

# Análisis exploratorio de datos espaciales de la segregación urbana en Ciudad Juárez

Jaime García De la Rosa

# 2

MARZO/ABRIL  
2011

estudios regionales en  
**economía,**  
**población** y  
**desarrollo**

cuadernos de trabajo de la UACJ

# **Análisis exploratorio de datos espaciales de la segregación en Ciudad Juárez**

*Jaime García De la Rosa*

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIUDAD JUÁREZ

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIUDAD JUÁREZ  
Instituto de Ciencias Sociales y Administración

Cuerpo Académico de Estudios Regionales en  
Economía, Población y Desarrollo

Mtro. Javier Sánchez Carlos  
*Rector*

M.C. David Ramírez Perea  
*Secretario General*

Mtro. René Soto Cavazos  
*Director del Instituto de Ciencias  
Sociales y Administración*

Mtro. Servando Pineda Jaimes  
*Director General de Difusión  
Cultural e Investigación Científica*

Mtro. Manuel Loera De la Rosa  
*Director General de Planeación y  
Desarrollo Institucional*

Dra. Martha Patricia Barraza De Anda  
*Coordinadora General de  
Investigación y Posgrado*

---

Mtra. María De Lourdes Ampudia Rueda  
*Coordinadora del Cuerpo Académico de  
Estudios Regionales en Economía,  
Población y Desarrollo*

*Diseño de cubierta*  
Alejandro Chairez

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez  
Av. Plutarco Elías Calles 1210,  
Fovissste Chamizal, C.P. 32310  
Ciudad Juárez, Chihuahua, México  
www.uacj.mx

© Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

*Comité editorial:*

Dra. Myrna Limas Hernández  
Mtro. Wilebaldo Lorenzo Martínez Toyos  
Dr. Raúl Ponce Rodríguez  
Dr. Isaac Leobardo Sánchez Juárez  
Mtra. María Del Socorro Velázquez Vargas

Dr. Luis Enrique Gutiérrez Casas  
Editor y Coordinador de los Cuadernos de Trabajo

Estudios Regionales en Economía, Población  
y Desarrollo. Cuadernos de Trabajo de la UACJ

Número 2. Marzo / Abril 2011  
Análisis exploratorio de datos espaciales de  
la segregación urbana en Ciudad Juárez  
Jaime García De la Rosa

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Estudios Regionales en Economía, Población y Desarrollo. Cuadernos  
de Trabajo de la UACJ

Año 1, No. 2, marzo-abril, es una publicación bimestral editada por la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez a través del Cuerpo Académico de Estudios Regionales en Economía, Población y Desarrollo del Instituto de Ciencias Sociales y Administración. Redacción: Avenida Universidad y H. Colegio Militar, Zona Chamizal s/n., C.P. 32300, Ciudad Juárez, Chihuahua, México. Teléfonos: (656) 688-38-00, ext. 3792. Correo electrónico: lgtz@uacj.mx.

Editor responsable: Luis Enrique Gutiérrez Casas. Reserva de derechos al uso exclusivo No. 04-2011-021713353900-102. ISSN en trámite. Impresa por Studio Los Dorados, calle Del Campanario, número 820-2, Santa Cecilia, C.P. 32350, Cd. Juárez, Chihuahua. Distribuidor: Subdirección de Gestión de Proyecto y Marketing Editorial. Av. Plutarco Elías Calles 1210, Fovissste Chamizal, C.P. 32310, Ciudad Juárez, Chihuahua. Este número se terminó de imprimir el 10 de marzo de 2011 con un tiraje de 120 ejemplares.

Los ensayos publicados son responsabilidad exclusiva de sus autores. Se autoriza la reproducción total o parcial bajo condición de citar la fuente.

## **Análisis exploratorio de datos espaciales de la segregación urbana en Ciudad Juárez**

Jaime García De la Rosa\*

### **Resumen:**

*Este trabajo presenta un análisis sobre la segregación espacial en Ciudad Juárez. A partir de un modelo econométrico se revisa un estudio previo sobre la segregación en esta ciudad fronteriza del norte de México. Para realizar esta exploración se utilizó el software GeoDa, el cual es desarrollado por GeoDa Center for Geospatial Analysis and Computation de la Universidad del Estado de Arizona, y el cual proporciona tanto indicadores globales espaciales como locales que permiten concluir la existencia de un patrón espacial y de qué tipo es. En este trabajo se confirma la segregación espacial en Ciudad Juárez y se ofrece una metodología que da mayor sustento a otros estudios previos y futuros en este campo.*

**Palabras clave:** *segregación espacial, desarrollo urbano, Ciudad Juárez, México.*

### **Abstract:**

*This essay presents an analysis on spatial segregation in Ciudad Juarez. Based in an econometric model it is explored a previous study that review the urban spatial segregation in this Mexican northern border city. For the analysis it was used the GeoDa software which has been developed by the GeoDa Center for Geospatial Analysis and Computation of the University State of Arizona, in the United States. This software offers the possibility to use global and local indicators that allows concluding the existence of a spatial patron and its classification. This essay confirms the spatial segregation in Ciudad Juarez and gives a better based methodology for previous and forthcoming studies on this field.*

**Keywords:** *spatial segregation, urban development, Ciudad Juarez, Mexico.*

**JEL:** I31, R23, Y91

- *Recibido en: enero de 2011*
- *Aprobado en: febrero de 2011*

---

\* Jaime García de la Rosa es profesor del área de economía del Departamento de Ciencias Sociales del Instituto de Ciencias Sociales y Administración de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Es profesor asociado del cuerpo académico de Estudios Regionales en Economía, Población y Desarrollo. Correo electrónico: [jaimegder@gmail.com](mailto:jaimegder@gmail.com).



## ➔ **Introducción.**

Generalmente los estudios urbanos han pretendido considerar el espacio como un determinante de las relaciones que existen en las ciudades. Sin embargo, la forma de considerar estas relaciones se basa en supuestos teóricos o experiencia de campo, más que en un estudio que refleje esta relación de una manera estadística como lo hacen las técnicas del análisis espacial.

En el caso específico de la segregación espacial, los estudios que han incluido el análisis del espacio han introducido de una manera forzosa las relaciones espaciales entre las unidades estudiadas, como el caso de la matriz de contigüidad la cual refleja la vecindad entre las unidades. Estos estudios no han puesto a prueba la validez de sus resultados por lo que sus conclusiones terminan por concordar con lo que se esperaba y no son validados estadísticamente.

Es por lo cual este trabajo pretende sustentar, con un análisis espacial, los resultados obtenidos en un trabajo previo en el cual se llegó a la conclusión de que existía una segregación espacial urbana en Ciudad Juárez a partir de un modelo econométrico.

Para realizar este análisis se utilizó el software gratuito GeoDa, el cual es desarrollado por GeoDa Center for Geospatial Analysis and Computation de la Universidad del Estado de Arizona, el cual proporciona tanto indicadores globales espaciales como locales que permiten concluir la existencia de un patrón espacial y de qué tipo es y la localización de donde se puede presentar.

A diferencia del estudio base que se utiliza, los resultados obtenidos en este trabajo sólo son para una variable y puede ser que requiere la inclusión de otras para poder hacer conclusiones con un mayor sustento. Así pues queda abierta la posibilidad de hacer un análisis mayor y más complejo que pueda relacionar algunas variables que fortalezcan los resultados.

No obstante estos resultados no se contraponen a lo encontrado por otros autores, incluso se puede decir que hasta cierta manera los confirman pero a través de una técnica estadística espacial, lo que le da un sustento a la afirmación de la existencia de segregación urbana en ciudad Juárez.

Este trabajo se divide en cinco secciones. La primera de ellas es una descripción de los

trabajos sobre segregación urbana y las técnicas utilizadas para medir ésta, además de presentar los esfuerzos de considerar la inclusión del espacio en el análisis; en la segunda parte se desarrolla el índice de jerarquía socio-espacial que se utilizará para medir la segregación urbana en la ciudad; una tercera parte se describe el análisis exploratorio de datos espaciales y algunas técnicas utilizadas para este. En la siguiente sección se aplican las técnicas del análisis espacial para determinar un patrón en la ciudad y por último se presentan las conclusiones.

### ➔ **La segregación espacial urbana: alcances teóricos y aplicaciones.**

De forma general la segregación ha sido definida como una dispersión de los individuos que buscan características propias específicas, que generalmente son socioeconómicas como; cultura, etnia, raza, ingresos, etc. Para Reardon & O'Sullivan (2004) ésta puede ser tratada como el grado en el cual los individuos de diferentes grupos sociales llegan a pertenecer o experimentar distintos entornos sociales. Siguiendo con esta idea Feitosa et al (2007) mencionan que la segregación urbana es un concepto utilizado que indica “separación” entre grupos sociales distintos, dentro de un mismo *entorno urbano*.

Para estos autores es un fenómeno que se presenta en diversos grados, en las ciudades más modernas e incluso dentro de países tanto desarrollados como en desarrollo, aunque en distintas dimensiones. Y que mientras para los países desarrollados la segregación se da de manera racial y étnica, para los países en desarrollo es más común que se presente a través de las diferencias en los niveles de ingreso, en donde los mayores ingresos se suelen encontrar en los centros urbanos de las ciudades, mientras que las personas con bajos recursos suelen vivir en sus periferias (Feitosa, y otros 2007).

En este trabajo la segregación espacial urbana será tratada como aquella dispersión de grupos con características similares dentro de una ciudad, que difieren de otros grupos localizados en la misma, a partir de dichas características. En específico se realizó un índice que mide los niveles socioeconómicos de los hogares en la ciudad.

Así pues reconocer la existencia de segregación en las ciudades es aceptar que la distribución

de los recursos, tanto privados (como los ingresos, los trabajos con alta calificación, etc.) como públicos (como la infraestructura y servicios públicos) es desigual y puede llegar a generar problemas sociales graves (Feitosa, y otros 2007, Wassmer 2005, Watson, Carlino y Ellen 2006).

Partiendo de lo anterior, la segregación provocará impactos negativos en las ciudades y en la vida de sus habitantes, debido a que impone restricciones a ciertos grupos de población (aquellos que son marginados), tales como la negación (absoluta o parcial) de la infraestructura básica y los servicios públicos, se les presentan menos oportunidades de empleo bien remunerado, una agudeza en los prejuicios y la discriminación y una mayor exposición a la violencia (Feitosa, y otros 2007).

Según Feitosa y colaboradores (Feitosa, y otros 2007) existen varios estudios que llegan a tener como resultados que las poblaciones urbanas desfavorecidas se benefician de una mayor distribución no segregada de la población en las zonas urbanas, llevando a tener mayores acceso a lo planteado anteriormente,

Por su parte, Wassmer (2005) menciona que la segregación espacial es una cuestión de política pública debido a las severas limitaciones que impone a la calidad de vida y a la movilidad hacia una mejor situación, para los que se beneficiarían de una distribución menos segregada de los habitantes de las zonas urbanas.

Este autor señala que la composición de una clase dentro de un vecindario es influyente en las decisiones individuales, independiente de la condición individual de la clase, a través de algunos mecanismos como la emulación de la conducta negativa de los vecinos más cercanos, una falta de “buenos modelos” a seguir y la ausencia de instituciones públicas vecinales que le hagan frente a las instituciones privadas.

Otros autores sugieren que las características de los vecinos y los compañeros de escuela afectarán de alguna manera las perspectivas sociales y económicas. Al hacer una distinción de los hogares, la segregación afectará la forma en la cual se redistribuyen los ingresos fiscales entre los distintos grupos formados. Incluso dentro de las mismas unidades políticas, el cómo es clasificado el

vecindario (según su nivel de ingreso) puede influir en el nivel medio de la calidad escolar y de otros bienes públicos. Además, que aquellos factores que motivan a las familias a realizar distinciones por ingresos, darán forma a las relaciones espaciales entre sus trabajos y hogares, lo que traerá consigo modificaciones en los modos de trayecto y las decisiones del mercado de mano de obra (Watson, Carlino y Ellen 2006).

Así, si la integración espacial es un objetivo deseado por las políticas públicas, los planeadores urbanos junto a los encargados de hacer las políticas, necesitarán entender la “naturaleza” de las fuerzas (principalmente económicas) que actúan en contra de ésta o, lo que podría generar un mismo resultado, a favor de la segregación (Wassmer 2005).

### ***Medidas de segregación***

Con tal de identificar la existencia de patrones de segregación varios autores han generado una serie de indicadores, como lo son los índices de segregación, los cuales fueron desarrollados para encontrar diferencias entre grupos específicos de personas, generalmente por raza o etnia. Siendo estos primeros aportes desarrollados por sociólogos, se fueron ajustando para terminar por enfocarse a las características sociodemográficas de la segregación. Los aportes desarrollados por economistas, han incluido algunos factores como el nivel de ingreso y el de empleo, pero sin dejar de considerar los aspectos sociales. Se puede decir, que los índices de segregación son instrumentos útiles para la comprensión de este problema, así como para la creación de políticas públicas (Feitosa, y otros 2007).

Feitosa y otros (2007) así como Reardon y O’Sullivan (2004) realizan una distinción entre los autores que han tratado de medir la segregación en dos grupos. El primer grupo, realizó medidas sobre las diferencias entre dos grupos de poblaciones y generalmente fueron utilizadas para distinguir entre grupos de población de color y población blanca en las ciudades y se basaban en proporciones (siendo muy parecido a un índice de localización) en esta generación se incluye un índice muy utilizado por los que hacen investigaciones de segregación el *índice de disimilitud* desarrollado por Duncan y



Duncan y el índice de exposición / aislamiento.

El siguiente grupo desarrolló índices que se encaminaron a capturar la segregación entre distintos grupos, multigrupal, en los cuales ya se incluían más variables sociodemográficas e incluso económicas, los grupos eran divididos en población de cierta edad, nivel educativo, niveles de ingreso, etc. Aunque estos índices no eran más que generalizaciones y ampliaciones a los índices bi-grupales desarrollados por el primer grupo (índice de disimilitud principalmente).

Estas medidas son globales y muestran el grado de segregación de una ciudad como un todo. Aunque también se han venido utilizando índices locales que son capaces de demostrar el grado de segregación que tienen las diferentes áreas dentro de la ciudad y pueden ser visualizados como “mapas de segregación”, los cuales muestran la dispersión de los datos en el espacio.

Un aporte realizado por estos autores es la división de cinco dimensiones de la segregación, que pudieron identificar a partir de la aplicación de los índices: uniformidad, exposición, agrupamiento, centralización y concentración. La *uniformidad* se refiere a la dimensión de la distribución diferencial de los grupos de población, qué tan diferentes son entre los grupos. La *exposición* incluye el contacto potencial entre los diferentes grupos, interacciones con los vecinos. El *agrupamiento* (clústeres) se refiere al grado en que los miembros de un determinado grupo viven de manera desproporcionada en zonas contiguas, es decir que tan juntos están los individuos con las mismas características (Feitosa, y otros 2007, Reardon y O'Sullivan 2004).

La *centralización* mide el grado en que un grupo se encuentra cerca del centro de una zona urbana. La *concentración* indica la cantidad relativa de espacio físico ocupado. Según los autores, la equidad y la exposición son dimensiones de la segregación no espaciales, mientras que el agrupamiento, la centralización y la concentración sí lo serían debido a que se necesita información sobre la ubicación, forma y/o el tamaño de las unidades (Reardon y O'Sullivan 2004, Feitosa, y otros 2007).

La segregación por ingresos, generalmente es medida como la división de la distribución del ingreso en dos o más características discretas y luego se calcula el índice de disimilitud mencionado

para los grupos creados. Sin embargo esta manera de medir la segregación genera problemas con las modificaciones a los parámetros. Si se quiere cambiar la clasificación de los ingresos, la segregación va a cambiar de patrón, es decir una localidad con altos índices de segregación con un grupo de ingresos definido arbitrariamente puede cambiar a tener bajos índices si se cambia el criterio de agrupamiento, a pesar de que no haya una modificación real de la distribución del ingreso (Jargowsky y Kim 2005).

Jarkowsky y Kim (2005) generaron una alternativa para este tipo de situaciones, denominado como Índice de Arreglo Vecinal (NSI, por sus siglas en inglés) que es la relación de la desviación estándar de la media de la localidad con respecto a la desviación estándar de los ingresos individuales. Así, si cada individuo vive en un barrio en el que la renta media es idéntica a la suya el índice es igual a uno, lo que refleja la homogeneidad económica total dentro de los vecindarios y el 100% de la variación de los ingresos entre los distintos barrios. Si todos los barrios tienen los mismos ingresos medios se tendrá un valor de 0, que refleja la no segregación económica. En cierto sentido, el NSI no es más que una medida de la heterogeneidad de la media del vecindario, normalizada por la varianza del ingreso.

Como una manera de homogenizar Reardon y O'Sullivan (2004) dieron las características que una medida de la segregación debe de cumplir: 1) requiere definir el entorno social de cada individuo, y 2) cuantificar el grado en que estos entornos sociales difieren entre los individuos.

Para estos autores las medidas tradicionales de segregación, que han sido no espaciales, generalmente difieren entre sí tan sólo en el segundo de estos criterios ya que implícitamente definen el entorno social como equivalente a alguna unidad administrativo o espacial (un vecindario, un municipio) sin tener en cuenta el patrón que estas unidades tienen en el espacio. Es decir, para estas medidas es igual hacer un análisis entre manzanas dentro de una ciudad que hacerlo entre municipios, aunque las interacciones entre los individuos sean distintas.

Y generalmente, las nuevas aportaciones se han centrado sólo en la cuestión de la formulación

matemática más apropiada, que pueda cuantificar las diferencias entre los entornos sociales, más que por estas interacciones sociales y espaciales (Reardon y O'Sullivan 2004).

Por lo que estas medidas tradicionales presentan dos problemas espaciales muy claros: el del “tablero de ajedrez” y el “problema de la unidad espacial modificable” (MAUP). El primero hace referencia a que son medidas globales que no pueden identificar un patrón de distribución espacial específico dentro de las unidades<sup>1</sup>. Mientras que el MAUP surge con las distintas escalas que las unidades espaciales pueden tener, generalmente no se tiene la información requerida a un nivel espacial que sea relevante para trabajos de este tipo. Mientras que por otro lado al cambiar de unidad espacial los resultados obtenidos se ven alterados (Reardon y O'Sullivan 2004).

### ***Medidas de segregación espacial***

La falta de consideración del espacio, llevó al surgimiento de una nueva generación de investigadores, que pusieron de manifiesto la importancia de incluir las relaciones espaciales en los estudios de segregación urbana. Pero se llegó al mismo problema que con las medidas de la segunda generación. Se utilizaron los índices que solo utilizaban dos grupos y se les incluyó un efecto espacial incluyendo mapas o matrices de vecindad (Feitosa, y otros 2007).

Algunos de los pioneros en incluir el espacio para medir la segregación fueron Reardon y O'Sullivan (2004) quienes sugirieron una alternativa a las dimensiones de la segregación residencial, sosteniendo la existencia de dos dimensiones primarias conceptuales a la segregación espacial: una exposición espacial (o aislamiento espacial) y una uniformidad espacial (o agrupación espacial). La primera se refiere a la medida en que los miembros de un grupo se encuentran con miembros de otro grupo o su propio grupo en el caso de aislamiento, en su entorno espacial local. Es decir que tanto se exponen los miembros de un determinado grupo social, étnico, cultural, etc. a otro grupo distinto al suyo. Al estar aislado esta exposición tenderá a cero y se dice que hay un aislamiento.

---

<sup>1</sup> Generalmente usan el ejemplo de dos tableros de ajedrez, en uno se tiene que todos los cuadros negros se localizan juntos y los blancos de la misma manera y el otro presenta la distribución conocida alternada. El problema está en que los índices de segregación tradicionales no podrían identificar la diferencia entre ambos tableros

Mientras que la uniformidad espacial, o agrupación, se refiere al grado en que los grupos están igualmente distribuidos en el espacio residencial. Este es lo que interesa a este documento, debido a que está más relacionada con la definición de segregación con la que se quiere trabajar. Esta dimensión menciona que los individuos pueden estar distribuidos de manera similar en todo el espacio que se estudie, diciendo que existe uniformidad en los datos. O por otro lado, se tienen grupos segmentados de individuos con características similares.

La exposición espacial, como la exposición no espacial, es una medida del ambiente típico que experimentan los individuos y depende en parte, de la composición general racial de la población en la región objeto de la investigación. La uniformidad espacial, en cambio, es independiente de la composición de la población. Estos autores utilizaron los índices no espaciales para desarrollar pruebas incluyendo el espacio.

Otros que también se basaron en un índice no espacial, fueron Jargowsky y Kim (2005) llevando a una “generalización” del NSI. Este “nuevo” índice, GNSI, considera que cada vecindario pertenece a una comunidad más grande con la cual interactúa. El GNSI tiene particularidades que lo diferencian del NSI. En primer lugar, es sensible a las relaciones espaciales de los lotes. Y al aumentar el orden de expansión espacial de la muestra el grado de segregación se puede medir en distintas escalas, lo que reduce la dependencia de las unidades utilizadas (de alguna manera disminuye el MAUP). El GNSI incorpora dos tipos de información sobre la segregación espacial de los ingresos del hogar. En primer lugar refleja la heterogeneidad de las “parcelas” que representan los vecindarios. Y en segundo lugar, se puede observar el patrón espacial de los propios vecindarios.

El caso de Wong (2004) utiliza el índice de disimilitud incluyéndole variables espaciales, obtenidas a partir de las desviaciones de las elipses. Obteniendo resultados favorables al ser aplicados a un grupo de ciudades, los cuales indicaron que las medidas no espaciales resultaron ser más sensibles a las escalas utilizadas. Pero aun y con esta medida espacial, el análisis multi-grupal también tuvo este problema lo que lleva a considerar este índice ampliado como parcialmente exitoso al



aplicarse al espacio.

Estos autores incluyeron en su trabajo un I de Moran global, el cual no dio los resultados que esperaban pues no identificaba clústeres dentro de las unidades utilizadas. Y las pruebas de autocorrelación espacial no fueron significativas. Este autor es el único que realizó en su investigación un análisis exploratorio de datos espaciales, pero sin tener los resultados esperados. Aunque cabe mencionar que no realizó pruebas locales como el I de Moran Local o el mapa de dispersión de Moran los cuales pudieron generar mejores resultados.

Feitos y otros (2007) seguidores de Reardon y O'Sullivan, desarrollaron el índice de proximidad espacial, SP, que calcula la media ponderada de la distancia entre miembros del mismo grupo con miembros de distintos grupos. Estos autores parten de la hipótesis de que en un área urbana se tienen diferentes localidades, en los cuales los individuos viven e intercambian experiencias con sus vecinos. Consideran que la intensidad entre los intercambios varía en función de la distancia entre los grupos, por lo que hay que tener una definición adecuada de ésta.

Así, consideran que cada localidad tiene un "centro", el cual es un reflejo de las divisiones históricas y económicas de la localidad. La idea de un "centro" es para indicar que la parte central de una ciudad es el lugar donde sus características son más claramente diferenciadas de las otras partes de la ciudad. Para el trabajo de estos autores el centro es representado por el centroide geométrico de la unidad de superficie utilizada. Y las características de la población de una localidad se expresan por su intensidad de población local.

Calcularon la intensidad de la población local de una localidad con un estimador de Kernel, el cual es una función de puede estimar la intensidad de un atributo en diferentes puntos del área de estudio. Para calcular la intensidad de la población local de una localidad  $j$ , el estimador Kernel se coloca en el centroide de la unidad  $j$  de superficie y calcula una media ponderada de los datos de población. En la propuesta espacial se representa la proporción de la varianza entre las diferentes localidades que contribuye a la varianza total de  $X$  en la ciudad (cualquier variable para medir la

segregación). Cuando el índice es igual a 0 es el mínimo grado de segregación y se dice que hay una dispersión espacial de las variables (Feitosa, y otros 2007) .

Estos índices tienen un crítico en Zax (2003) el cual menciona que no está clara la forma en la que las medidas propuestas puede resolver totalmente el problema de medición de la segregación espacial, debido a que muchas de estas han sido adaptadas a los requerimientos de los investigadores y no se han realizado evaluaciones ante un conjunto de criterios que resulte ser significativo, lo cual si se ha realizado para las medidas tradicionales no espaciales.

Las medidas o índices para incluir el espacio se han limitado a modificar los índices ya establecidos incluyendo una medida espacial, relacionada a una matriz de distancia, que únicamente vuelven más complejos los cálculos y solo comprueban los resultados obtenidos con los indicadores no espaciales.

La falla palpable, es que no se han realizado análisis exploratorio de datos espaciales (AEDE) como un medio para obtener las relaciones espaciales que se requieren. Al obtener los estadísticos locales y globales de Moran, además de la matriz de autocorrelación espacial, se pueden explicar las relaciones existentes entre los individuos localizados en un lugar con los que se localizan en otro, generalmente cerca (vecinos).

### ***Segregación en Ciudad Juárez***

Para el caso de la segregación en Ciudad Juárez se tiene el trabajo de Fuentes y Cervera (2006), el cual sirve como base para hacer un comparativo con sus resultados obtenidos y un AEDE. Estos autores encontraron un patrón de segregación muy marcada a partir del índice utilizado, el cual muestra que la población con mayores recursos está localizada en el norte-centro de la ciudad, mientras que los de bajos recursos lo están en el contorno de la ciudad. Este patrón haría pensar en la existencia de una ciudad tipo centro-periferia.

En dicho trabajo se considera que la segregación espacial se caracteriza por viviendas con acceso incompleto o deficiente de servicios o infraestructura pública, así como a un proceso de

regulación forzado a partir de una invasión habitacional anterior. Los resultados de este trabajo sugieren que existe una definición preliminar de segregación urbana.

Estos autores presentaron un índice para medir la segregación espacial, denominado como Índice de Jerarquía Socio-Espacial (IJSE) para cada Área Geo-estadística Básica (AGEB) de la ciudad. El IJSE es resultado del cálculo de otros dos, de un índice de pobreza y uno de bienestar los cuales son integrados. Para llegar a esta integración se requiere de multiplicar el índice de pobreza por -1 debido a que los valores obtenidos por éste serán  $> 0$  y esto generaría una relación inversa con el IJSE, debido a que si aumenta la pobreza éste tenderá a ser menor.

Después se requiere calcular la media aritmética para el nuevo índice. Los resultados determinarán la posición jerárquica de cada AGEB. Por lo tanto el IJSE se calcula en dos pasos: Primero se obtiene el componente principal, que es el índice de pobreza o bienestar, el cual representa el mejor conjunto de variables a través del análisis factorial. Éste tendrá diferentes niveles de correlación con respecto a las ponderaciones de cada variable del componente y que resultan ser el factor ponderado para estimar la posición jerárquica de cada AGEB de acuerdo con:

$$X_j = \sum_{n=1}^N FP_i \left( \frac{x_{ij} - \bar{x}}{\delta} \right) \quad (1)$$

Donde;

$X_j$  = Es la medida de pobreza ( $IP_j$ ) o bienestar ( $IB_j$ ) de cada AGEB  $j$

$FP_i$  = Es el factor de ponderación de la variable  $i$  que se obtuvo del análisis factorial

$x_{ij}$  = Valor de la variable  $i$  en la AGEB  $j$

$\bar{x}$  = Media urbana de la variable  $i$

$\delta$  = Desviación estándar de la variable  $i$

La segunda parte incluye la construcción del Índice de Jerarquía Socio-Espacial el cual es igual a la suma de las distancias de los valores de las variables con una ponderación media que está en función de la ponderación de cada variable.

$$IJSE = \frac{-1*(IP_j)+IB_j}{2} \quad (3)$$

Las variables usadas para el cálculo de los índices de pobreza y riqueza incluyen ingreso (V1, V8), condiciones laborales (V2, V3, V9, V10), niveles educativos (V4, V5, V6, V11, V12, V13) y de salud (V7, V14). Ver anexo.

Este índice está acorde con las variables del censo de población, lo que permite realizarlo sin problemas de acceso a la información, pero se tiene un problema para su actualización pues habría una brecha de 10 años si se quisiera hacer un comparativo. El hacerlo por AGEB permite una unidad espacial dentro de la ciudad que puede mostrar de una manera visual las relaciones entre las variables y su espacio.

### ➔ Análisis Exploratorio de Datos Espaciales (AEDE)

El Análisis Exploratorio de Datos (AED) es un conjunto de técnicas que permiten conocer cómo se relacionan las unidades con los datos y a través de métodos estadísticos y gráficos se pueden llegar a descubrir patrones, logrando identificar relaciones potenciales e hipótesis que pueden no ser consideradas por las teorías. Pero a pesar de que estas técnicas se han utilizado en estudios que combinan el análisis espacial con los Sistemas de Información Geográfica (SIG), sus aplicaciones se pueden considerar como *a-espaciales*, debido a que no consideran las características propias de los datos a nivel espacial, tal como la dependencia y la heterogeneidad (Anselin 1993b).

Por lo que aquellos métodos exploratorios de análisis de datos que consideran los aspectos espaciales de los datos, es decir AEDE, no pueden ser considerados como parte de las herramientas del AED estándar sin embargo, este análisis sugiere una parte importante en la integración del análisis espacial y los SIG. Este tipo de análisis de datos espaciales, puede ser definido como el estudio estadístico de los fenómenos que se presentan en el espacio. Así que la localización, área, topología, la disposición espacial, la distancia y las interacciones se convierten en el centro de atención. Y para



poder hacer este concepto operacional, las observaciones deben de ser representadas en el espacio a través de unidades de puntos, líneas y superficies (Anselin 1993b).

La función de localizar los datos en el espacio tiene importantes implicaciones para la forma en que puede ser llevado a cabo el análisis estadístico, debido a que la ubicación de los datos puede llevar a dos diferentes tipos de los llamados efectos espaciales: dependencia y heterogeneidad espacial. Considerando la primera “Ley de la Geografía” – todo está relacionado con todo- puede resultar que un grupo de observaciones estén espacialmente agrupados, demostrando que los datos geográficos no son independientes lo cual se contrapone con el supuesto de independencia de la estadística tradicional. La dependencia en los datos espaciales frecuentemente se refiere como autocorrelación espacial. El segundo efecto espacial se refiere a la diferenciación espacial, derivada de la singularidad intrínseca de cada lugar (Anselin 1993b).

Las técnicas del análisis espacial deberán de tener como objetivos describir la distribución espacial, descubrir patrones de asociación espacial (conglomerados espaciales), sugerir diferentes regímenes espaciales u otra forma de inestabilidad (no estacionalidad) e identificar observaciones atípicas (valores atípicos). De manera que se puede considera que cualquier indicador que llegue a identificar autocorrelación espacial puede ser considerado un AEDE (Anselin 1993b).

Sin embargo los métodos tradicionales de este tipo de análisis solían resumir la distribución espacial completa en un sólo número, como el I de Moran coeficiente de la autocorrelación espacial, el cual sólo puede ser utilizado en un análisis que considere un conjunto de datos pequeños pero se vuelve deficiente para un conjunto grande, debido a que puede perder su significancia. Además de que el grado de no estacionalidad que se puede obtener en muestras de datos espaciales mayores, puede ser derivada de varios regímenes de asociaciones espaciales como la dependencia, los agrupamientos o la difusión (Anselin 1993b).

Anselin (1993b) hace una distinción entre las medidas de asociación espacial en dos grupos, basados en la forma en la que las interrelaciones espaciales son conceptualizadas: *criterios de*

*vecindad y criterios de distancia.* El primer criterio hace referencia a las covarianzas entre observaciones vecinas. La vecindad se define como las unidades espaciales que tienen una frontera común o que tienen una distancia crítica de una con otra.

La estructura de vecindad o contigüidad del conjunto de datos se formaliza en la matriz de pesos espaciales  $W$ . Donde cada elemento  $w_{ij} = 0$  de ésta se considerará como no vecino, mientras que cualquier valor distinto representa un grado de vecindad y a medida que  $w_{ij}$  se aleja de cero la vecindad es mayor (considerando a  $w_{ii} = 0$ ).

Estas medidas tienden a tratar con la varianza o correlación entre los valores vecinos. Y el criterio de distancia se basa en la geo-estadística y su interacción espacial es una conceptualización de una función continua de una distancia métrica. El indicador de elección es el variograma o semi-variograma que es tomado de la diferencia (al cuadrado) entre valores observados de una distancia dada (Anselin 1993b).

Este análisis parte de la existencia de un patrón espacial aleatorio, es decir los datos tienen la misma probabilidad de ubicarse en cualquier unidad espacial. Y las técnicas utilizadas permiten rechazar o no esta hipótesis, además de que permiten identificar – en caso de rechazo- la relación que tienen las variables en el espacio (Anselin 1993b).

### ➤ Estadístico I y diagrama de dispersión de Moran.

El estadístico I de Moran indica de manera formal el grado de asociación lineal entre un vector de valores observados y una ponderación media de valores vecinales denominada por  $Wy$ . Esta asociación lineal entre  $y$  y  $Wy$  está limitada por las especificaciones del proceso auto-regresivo espacial, que generalmente expresa dependencia espacial, formalmente el I de Moran es expresado, en notación matricial como (Anselin 1993a):

$$I = \left( \frac{N}{S_0} \right) \left( \frac{y'Wy}{y'y} \right) \quad (4)$$

Donde  $N$  es el número de observaciones,  $S_0$  es la suma de todos los elementos en la matriz de ponderación espacial ( $S_0 = \sum_i \sum_j w_{ij}$ , es decir la suma de los valores de  $i$  en cada localidad  $j$  en otras palabras la suma de las filas y de las columnas), y son las observaciones de la desviación de la media y  $Wy$  es el rezago espacial asociado a esta variable. Cuando la matriz de ponderación espacial es estandarizada por fila ( $w_{ij}/W_i$  el valor de la celda será dividido entre el total de su fila) entonces la suma de los elementos de la misma es igual a uno, lo que la expresión (4) se simplifica de manera que (Anselin 1993a):

$$I = \frac{y'Wy}{y'y} \quad (5)$$

Debido a que  $S_0 = N$ . Si  $y$  es la desviación de su media,  $I$  equivaldría al coeficiente de regresión de  $Wy$  con respecto a  $y$  (Pero no en el caso contrario). Esta interpretación del  $I$  de Moran es una manera de visualizar la asociación lineal entre los valores de  $y$  observados y su ponderación espacial a través de un diagrama de dispersión bivariado de  $Wy$  contra  $y$ . Generando lo que se conoce como *diagrama de dispersión de Moran* (Anselin 1993a).

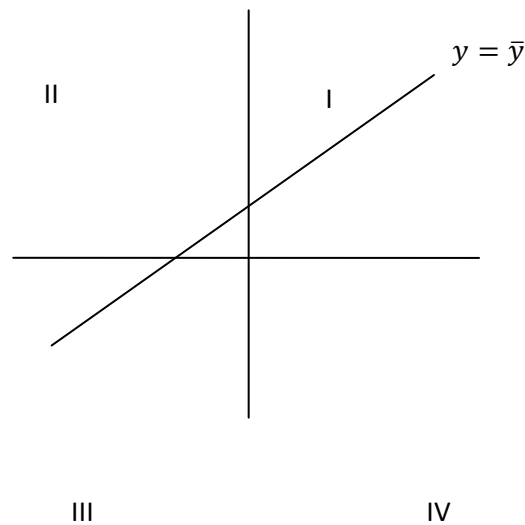
### *Asociación positiva y negativa*

Como las variables toman la desviación de sus medias, el diagrama de dispersión es centrado en el origen (0,0) como se observa en la ilustración 1. Los cuatro cuadrantes de la caja del diagrama representan diferentes tipos de asociación entre los valores de una localización  $y_i$  dada y su rezago espacial. El primer y el tercer cuadrante representan la asociación positiva, en el sentido de que esas localidades están rodeadas de localidades con valores similares (Anselin 1993a). Es decir, existirá una asociación positiva cuando valores negativos de una variable tengan vecinos con valores negativos en la misma variable.

Por otro lado, los cuadrantes restantes representan una asociación negativa en la cual los valores de las variables de los vecinos son contrarios a los que se esperaría. En otras palabras si una localidad  $j$  tiene un valor positivo en la variable  $i$  y su vecino tiene un valor negativo para la misma variable, se dice que existe una asociación espacial negativa. Así que lo que se buscaría en este trabajo es una asociación positiva que permita diferenciar donde están localizados los valores positivos de las variables y donde los negativos.

### Ilustración 1

Diagrama de dispersión de Moran, asociación positiva



Fuente: Anselin (1993a)

Los puntos en el diagrama que están fuera de tendencia central, pueden ser considerados como atípicos puesto que no siguen el mismo proceso de dependencia espacial como el grueso de las otras observaciones. Estos pueden ser un problema con la especificación de la matriz de pesos espaciales o con la escala en la que las observaciones son tomadas.

Por otra parte, las observaciones que ejercen una mayor influencia son de mayor interés y particularmente si están espacialmente aglomeradas o corresponden a un punto en el límite. Debido a

que proporcionan una manera de evaluar la influencia de los valores en la medida global de asociación espacial (Anselin 1993a). En otras palabras estas observaciones van a actuar como puntos de atracción espacial para el resto de las observaciones y sus unidades geográficas.

## ➤ **Indicadores Locales de Asociación Espacial (ILAE)**

Para Anselin (1995) el análisis de asociación espacial puede llegar a ser irreal cuando se utilizan un número muy grande de observaciones espaciales. El enfoque predominante en el análisis exploratorio espacial aun ignora la posible estabilidad generada por el incremento de las observaciones y se basan en estadísticos globales, como el I de Moran. Por lo que este autor generó y esquematizó la idea de los Indicadores Locales de Asociación Espacial (ILAE).

Este tipo de indicadores permiten la descomposición de los indicadores globales como el I de Morán, para la contribución de cada indicador de manera individual. Estos podrán combinar dos importantes interpretaciones: primero evaluarán el grado de agrupamiento espacial local alrededor de una localización individual; segundo indicarán la presencia de no-estacionalidad espacial y sugerirán la presencia de puntos atípicos o de regímenes espaciales. Es decir, los indicadores locales permitirán conocer si existe una relación espacial de la variable utilizada poniendo a prueba la hipótesis de una distribución aleatoria espacial de los datos y a su vez se conocerá el tipo de asociación espacial que estos tienen, en el caso de que exista.

Los ILAE se pueden definir como cualquier estadístico que pueda satisfacer estas condiciones (Anselin, 1993):

- Para cada observación dará un indicador de la extensión de la aglomeración espacial significativa de valores similares alrededor de esa observación.
- La suma de los indicadores para todas las observaciones deberá ser proporcional al indicador global de asociación espacial.

De manera formal, el ILAE es expresado como un estadístico  $L$  para la variable  $y$  observada en la localidad  $i$ , como  $y_i$  de tal manera que:

$$L_i = f(y_i, y_{ij}) \quad (6)$$

Donde  $y_{ij}$  son los valores observados del vecino  $j$  de  $i$  y los valores de  $y$  para el cálculo del estadístico deben de ser las observaciones originales o una estandarización de éstas que pueda evitar la dependencia de escalas del indicador global (Anselin 1995). La vecindad entre las variables está determinada por la matriz  $W$  ya mencionada.

El  $L_i$  deberá poder inferir la significancia estadística de los patrones de asociación espacial en la localización de tal manera que:

$$Prob[L_i > \lambda_i] \leq \alpha_i \quad (7)$$

Donde  $\lambda_i$  es un valor crítico asociado a la matriz de pesos espaciales y  $\alpha_i$  es el pseudo nivel de significancia permutado  $n$  veces. El segundo requerimiento del ILAE, que es la relación que tiene con el estadístico global, puede ser formalizada de esta manera:

$$\sum_i L_i = \gamma \Lambda \quad (8)$$

Donde  $\Lambda$  es un indicador global de la asociación espacial y  $\gamma$  es el factor de escala. Esto es, la suma de todos los indicadores locales es proporcional al indicador global. Por lo que un indicador global caerá en el problema del “tablero de ajedrez” pues no podrá identificar donde están las aglomeraciones (Anselin 1995).

### ***Identificación de aglomerados espaciales locales***

Los aglomerados espaciales locales, pueden ser identificados como aquellas localidades o conjunto de localidades contiguas en las cuales el ILAE es significativo. En general estos indicadores pueden ser utilizados para probar la hipótesis nula de no asociación espacial (es decir, la existencia de datos

espaciales aleatorios).

Los ILAE pueden llegar a tener los mismos problemas que los indicadores globales, debido a que típicamente solo se obtienen resultados aproximados o asintóticos. Por lo que para poder obtener indicadores más confiables Anselin (1995) recomienda el uso de aleatorización o permutación condicional, que permite un acercamiento empírico a los llamados niveles de pseudo significancia. Las permutaciones son condicionales debido a que el valor de en la localización se mantiene fija, mientras que el resto de los valores se permutan de manera aleatoria sobre el conjunto de datos localizados.

### ***I de Moran Local***

Existen varios indicadores locales que generalmente son modificaciones al índice de dependencia espacial global asociado. Sin restar importancia al resto de los indicadores, en este trabajo solo se tomará en consideración el llamado Moran Local por ser de los más utilizados en los trabajos de este tipo. Un estadístico local de Moran para una observación puede ser definido como:

$$I_i = z_i \sum_j w_{ij} z_j \quad (9)$$

Donde  $z_i$  y  $z_j$  son las desviaciones con respecto a la media de la región  $i$  y de su vecino  $j$  y la sumatoria sobre  $j$  se refiere a que sólo se incluyen los valores de los vecinos más cercanos o que se localizan en la vecindad de  $i$ ,  $j \in J_i$ . Para una interpretación más accesible se tiene que los valores de  $w_{ij}$  son estandarizados por fila, por lo que su sumatoria dará la unidad.

### **➔ AEDE del IJSE para Ciudad Juárez.**

A partir de la metodología utilizada por Fuentes y Cervera (2006) se obtuvo el IJSE para Ciudad Juárez con los datos del XII Censo General de Población y Vivienda para el 2000 (INEGI). Se utilizaron las variables descritas en el Anexo 1, para obtener los índices de pobreza y bienestar descritos con anterioridad.

Los valores del  $IJSE$  pueden ser  $> 0$  ó  $< 0$  dependiendo de los valores de los índices que lo componen y se tendría que:

$$IJSE < 0 \text{ cuando } \begin{cases} |IP| > |IB| \\ IP < IB \leftrightarrow IB < 0 \end{cases}$$

Y se tendrá que  $IJSE > 0$  cuando  $IP < IB \leftrightarrow IB >> 0$ . Siendo  $IP$  el índice de medición de la pobreza e  $IB$  es el de medición de bienestar. Lo anterior se puede resumir de la siguiente manera: se tendrá un  $IJSE$  negativo cuando los indicadores de pobreza son mayores a los de riqueza; cuando los componentes del índice de bienestar del lugar  $i$  son menores a su media; o cuando se presentan ambos casos, lo cual representaría el menor  $IJSE$  posible. Por otro lado el  $IJSE$  será positivo cuando el  $IB$  sea estrictamente positivo y mayor al  $IP$ .

En el caso específico en el que  $IJSE = 0$  se tiene una heterogeneidad de la población en la localidad, en este caso en el AGEB de la ciudad. Debido a que los indicadores de los índices de pobreza y bienestar serán iguales a su media llevando a este resultado<sup>1</sup>.

### ***IJSE***

En el trabajo citado de Fuentes y Cervera (2006) se presentó la distribución espacial del índice, la cual se replica en la Mapa 1. En este mapa se puede apreciar la concentración de AGEB's con índice alto localizado en la zona centro-norte, pero parece que en el resto no se tiene un patrón espacial específico, por lo que se puede decir que existiría un patrón aleatorio del índice.

---

<sup>1</sup> Debido a que tanto la desviación estándar y el factor de ponderación resultaron positivos en la mayoría de los casos (el factor de ponderación resultó negativo para uno de los componentes del  $IP$ ) el signo lo determina la diferencia con la media.



### Mapa 1

Distribución en quintiles del IJSE en Ciudad Juárez por AGEB



Fuente: Elaboración propio con base en INEGI (2000) y la metodología de Fuentes y Cervera (2006), Mapa Base del INEGI

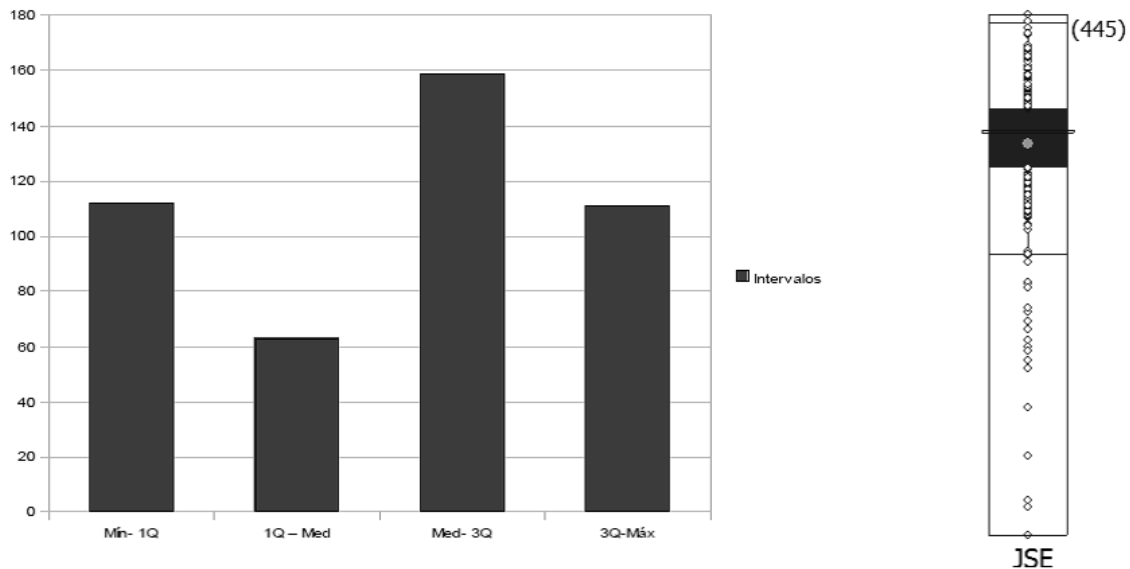
A partir del mapa anterior se pueden identificar que los valores más bajos están localizados en la periferia de la ciudad, en específico en el lado poniente, pero al tener información heterogénea en estos AGEB no se podría hablar de una concentración espacial de habitantes con un índice bajo. Por otro lado, el hecho de que los AGEB's con mayores índices estén localizados juntos no implica que exista una asociación espacial en el centro norte de la ciudad.

Para continuar con la exploración de los datos se puede utilizar un histograma tradicional, el cual muestra cómo se distribuye el índice en la ciudad de manera global. Se realizó para cinco intervalos determinados por el resumen estadístico, en el cual se observa que existe una concentración entre la media y el tercer quintil. En la Figura 1 se muestra el histograma y el diagrama de caja este último revela cómo están distribuidos los datos del índice.

Este diagrama muestra la existencia de un sesgo positivo, puesto que los índices con valores mayores a la media estarían más concentrados y por su parte los valores por debajo de la media estarían más dispersos. Sin embargo este tipo de representaciones no puede reflejar la existencia de algún patrón en el espacio, ya que no se sabe dónde se ubican los valores atípicos ni se puede saber si los valores altos concentrados están aglomerados de manera espacial.

**Gráfica 1**

Histograma y Diagrama de Caja para grupos de datos



Fuente: Elaboración propio con base en INEGI (2000)

Una forma de presentar el histograma por unidades espaciales independientes se observa en el mapa 2. Éste muestra un cartograma, el cual es un mapa donde se sustituye la forma de la unidad espacial determinada por otra forma geométrica, en la que el tamaño de su área es proporcional al valor de una variable determinada.

El presentado es un cartograma circular, el cual reemplaza los polígonos irregulares por círculos, estos siguen el mismo patrón de la localización original en cuanto a los vecinos y la topología.

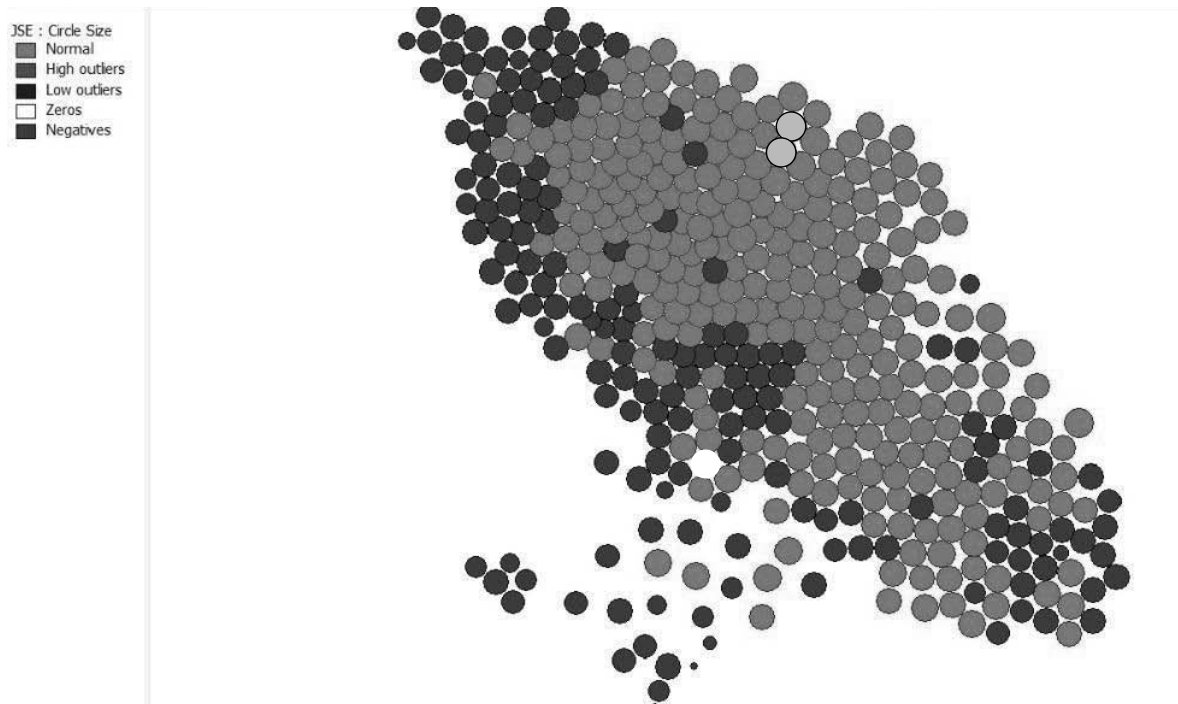
Está basado en un algoritmo celular autómatas no-lineal desarrollado por Dorling (Anselin 2004).

El tamaño de los círculos muestra el valor que tiene el IJSE en cada AGEB. Se puede apreciar que en las zonas poniente y sur oriente de la ciudad se encuentran localizados los valores negativos del índice los cuales son representados por los círculos negros, población con altos valores de IP o con bajos valores de IB, pero son de un tamaño que se puede considerar medio. También se pueden observar dos valores atípicos altos, representados por los círculos rojos, en el norte de la ciudad.

Pero aun con el cartograma no se puede dar conclusiones sobre el patrón que sigue el IJSE, pues se puede decir que es los mismo que en se tiene en el mapa 1 sólo cambiando la representación de los AGEB's . Por lo cual se requiere otro tipo de análisis para poder rechazar o no la existencia de aleatoriedad y poder definir en donde están ubicados los agrupamientos en caso de que existan.

### Mapa 2

Cartograma de la distribución del IJSE



Fuente: Elaboración propio con base en INEGI (2000)

## ➔ AEDA para Ciudad Juárez.

En el caso del trabajo previo de Fuentes y Cervera (2006) se llegó a la conclusión de la existencia de segregación urbana, aunque cabe señalar que se utilizaron otras variables como el uso de suelo y un índice de déficit de infraestructura que ayudó a determinar este patrón. Pero con un AEDE se podrá dar sustento a los resultados de la existencia de segregación urbana a partir de determinar si existe un patrón espacial en el comportamiento del IJSE.

Para empezar con el análisis se obtiene el I de Moran global que mostrará la existencia o no de un patrón aleatorio dentro de la ciudad. A partir de los resultados obtenidos en este, se sabrá si es conveniente seguir con los ILAE. Uno de los componentes necesarios para la obtención del I de Moran es la matriz de contigüidad, la cual puede ser determinante en los resultados que se obtengan, como los valores atípicos o islas como son referidos en los análisis espaciales.

La matriz de contigüidad  $W$  tiene varios criterios para su selección, los dos principales son adaptaciones de los movimientos de las piezas del ajedrez<sup>1</sup>. Así que se tiene una matriz  $W$  tipo “Torre” considera los vecinos que comparten un segmento de frontera con la localidad  $j$  que coincidan con los puntos cardinales, por lo que no considera aquellas que comparten solo un vértice diagonal de frontera. La matriz tipo “Alfil” toma como vecinos únicamente los que comparten un vértice pero este tipo de matriz pierden mucha información. Un tercer caso es la matriz tipo “Reina” la cual tiene de vecinos los considerados por las dos anteriores, lo cual le permite un mayor número de vecinos (Anselin 1988).

Sin embargo, cuando son análisis espaciales entre países o dentro de un país con isla que no compartan ni un vértice o segmento con alguna otra localidad, este tipo de matrices no se pueden utilizar. Mientras que en el caso de una ciudad con polígonos tan irregulares como son los AGEB's, tampoco es conveniente utilizar este tipo de matrices pues generaría problemas pues consideraría a menos vecinos de los que debería.

---

<sup>1</sup> Aunque esta analogía es la más utilizada, de manera un poco más formal sería denominar matriz de segmento común, vértice común y radial (Anselin 1988)

Para reducir un poco estos problemas se ampliaron estas matrices y llevaron a extender la vecindad hasta un segundo orden. Es decir, se ampliará la contigüidad hasta los vecinos de mis vecinos, por lo que ya se incluye un número mayor de localidades al análisis aportando más información a éste. Y a su vez esta primera ampliación se generalizó hasta alcanzar un número  $k$  de vecinos, llevando a matrices de contigüidad de un orden mayor al segundo (Anselin 1988).

Un tercer método sería a través de una distancia euclidiana mínima entre dos puntos definidos en el espacio. La matriz de contigüidad de este tipo ha sido utilizada en trabajos previos sobre segregación urbana. Por ejemplo el realizado por Feitosa et al (2007) en el cual se utilizó la distancia euclidiana entre centroides<sup>1</sup>. En el trabajo Myint (2008) se utilizó un concepto muy parecido, pues su matriz es obtenida a partir del Centro Espacial Medio (CEM), el cual provee la localización promedio de un conjunto de puntos los cuales definidos por un par de coordenadas (x, y). Con la utilización de un sistema de coordenadas el CEM se obtiene mediante el cálculo de la media de la coordenada x (desde el este) y de la coordenada y (desde el norte).

### Mapa 3

AGEB's y Centroides



---

<sup>1</sup> El cual es el punto medio de las coordenadas Y y X de los vértices del polígono (GeoDa Center s.f.)

Por construcción podría considerarse que ambos son iguales, representados visualmente no se alcanza a percibir una diferencia significativa y los resultados que se obtuvieron fueron muy similares, sin embargo para este trabajo se utilizará una matriz  $W$  con la distancia euclidiana a los centroides, los cuales son mostrados en el mapa 3.

### ➔ Estadístico $I$ y diagrama de dispersión de Moran.

A partir de la matriz  $W$  se pueden obtener tanto el estadístico  $I$  como el diagrama de dispersión de Moran. El  $I$  de Moran refleja la existencia de clusterización global positiva con un pseudo nivel de significancia de  $p = 0.0001$  para 10,000 permutaciones, lo que indica que la hipótesis de aleatoriedad se rechaza y se asume la existencia de un patrón espacial de asociación positiva, determinada por el signo de  $I$ . Esto es que las AGEB's con un alto (bajo) índice están localizadas cerca de otras con alto (bajo) índice.

**Tabla 1**

*I* de Moran para las matrices de contigüidad

Valor-p	Permutaciones	$E[I]$	$I$
<b>0.0001</b>	10,000	-0.0023	0.4418

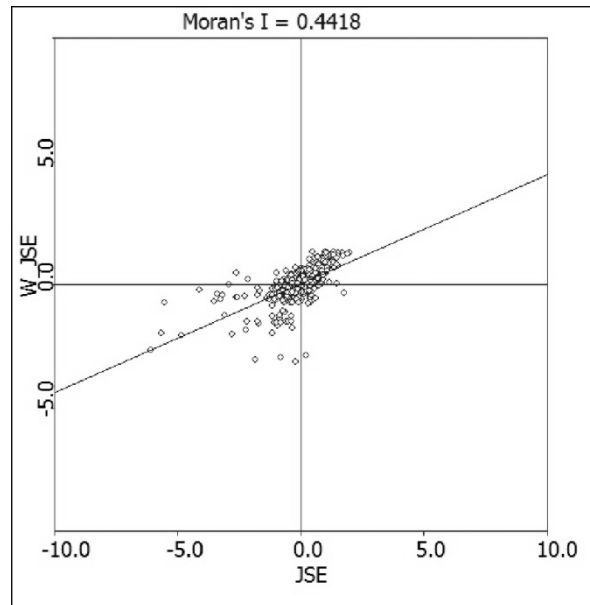
Fuente: Elaboración propio con base en INEGI (2000)

De una manera más visual se utiliza el diagrama de dispersión de Moran, el cual ayudará a encontrar valores atípicos. Los resultados se muestran en la Gráfica 2, en la cual están ubicados los  $I$  de Moran locales para cada AGEB. En esta gráfica se puede apreciar la concentración de la mayoría de los datos alrededor del origen pero en los cuadrantes I y III, corroborando la existencia de una asociación espacial obtenida por el  $I$  de Moran global. Se pueden observar ciertos puntos atípicos en los cuadrantes III y IV, en otras palabras algunas AGEB's con un índice bajo están muy alejadas de los valores del resto con las mismas características y se localizan cerca de otras con un índice alto, que

no es otra cosa que una asociación espacial negativa.

### Gráfica 2

Diagrama de dispersión de Moran con matriz  $W$  de Centroides



Fuente: Elaboración propio con base en INEGI (2000)

Otro resultado obtenido es que las localidades vecinas con localidades que son disimilares a ellas son relativamente muy pocas. Esto se puede interpretar como una existencia de segregación muy marcada, puesto que la mayoría de las AGEB's son vecinas de otras con características similares (los pobres están con los pobres, los ricos están con los ricos).

### ➔ ILAE para Ciudad Juárez.

Con la finalidad de conocer la existencia de aglomeraciones dentro de la ciudad se requiere utilizar algún ILAE, puesto que el  $I$  de Moran obtenido sólo será de utilidad para rechazar la aleatoriedad y conocer el tipo de asociación que se tiene. Para este trabajo se utilizará el  $I_1$  de Moran Local, el cual se obtiene a través del GeoDa y es presentado en dos mapas; el primero muestra las localizaciones en las cuales el estadístico local de Moran es significativo y el segundo (que está sincronizado con el primero) muestra las aglomeraciones.

Estos mapas de significancia fueron puestos a una prueba de robustez, comprobando su estabilidad con 10,000 permutaciones. Los resultados fueron que los AGEB con significancia de  $p = 0.01$  se mantuvieron estables mientras que aquellos con un valor  $p = 0.05$  no lo fueron. En vista de estos resultados se pueden decir que los valores del mapa de aglomeración arrojarán resultados confiables a un pseudo nivel de significancia de  $p = 0.01$ .

#### Mapa 4

Mapa de Significancia



Fuente: Elaboración propio con base en INEGI (2000)

El mapa 4 muestra donde están localizados los AGEB's que tuvieron valores espaciales significativos para el IJSE según su pseudo nivel de significancia, siendo los valores más oscuros los de mayor significancia y los polígonos de blanco resultaron no significativos. Esto es en los AGEB's

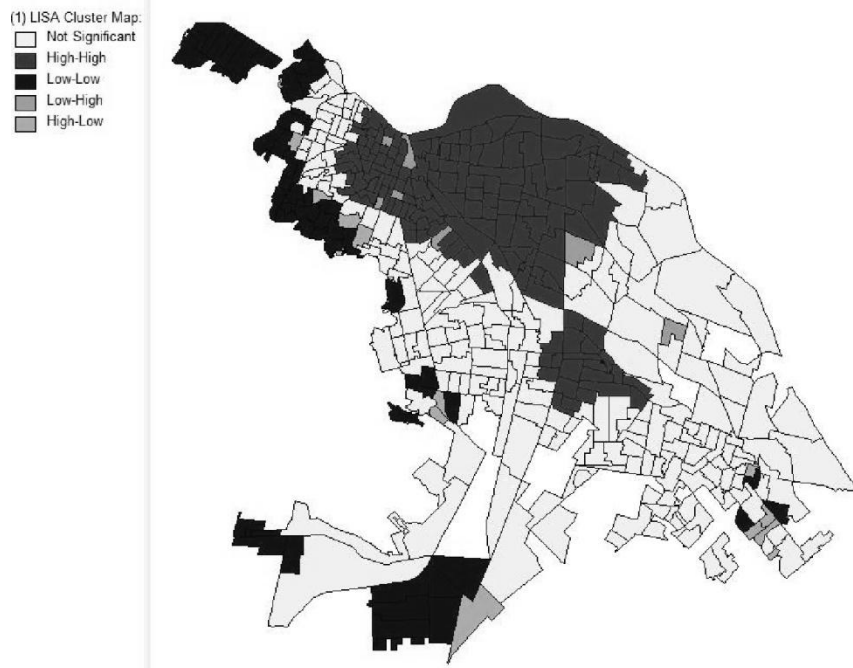


que tuvieron algún nivel de significancia se podrá encontrar una asociación espacial positiva, es decir los AGEB's con un índice positivo estará rodeado de AGEB's con índices positivos y un caso similar se tendrá con los índices negativos.

Para conocer qué tipo de aglomeraciones se tiene se requiere un mapa adicional (un mapa de aglomeraciones) en el cual se puede observar donde se ubican los resultados obtenidos por el *I* de Moran para los valores del IJSE. Con este mapa se puede inferir la existencia de dos aglomeraciones de AGEB's con IJSE altos, en el caso del diagrama de dispersión de Moran son los ubicados en el cuadrante I (vecinos con índice alto). Otro resultado de estos mapas es la existencia de aglomeraciones de AGEB's con IJSE bajos que tienen vecinos con índices iguales, cuadrante III en el diagrama.

### Mapa 5

#### Aglomeraciones de los ILAE



Fuente: Elaboración propio con base en INEGI (2000)

En este mapa se reconoce una gran aglomeración de AGEB's con IJSE positivos en el centro norte de la ciudad, lo cual se esperaba con los resultados del mapa 1. En este conglomerado se aprecia la existencia de AGEB's con índices negativos que por consiguiente están rodeados de vecinos con índices positivos, representados por un color azul claro. Estos al igual que el caso contrario, son considerados como puntos atípicos en el análisis y se les debería prestar más atención.

Otra aglomeración espacial de índices positivos se da más en el centro del país, lo cual no se puede apreciar tan claramente en el mapa 1 de distribución. Esta es una de las ventajas que representa este tipo de técnicas, pues a simple vista se pueden sacar conclusiones acerca del comportamiento de las variables en el espacio que pueden no ser del todo acertadas.

Las aglomeraciones de los índices positivos también fueron un tanto esperadas a partir del mapa de distribución, siendo localizadas al norponiente de la ciudad las más grandes y otras pequeñas aglomeraciones al sur-poniente. Sin embargo al igual que en el caso de las aglomeraciones de IJSE positivo, se encontraron puntos atípicos para estas principalmente en el aglomerado más cercano al centro norte.

También se puede observar otra particularidad pues en el centro poniente y en el suroriente de la ciudad se tienen aglomerados de asociaciones negativas. AGEB's con un índice negativo con vecinos con un índice positivo. Estos valores atípicos no se hubieran esperado que fueran significativos por lo que resulta ser un caso muy particular.

## ➔ Conclusiones.

Los resultados obtenidos por Fuentes y Cervera (2006) sugieren la existencia de segregación espacial para el caso de Ciudad Juárez, dichos resultados se basaron en el IJSE, en el uso del suelo urbano y en un índice de déficit de infraestructura. Pero dichas conclusiones sólo mostraban las relaciones existentes entre las variables y no la relación espacial existente entre las AGEB's.

La diferencia con los resultados obtenidos con el AEDE es que estos muestran que existe una relación entre el valor del IJSE entre las AGEBS de la ciudad. Se encontró que los valores altos de la IJSE están aglomerados en el centro-norte de la ciudad, mismo resultado obtenido en el trabajo citado. También se muestra que existen aglomeraciones de valores bajos y éstas se ubican en el poniente, principalmente en el norponiente y sur-poniente. A partir de estos resultados se puede decir que existe un patrón centro-periferia en ciudad Juárez donde las personas con mejores resultados en el índice de bienestar viven cercanas a otras con las mismas condiciones y están ubicadas en el centro de la ciudad.

Por otro lado las personas con un índice de pobreza mayor estarán localizadas también con personas en las mismas condiciones en la periferia de la ciudad, alejadas de las ventajas del centro urbano. Y como un resultado del trabajo de Fuentes y Cervera (2006) con un menor valor del suelo, por lo que el pago de la vivienda será menor pero las condiciones de las mismas serán precarias.

Este análisis tiene varias limitantes debido a que los datos requeridos para hacer el índice se obtienen de datos que vienen en el Censo de población, por lo que sólo se puede hacer cada 10 años y por consiguiente los resultados en este trabajo están sujetos a su actualización.

Otro aspecto metodológico es que algunas de las AGEBS no tienen valores debido a la política de confiabilidad que tiene el INEGI, por lo que puede ser que alguno de los componentes de los índices no presenté los resultados esperados y por consiguiente los resultados se vean afectados.

Ahora bien este análisis resulta relevante debido a que se comprobó la existencia de una aglomeración espacial que había sido considerada en otros trabajos pero a partir de otras técnicas que no habían considerado la interacción espacial. No obstante es un trabajo muy básico con una sola variable el cual puede ser enriquecido si se hace un análisis similar para otras variables que influyan en la segregación y así determinar si ésta es provocada por aspectos estructurales, lo cual es una de las conclusiones de varios trabajos realizados para la ciudad.

## Referencias bibliográficas y documentales

- Anas, Alex, Richard Arnott (1998), and Kennet Small. "Urban Spatial Structure." *Journal of Economic Literature* 36, no. 3, pp. 1426-1464.
- Anselin, Luc (1993). "Exploratory Spatial Data Analysis and Geographic Information Systems." *Workshop on New tools for spatial analysis*, pp. 1-17.
- . *GeoDa Center*. 2004. <http://geodacenter.org/downloads/pdfs/geoda095i.pdf> (accessed Marzo 15, 2011).
- . Anselin, Luc (1995). "Local Indicators of Spatial Association-LISA." *Geographical Analysis*, pp. 93-115.
- . *Spatial Econometrics: Methods and Models*. Amsterdam: Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 1988.
- . Anselin, Luc (1993). "The Moran Scatterplot as an ESDA Tool to Asses Local Instability in Spatial Association." *Spatial Analytical Perspectives on GIS*, pp. 111-125.
- Clark, W, y W Van Lierop (200). «Residential Mobility and Household Location Modeling.» En *Hanbook of Regional and Urban Economics*, de Peter Nijkamp, 97-132. Amsterdam: Elsevier Science B.V.
- Elbers, Chris, Jean Lanjouw, and Peter Lanjouw (2003). "Micro-Level Estimation of Poverty and Inequality." *Econometrica*, pp. 355-364.
- Feitosa, Flavia, Gilberto Camara, Antonio Monteiro, Thomas Koschitzki, and Marcelino Silva (2007). "Global and Local Spatial Indices of Urban Segregation." *International Journal of Geographical Information Science* 21, no. 3, pp. 299-323.
- Fuentes, César, and Luis Cervera (2006). "Land Market and its Effects on the Spatial Segregation: The Case of Ciudad Juárez Mexico." *Estudios Fronterizos* 7, no. 3, pp. 46-65.
- GeoDa Center. *Glossary of Key Terms*. <http://geodacenter.asu.edu/node/390#ebstand> (accessed Junio 23, 2010).
- INEGI (2000). "XII CENSO de población y vivienda."
- Jargowsky, Paul, and Jeongdai Kim(2005). "A Measure of Spatial Segregation: The Generalized Neighborhood Sorting Index." *National Poverty Center Working Paper Series*, pp. 1-48.
- Myint, Soe (2008). "An exploration of spatial dispersion, pattern, and association of socio-economic functional units in an urban system." *GeoDa Center Working Paper 2008-3*, pp. 1-56.
- Reardon, Sean, and David O'Sullivan (2004). "Measures of spatial segregation." *Sociological Methodology*, pp. 121-162.
- Sethi, Rajiv, and Rohini Somanathan (2004). "Inequality and Segregation." *The Journal of Political Economy* 112, no. 6, pp. 1296-1321.
- Wassmer, Robert (2005). "An Economic View of Some Causes of Urban Spatial Segregation and its Costs and Benefits." In *Desegregating the City: Ghettos, Enclaves and Inequality*, by David Varady, pp. 159-174. Nueva York: State University of New York.
- Watson, Tara, Gerald Carlino, and Ingrid Ellen (2006). "Metropolitan Growth, Inequality, and Neighborhood Segregation by Income." *Brookings-Wharton Papers on Urban Affairs*, pp. 1-52.
- Wong, David (2004). "Comparing traditional and spatial segregation measures: a spatial scale perspective." *Urban Geography*, pp. 66-82.
- Zax, Jeffrey (2003). "Residential Location Theory and the Measurement of Segregation." *Annales D'Économie et de Statistique*, pp. 189-219.

## Anexo 1

Tipo de Índice	Variable	Descripción
Pobreza	V1	% de la PEA con ingresos menores a un salario mínimo
	V2	% de la PEA que no trabaja
	V3	% de la PEA que es campesina
	V4	% de la población entre 6 y 14 años y más que no va a la escuela
	V5	% de la población de 15 años y más que es analfabeta
	V6	% de la población de 15 años y más que no terminó la secundaria
	V7	% de la población menor a 60 años
Bienestar	V8	% de la PEA con ingresos menores a 5 salarios mínimos
	V9	% de la PEA que trabaja
	V10	% de la PEA que trabaja por su cuenta
	V11	% de la población entre 6 y 14 años que van a la escuela
	V12	% de la población de 15 años y más que es alfabeta
	V13	% de la población de 15 años y más que terminó la secundaria
	V14	% de la población de 60 años y más

## Números anteriores:

---



Economía, población y desarrollo.  
Cuadernos de trabajo №1  
Enero-Febrero 2011  
**Una interpretación sobre el bajo  
crecimiento económico en México**  
Isaac Leobardo Sánchez Juárez

UACJ

Esta obra se terminó de imprimir en marzo de 2011  
Cd. Juárez, Chihuahua, México.

Tiraje: 120 ejemplares





UNIVERSIDAD  
AUTÓNOMA DE  
CIUDAD JUÁREZ

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez  
Instituto de Ciencias Sociales y Administración  
Cuerpo Académico de Estudios Regionales en Economía, Población y Desarrollo



Estudios Regionales en  
Economía, Población y Desarrollo  
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

---

© Universidad Autónoma de Ciudad Juárez  
Avenida Plutarco Elías Calles #1210, Fovissste Chamizal  
Ciudad Juárez, Chih., México.  
[www.uacj.mx](http://www.uacj.mx)