada puede promover una mayor cantidad y calidad en los insumos provenientes de la agricultura (Bongiovanni, 2002).	Se puede realizar la optimización económica cuando las respuestas difieren dentro del lote. El beneficio clave del uso de la econometría espacial es que se tiene en cuenta la estructura espacial de los datos para que generen coeficientes estimados más precisos en la función de respuesta de rendimiento.

SOCIOECONOMICO			
Nombre del proyecto	Fecha	Objetivo del proyecto	Conclusiones del proyecto
Sobrepeso y obesidad en Argentina. Un análisis basado en técnicas de econometría espacial.	2011	La obesidad es un problema médico complejo que, según la Organización Mundial de la Salud, se ha convertido en epidemia mundial. Su creciente prevalencia se traduce en un incremento de la incidencia de las patologías asociadas con un impacto significativo sobre los costos	En este trabajo se analizan los resultados de la Encuesta Nacional de Factores de Riesgo estableciendo la incidencia de las condiciones socioeconómicas sobre indicadores de obesidad y sobrepeso en las provincias argentinas mediante técnicas de

		sanitarios y un deterioro de la calidad de vida. Este problema es especialmente importante en niveles de ingreso bajo cuyas poblaciones deben soportar una doble carga de enfermedad al convivir sujetos obesos con otros desnutridos.	econometría espacial.
Nombre del proyecto	Fecha	Objetivo del proyecto	Conclusiones del proyecto
Introducción a la Econometría Espacial. Una Aplicación al Estudio de la Fecundidad en la Argentina usando R.	2012	Contribuir a la difusión de las herramientas espaciales desarrolladas. Se revisan los aspectos teóricos que involucran el tratamiento espacial. Además de una aplicación empírica de las técnicas abordadas, se analizan los determinantes de la fecundidad en la Argentina.	Se reconoce que el análisis de la fecundidad es muy complejo y requiere una discusión teórica más detallada así como la incorporación de un número más amplio de variables.
VENEZUELA			
ENERGETICO			
Nombre del proyecto	Fecha	Objetivo del proyecto	Conclusiones del proyecto
Análisis exploratorio de datos espaciales en estudios de demanda eléctrica.	2012	El caso de estudio permitió detectar, en términos generales, una concentración de valores similares para las variables en zonas específicas, mostrando la	Una concentración de valores similares para las variables en zonas específicas, mostrando la posible presencia de AE. Así mismo, pareciera existir

	<p>posible presencia de AE. Así mismo, pareciera existir diferencia entre la región sur-este y el resto, lo que sugiere algún nivel de HE. El análisis de estos efectos permitió definir modelos más robustos.</p>	<p>diferencia entre la región sur-este y el resto, lo que sugiere algún nivel de HE. El análisis de estos efectos permitió definir modelos más robustos.</p>
--	--	--

Fuente: Elaboración propia.

5. CONCLUSIONES

La Econometría espacial ha evolucionado, se puede decir que es la versión mejorada de una econometría regional que durante años olvido tener en cuenta dos problemas que se generaban en sus estudios y que no permitía la exactitud de los resultados, en la actualidad se ha consolidado por medio de instrumentos útiles para las investigaciones.

Esta disciplina aún no se ha desarrollado del todo; algunas líneas de investigación se encuentran en construcción. Muchas investigaciones han arrojado resultados satisfactorios, a pesar de la escasez de datos que permitan profundizar aún más en los análisis y de esta manera optimizar las herramientas disponibles.

Resulta necesario estudiar con mayor detalle el contexto de la econometría espacial y sus diferentes aplicaciones en los campos de la economía regional; para honrar con mayor detalle aquellas investigaciones que se consideren necesarias de profundizar por medio del estudio de la variable espacio.

Además es importante, realizar análisis econométricos por medio de la utilización de la econometría tradicional y espacial, con el fin de visualizar casos puntuales de información adicional que brinda cada una de las econometrías ya mencionadas; buscando exaltar las ventajas de la econometría espacial.

La econometría espacial, es usada en diversas ramas y en campos de acción tales como: políticas de impuestos o tarifas, provisión de bienes públicos, externalidades asociadas al

desempleo y pobreza en las ciudades, entre otras alternativas de índole económica, social y geográfica.

El software resulta de gran ayuda en la realización de análisis concretos, estructurados y que resultan ágiles para su generación. El análisis concreto, estructurado y ágil es lo que busca la econometría espacial.

La ventaja de la econometría espacial, es que aunque no sea muy conocida y aceptada por los economistas, es una rama que se creó por la necesidad de solucionar algo que en el pasado era inconcluso o tenía fallas. Aunque estas fallas no fueran tan evidentes o no generaran afectaciones inmediatas, los resultados emitidos por la econometría tradicional resultaban limitados y poco confiables.

Es por ello que la utilización de esta econometría, más conocida como la transformación de la econometría regional. Da pie para que se puedan utilizar una serie de herramientas que fueron creadas con el fin de facilitar y mostrar de forma más “dinámica” los resultados emitidos de una investigación y basados en el espacio como variable fundamental de estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anselin Luc. (2009). *Thirty Years of Spatial Econometrics*.
- Aroca P, (2000). *Econometría espacial: Una Herramienta Para el Análisis de la Economía Regional*.
- Bongiovanni, R. *Actualidad Económica N°67* (2009): *Econometría espacial aplicada a la agricultura de precisión*.
- Calzadilla Daguerre Jesús M. (2013). *Tesis doctoral: Modelos de análisis econométricos espaciales aplicados al desarrollo económico del territorio rural*.
- Chasco, F.A. López (2004). *Modelos de regresión espacio-temporales en la estimación de la renta municipal – El caso de la región de Murcia*.
- Chasco Yrigoyen, C (2003). *Tesis doctoral: Econometría espacial aplicada a la predicción-extrapolación de datos microterritoriales*.
- C.M. Rocco S. (2002). *Análisis exploratorio de datos espaciales en estudios de demanda eléctrica*.
- Collazos. E, Gamboa. W, Velasco. P, Verardi. V. (2014). *Análisis espacial del precio de oferta de la vivienda en el área Metropolitana de Cochabamba*. Recuperado el 05 de Septiembre de 2014.
- FAL. N°259 (2008). *CEPAL: Los cambios en los sistemas integrados de transporte masivo (SITM) en ciudades de América Latina*. URL <http://www.cepal.org>.
- Galvis Luis A, Meisel Roca A. (2010). *Persistencia de las desigualdades regionales en Colombia: Un análisis espacial*.
- Gámez Martínez, M., García Rubio, N., Alfaro Corté E. (2014). *Una aplicación de la estadística espacial al comportamiento de la vivienda de alquiler en España*.
- Guberney M., Vanegas, Juan G. (2014). *Análisis espacial de la pobreza en Antioquía, Colombia*. Recuperado el 16 de Octubre de 2014.

Herrera Gómez M., Cid Juan C., Paz Jorge A. (2012). Introducción a la Econometría Espacial. Una Aplicación al Estudio de la Fecundidad en la Argentina usando R.

Huelva Coq D. (2014). Distribución espacial y modelización econométrica del consumo energético. El caso de Andalucía. Recuperado el 15 de Octubre de 2014.

LeSage, James (1999). The theory and practice of Spatial Econometrics.

Luc Anselin, Raymond J.G.M. Florax y Sergio J. Rey. (2004). Advances in Spatial Econometrics. Methodology, Tools and Applications.

Moreno Serrano, R., Vaya Valcarce, E. Andrews, (2000). Técnicas econométricas para el tratamiento de datos espaciales: la econometría espacial.

Moreno Serrano R., Valcarce Vaya E. (2002). Econometría espacial: nuevas técnicas para el análisis regional. Una aplicación a las regiones europeas.

Mur. J., Trivez J.F. Angul A. (2004). Una propuesta de investigación en Econometría espacial.

Pérez Pineda J., (2006). Econometría espacial y ciencia regional.

Rodríguez Castillo Diana. (2010). Modelar la Concentración de la Tierra en Colombia Mediante Modelos Económicos Espaciales.

Sánchez F., Díaz Ana M., Formisano M., (2003). Conflicto, violencia y actividad criminal en Colombia: Un análisis espacial.

Sánchez-Val Maté M., García Pérez de Lema D., López Hernández F. (2009). La influencia de los efectos espaciales en el crecimiento de la productividad de la PYME.

Universidad de Oviedo, curso (2007-2008). Practica 1: Introducción a Matlab.

Viego Valentina N., Temporelli Karina L. (2011) Sobrepeso y obesidad en Argentina. Un análisis basado en técnicas de econometría espacial.