UNIVERSIDAD AUTONOMA DE COAHUILA
CENTRO DE INVESTIGACIONES SOCIOECONOMICAS

TESIS

TESIS 2018

LEIDY VANESSA ANDRADE BACARES

"Estructura espacial urbana: distribución de la población y de las viviendas en la zona metropolitana de Saltillo, México."

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE COAHUILA

CENTRO DE INVESTIGACIONES SOCIOECONÓMICAS

MAESTRÍA EN ECONOMÍA REGIONAL

TESIS

"ESTRUCTURA ESPACIAL URBANA: DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN Y DE LAS VIVIENDAS EN LA ZONA METROPOLITANA DE SALTILLO, MÉXICO."

que se presenta como requisito parcial para obtener
el grado de Maestro en Economía Regional

LEIDY VANESSA ANDRADE BACARES

Comité Evaluador:
Dr. Nicholas P. Sisto (Director)
Dr. Harvy Vivas Pacheco (Co-director)
Dra. Miriam Valdés Ibarra
Dra. Hada Melissa Sáenz Vela

Saltillo, Coahuila.
Agosto de 2018

AGRADECIMIENTOS.

En primera instancia agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo económico a través del cual me fue posible continuar con mis estudios.

Al Centro de Investigaciones Socioeconómicas de la Universidad Autónoma de Coahuila, por haberme aceptado en la Maestría en Economía Regional, y porque sus investigadores y personal administrativo me apoyó incondicionalmente.

En particular, quiero agradecer al Doctor Nicholas P. Sisto y la Doctora Miriam Valdés Ibarra por su confianza, paciencia, apoyo y el tiempo dedicado a mi trabajo.

Al Dr. Harvy Vivas Pacheco, Dr. Carlos Garrocho Rangel y la Dra. Hada Melissa Saenz por el tiempo dedicado a la revisión y corrección de esta tesis.

Quiero agradecer a la Luna quien todas las noches me acompaña, es mi confidente, mi mejor amiga, la que siempre está presente, con quien puedo contar de manera incondicional, pero sobre todo siempre me recuerda el motivo de estar aquí. A ti Luna, que siempre estarás en mi corazón, sin importar el tiempo o la distancia.

A ti por tu amor, por enseñarme que la vida no es perfecta, pero si hermosa.

Pero sobre todo quiero agradecer a mis padres y mis hermanas, porque me han demostrado que no hay frontera que logre separar a la familia.

A todos, muchas gracias.

RESUMEN.

En esta investigación se prueba la relación teórica entre la densidad poblacional, la densidad de vivienda, el precio de vivienda por metro cuadrado y la distancia al centro, en el núcleo urbano de la Zona Metropolitana de Saltillo (ZMS), utilizando fuentes de información documentales. Primero, se ofrece un modelo básico (pero original) de economía urbana enfocado al problema de la elección de la localización de los hogares. A partir del modelo se establecen predicciones en cuanto a la estructura urbana. Las predicciones están en forma de gradientes de densidades (poblacional y de viviendas) y de precios de las viviendas. Segundo, se pone a prueba el modelo para la ZMS, una zona urbana de tamaño medio que poco se ha estudiado en estos términos anteriormente. Se trabaja con datos procesados del Censo de Población y Vivienda de México en 2010 y las observaciones recolectadas de los precios de venta y renta de viviendas en el área urbana de la ZMS entre el 1 de enero al 31 de marzo de 2018 de la página WWW.REMAX.COM.MX. De este análisis se concluye que existe evidencia de una bonificación de tamaño de la propiedad residencial positivo que disfruta el hogar que se encuentra situado a una distancia mayor del centro. Del mismo modo que partiendo de la relación ocio- espacio habitacional, existe una relación negativa entre la densidad poblacional, y la distancia al centro. También, que el gasto en vivienda (precio por metro cuadrado) es inversamente proporcional a su distancia al centro.

Palabras claves:

Área urbana, Zona Metropolitana de Saltillo, Monocéntrico, Densidad Poblacional, Densidad de Vivienda, Precio de Renta, Precio de Venta.

ESTRUCTURA ESPACIAL URBANA: DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN Y DE LAS VIVIENDAS EN LA ZONA METROPOLITANA DE SALTILLO, MÉXICO.

CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN 1

Objetivo general 3

Objetivos específicos 3

Hipótesis de trabajo 3

II. TEORÍA Y MODELO 4

2.1 Marco teórico 4

2.2 La elección de localización residencial y la estructura urbana: el modelo básico de la economía urbana. 13

2.3 Temas principales 20

III. DATOS Y METODOS. 21

3.1 Descripción de la zona de estudio. 21

3.2 Los datos 25

3.3 Definición de contigüidad y pesos espaciales. 34

3.4 Autocorrelación espacial. 36

3.5 Temas principales 39

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 40

4.1 Autocorrelación espacial en el área urbana de la Zona Metropolitana de Saltillo (ZMS) 40

4.2 Análisis econométrico 46

4.3 Limitantes de la investigación 60

4.4 Temas principales 65

V. CONCLUSIONES 66

VI. REFERENCIAS 68

VII. ANEXOS 72

Índice de figuras

Figura 1 Modelo de localización optima de Von Thünen 5
Figura 2 Curva Bid Rent de Alonso (1964)..... 9
Figura 3 Área urbana monocéntrica. 14

Índice de gráficos

Gráfico 1 Zona Metropolitana de Saltillo, Coahuila, México 22
Gráfico 2 Centro del área urbana de la ZMS y centroides de los AGEB´s. 27
Gráfico 3 Habitantes por hectárea en la zona metropolitana de Saltillo en 2010..... 29
Gráfico 4 Viviendas habitadas por hectárea en la zona metropolitana de Saltillo 2010. ... 29
Gráfico 5 Viviendas por hectárea no habitadas 30
Gráfico 6 Total viviendas por hectárea..... 30
Gráfico 7 Observaciones recolectadas entre 1 de enero de 2018 y 31 de marzo de 2018, para el área urbana de la ZMS. 31
Gráfico 8 Tipos de matrices de contigüidad usadas en el área urbana de la Zona Metropolitana de Saltillo, forma gráfica..... 35
Gráfico 9 Análisis LISA para los Habitantes por Hectárea, área urbana de la Zona Metropolitana de Saltillo, de acuerdo con la matriz de contigüidad elegida..... 42
Gráfico 10 Análisis LISA para las Viviendas Totales por Hectárea, área urbana de la Zona Metropolitana de Saltillo, de acuerdo con la matriz de contigüidad elegida..... 43
Gráfico 11 Análisis LISA para las Viviendas Habitadas por Hectárea, área urbana de la Zona Metropolitana de Saltillo, de acuerdo con la matriz de contigüidad elegida..... 44

Índice de tablas

Tabla 1: Área urbana y número de AGEB en los municipios de Saltillo, Arteaga y Ramos Arizpe en 2010. 23
Tabla 2 Población urbana y rural en la Zona Metropolitana de Saltillo 24
Tabla 3 Estadísticas descriptivas de las variables de interés en el estudio. 28
Tabla 4 Estadísticas descriptivas de los datos recolectados, Precio de Venta de las Casas en la ZMS. 32
Tabla 5 Estadísticas descriptivas de los datos recolectados, Precio de Renta de las Casas en la ZMS. 33
Tabla 6 Resultados del Índice Global de Moran para las variables de interés en el área urbana de la ZMS, 2010. 40
Tabla 7 Resultados regresiones por el método de mínimos cuadrados ordinarios. 48
Tabla 8 Resultados regresión del modelo espacial autorregresivo de primer orden (FAR). 51
Tabla 9 Regresión usando como referencia los valores de venta de las propiedades. 57
Tabla 10 Regresión usando como referencia los valores de renta de las propiedades. 58

Índice de anexos

Anexo 1 Mapa I Moran Global, variable: Población Total por Hectárea 72
Anexo 2 Mapa I Moran Global, variable: Vivienda Total por Hectárea 74
Anexo 3 Mapa I Moran Global, variable: Vivienda Habitada por Hectárea 76
Anexo 4 P value- análisis LISA, variable Población por hectárea, Zona Metropolitana de Saltillo, de acuerdo con la matriz de contigüidad elegida. 78
Anexo 5 P value análisis LISA, variable Viviendas Totales por Hectárea, Zona Metropolitana de Saltillo, de acuerdo con la matriz de contigüidad elegida. 79
Anexo 6 P value análisis LISA, variable Viviendas Habitadas por Hectárea, Zona Metropolitana de Saltillo, de acuerdo con la matriz de contigüidad elegida. 80
Anexo 7 Resultados del Modelo Lineal para las variables de interes 81
Anexo 8 Resultados del Modelo Exponencial Negativo para las variables de interes 84
Anexo 9 Tipo de impacto del modelo SAR para cada una de las variables de estudio. 87

I. INTRODUCCIÓN

Desde inicios del siglo XX, la distribución espacial de la población y de las actividades económicas han sido temas de estudio del campo económico. En este sentido, algunos investigadores de la ciencia económica se han dedicado tanto al estudio del fenómeno urbano como de la economía espacial. Johann Heinrich Von Thünen (1783 - 1850) es señalado como el precursor del estudio de la concentración y la localización, siendo el primero en proponer un modelo espacial de uso de la tierra, el cual determinó que la distancia de la tierra al sitio al cual se destinaría la producción agrícola era el principal determinante de la asignación y desarrollo de la utilización de la tierra. Mas adelante, la economía espacial urbana se formaliza con la obra de William Alonso (1964) un modelo de oferta - renta, "The bid-rent model", reconocido como la base de la Nueva Economía Urbana, presentando la versión urbana del modelo agrícola de Von Thünen.

Así, la mayor parte de la literatura moderna que se deriva del modelo de Alonso (1964), predice como gran porción del uso del suelo urbano es reservado para las zonas residenciales, derivado del proceso de maximización de utilidad según el tamaño de la vivienda, sin dejar de lado que se podrían incorporar variantes como las ventajas de los vecindarios (escuelas, hospitales, etcétera) y otros bienes. Asumiendo que todos los hogares son idénticos tanto en ingreso como en preferencias, y que el presupuesto se gasta en la vivienda, transporte y otros bienes. Por tanto, la función de oferta de renta es la cantidad máxima que un hogar está dispuesto y le es posible pagar por una unidad determinada de superficie de suelo, a medida que se incrementa la distancia al centro y mantener una utilidad fija (Fuentes Flores, 2009).

Se presenta un modelo canónico monocéntrico propio que postula tres hipótesis claves, la primera plantea la existencia de una bonificación de tamaño de la propiedad residencial positivo que disfruta el hogar que se encuentra situado a una distancia mayor del centro, por tanto, existe un gradiente del tamaño de las propiedades residenciales positivo. La segunda hipótesis parte que dado la disyuntiva ocio – consumo a la que se enfrentan los individuos, por tanto, existe una relación negativa entre la densidad poblacional, y la distancia al centro. La tercera hipótesis parte de la premisa que, al ubicarte a una distancia superior al centro, la perdida de utilidad del individuo derivada de un mayor tiempo de desplazamiento debe compensarse con un gasto en vivienda menor (por metro cuadrado).

El espacio en el cual se trabaja es la Zona Metropolitana de Saltillo (ZMS), que se integra por los municipios de Ramos Arizpe, Arteaga y Saltillo, los cuales se ubican al sureste del estado de Coahuila de Zaragoza en México. Más precisamente nos enfocamos al núcleo urbano[1] de esta ZMS que aglomera a 784,671 habitantes, equivalente al 95.33% de la población total. Esta investigación tiene como objetivo probar en el núcleo urbano de la Zona Metropolitana de Saltillo (ZMS) la relación teórica entre densidad de población y vivienda, precio de vivienda por metro cuadrado y distancia al centro, utilizando fuentes de información documentales; partiendo de la descripción de la estructura espacial de estas densidades, y posteriormente realizando los análisis confirmatorios mediante regresiones.

La base de datos que se trabaja es el Censo de Población y Vivienda de México en el año 2010, donde la unidad de análisis son las Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEB). Del mismo modo, datos del precio de venta y renta de propiedades capturados de la página WWW.REMAX.COM.MX.

El documento se compone de cinco capítulos siendo este el primero. En el segundo, se presentan los principales expositores en la teoría urbana que exploran la forma urbana por medio de densidades poblacionales y/o de vivienda. Del mismo modo, se ofrece un modelo básico -pero original- de economía urbana enfocado al problema de la elección de la localización de los hogares. A partir del modelo se establecen predicciones en cuanto a la estructura urbana. Las predicciones están en forma de gradientes de densidades (poblacional y de viviendas) y de precios de las viviendas.

En el tercer capítulo se realiza un análisis descriptivo de las variables de interés. En el cuarto se pone a prueba el modelo para la ZMS, una zona urbana de tamaño medio que poco se ha estudiado en estos términos anteriormente, se desarrolla el análisis econométrico de los resultados acompañados de la discusión en relación con el modelo canónico planteado. Finalmente, en el quinto capítulo se presentan las conclusiones generales al igual que futuras líneas de investigación.

[1] Núcleo urbano o Área urbana, de acuerdo con el INEGI, son las áreas donde viven más de 2,500 personas.

Objetivo general

Probar en el núcleo urbano de la Zona Metropolitana de Saltillo (ZMS) la relación teórica entre densidad de población y vivienda, precio de vivienda por metro cuadrado y distancia al centro, utilizando fuentes de información documentales.

Objetivos específicos

- Describir la estructura del núcleo urbano de la ZMS en términos de densidades de población y vivienda.
- Identificar los determinantes de la estructura del núcleo urbano de la ZMS en términos de densidades de población y vivienda.
- Determinar la relación entre el gasto en vivienda y el tamaño de la propiedad residencial respecto a la distancia al centro del núcleo urbano de la ZMS.

Hipótesis de trabajo

Las hipótesis se derivan del modelo original presentado en el capítulo 2.

Hipótesis 1: Existe una bonificación de tamaño de la propiedad residencial positivo que disfruta el hogar que se encuentra situado a una distancia mayor del centro, por tanto, existe un gradiente del tamaño de las propiedades residenciales positivo.

Corolario 1: El tamaño de las propiedades residenciales es una función creciente de la distancia al centro, por tanto, existe un gradiente de densidad de vivienda negativo.

Hipótesis 2: Debido a la relación ocio- espacio habitacional, existe una relación negativa entre la densidad poblacional, y la distancia al centro, lo que se verifica por medio de la existencia de un gradiente de densidad poblacional negativo.

Hipótesis 3: El gasto en vivienda (precio por metro cuadrado) es inversamente proporcional a su distancia al centro, lo que indica un gradiente del valor residencia negativo.

II. TEORÍA Y MODELO

2.1 Marco teórico

Durante el siglo XIX y principios del siglo XX, economistas y geógrafos alemanes iniciaron el desarrollo de la economía urbana. El autor pionero fue Johann Heinrich Von Thünen (1783 - 1850) quien desarrolló un modelo espacial de uso de la tierra. Partiendo del análisis empírico de la economía agrícola, presentó un modelo de espacio rural – urbano centrado en la discusión de la distribución espacial de la actividad económica alrededor de una aglomeración existente, el cual, aunque se basa en un solo sector económico, permite la incorporación de diferentes tipos de cultivos, suponiendo niveles de renta y costos de transporte fijos.

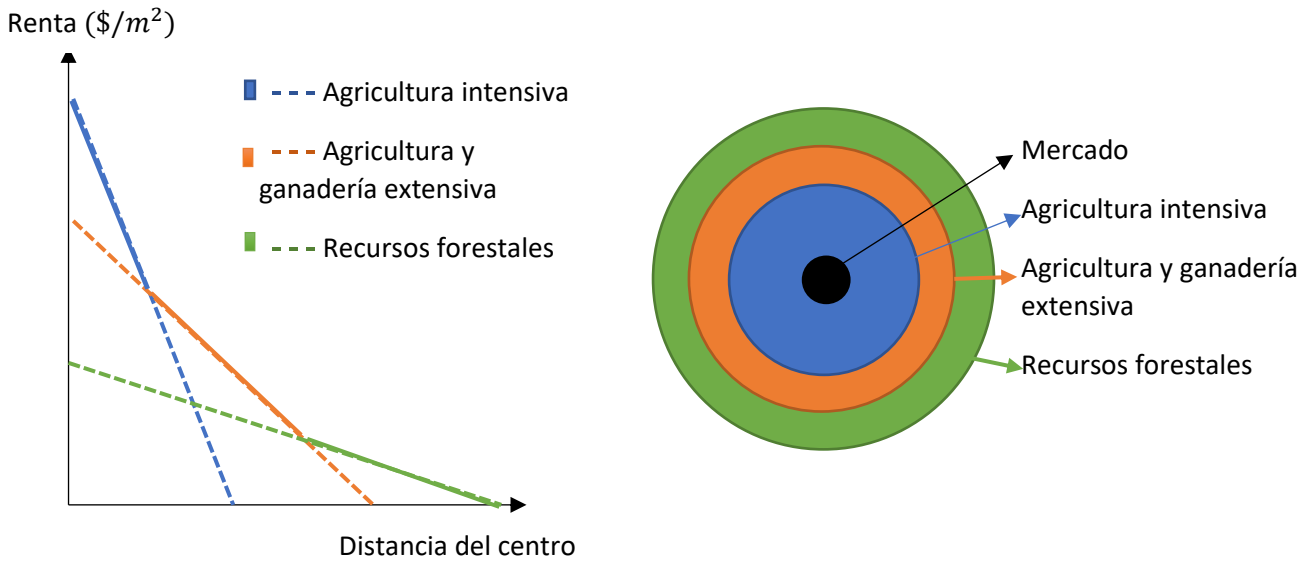
Von Thünen modeló un estado aislado abastecido por granjeros en los alrededores del campo. Supuso que los cultivos difieren en términos del rendimiento agrícola (toneladas por hectárea), costos de transporte, así como la intensidad del uso de los factores productivos[2]. Este modelo presenta una descripción razonable de primer orden de muchas ciudades y ofrece una serie de predicciones plausibles, incluso si estamos dispuestos a restringir la producción, esto es asumir un lugar en un área centralizada.

Aunque este modelo representó grandes avances al momento de incorporar el espacio, el partir de un lugar monocéntrico y no tomar en cuenta los movimientos de personas y bienes, refiere a su principal crítica. A pesar de esto, es un modelo bastante avanzado, ya que permite describir de forma "simple" y mejor las localizaciones agrícolas no contemporáneas, teniendo en cuenta la relación de variables como el espacio geográfico y el uso de la tierra, generando entre sus principales resultados el desarrollo de un conjunto de círculos concéntricos de localización para los diferentes cultivos alrededor del mercado, donde aquellos intensivos en tierra se localizarán más alejados del centro.

En equilibrio el modelo de Von Thünen se puede representar de la siguiente manera:

[2] Las asunciones son: la ciudad está ubicada centralmente en un estado aislado, autosostenible y libre de influencias externas; la tierra es completamente plana; los agricultores transportan sus propios bienes al mercado desde sus parcelas hasta el centro de la ciudad; los agricultores son agentes racionales que actúan para maximizar sus beneficios.

Figura 1 Modelo de localización optima de Von Thünen



Fuente: Elaboración propia, a partir de Duranton, Henderson, & Strange, 2015.

William Alonso desarrolló en 1964 un modelo de oferta - renta, "The bid-rent model", reconocido como la base de la Nueva Economía Urbana, presentando la versión urbana del modelo agrícola de Von Thünen. Además, con su planteamiento de la teoría del mercado de uso del suelo muestra el paso de una función de renta explicada por los costos de transporte en función de la distancia, a una función de renta especificada por el ingreso neto y el nivel de utilidad fijo (Fujita M. , 1989).

No sólo se considera el estudio de la localización de usos de tierra desde el equilibrio residencial, sino que su modelo se puede ampliar al análisis empresarial y agrícola. Esta primera versión del modelo monocéntrico remite a seis supuestos simplificadores. Los tres primeros se refieren a la linealidad de las ciudades, la restricción de los desplazamientos urbanos, y una especificación particular para los costos de desplazamientos pagados y que aumentan proporcionalmente con la distancia. Las otras tres suposiciones son la de un modelo estático, una geografía exógena de puestos de trabajo y los residentes homogéneos. Mientras menos estándar, el enfoque de oferta-renta es una forma más directa para resolver

el modelo monocéntrico, también pone de relieve la naturaleza de licitación que prevalece para la asignación de viviendas y tierra en cada lugar.

El modelo de Alonso (1964), formalmente se representa como un problema de maximización de la función de utilidad de cada individuo, donde:

$$\mathrm{u} = u(c, s(r), r) \qquad \textbf{1)}$$

Donde:

c: Representa el bien compuesto de consumo.

$s(r)$: Es el tamaño de la propiedad residencial en metros cuadrados, la cual es función positiva de su distancia al centro.

r: Es la distancia al centro o Distrito Central de Negocios (CBD) el cual concentra la actividad económica.

y está sujeta a la siguiente restricción presupuestaria:

$$y \geq \mathrm{vc} + p(r)s(r) + t(r) \qquad \textbf{2)}$$

Donde:

y: Es el nivel de ingresos.

v: Es el precio de los bienes compuestos.

$p(r)$: Es el precio de la propiedad residencial en dólares por metro cuadrado el cual es función negativa de la distancia al centro.

$t(r)$: Costo de transporte por unidad de distancia recorrida y es función positiva de la distancia al centro.

En este modelo el equilibrio de mercado resulta de resolver el siguiente problema de optimización:

$$\mathcal{L} = u(c, s, r) + \lambda(\mathrm{y} - \mathrm{vc} - \mathrm{p}_r\,\mathrm{s} - \mathrm{t}_r) \qquad \textbf{3)}$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial c} = \frac{\partial u}{\partial c} - \lambda(v) = 0$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial s} = \frac{\partial u}{\partial s} - \lambda(p) = 0$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial r} = \frac{\partial u}{\partial r} - \lambda\left(-\frac{\partial p}{\partial r}\mathrm{s} - \frac{\partial \mathrm{t}}{\partial \mathrm{r}}\right) = 0$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \lambda} = y - (\mathrm{vc} + \mathrm{ps} + \mathrm{t}) = 0$$

Despejando λ y hallando el cambio de la renta con respecto a la distancia se tiene:

$$\frac{\partial \mathrm{p}}{\partial \mathrm{r}} = \frac{v}{s}\frac{\frac{\partial u}{\partial r}}{\frac{\partial u}{\partial c}} - \frac{1}{s}\frac{\partial \mathrm{t}}{\partial \mathrm{r}} < 0 \qquad \textbf{4)}$$

La ecuación (4) muestra la relación entre la distancia y el precio de la propiedad residencial por metro cuadrado. Entonces, partiendo de las ecuaciones 1 y 2 se tiene que:

$v \geq 0$; debido que es un vector de precio. **4.1)**

$s > 0$; debido que es el tamaño de la propiedad residencial en metros cuadrados.

$\frac{\partial u}{\partial r} < 0$; debido que a mayor distancia del centro mayores costos de desplazamiento.

$\frac{\partial u}{\partial c} > 0$;representa la utilidad marginal del consumo del bien compuesto.

$\frac{\partial \mathrm{t}}{\partial \mathrm{r}} > 0$; representa el costo adicional en el transporte por cada metro adicional de desplazamiento.

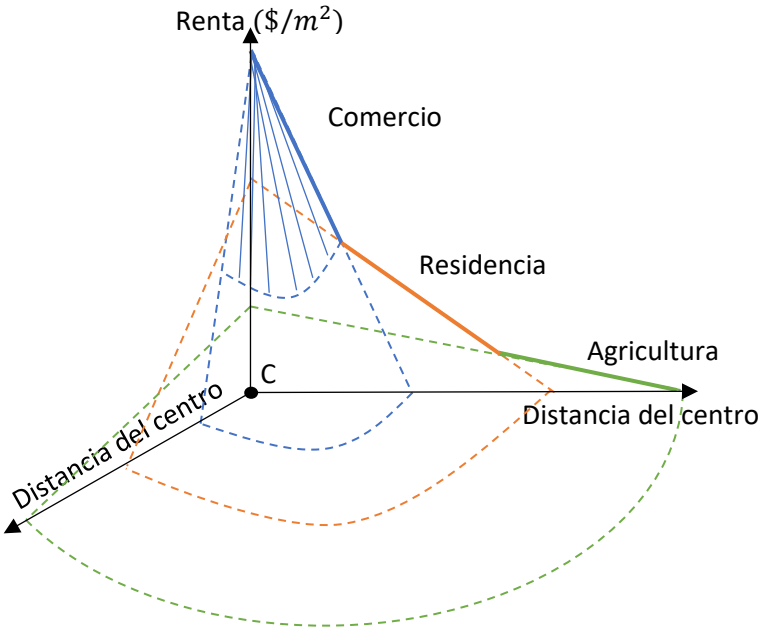
Por tanto, existe una relación negativa entre el precio de la propiedad residencial y la distancia al centro, debido que como se mostró todos los términos son positivos excepto $\frac{\partial u}{\partial r} < 0$.

De la figura 2, la parte ***a***, enseña que en cuanto a la localización por usos del suelo Alonso (1964) la asigna en función de las curvas de renta ofertada de cada grupo de agentes económicos. Es decir, ubica al sector comercio en el centro o en los alrededores más cercanos a él; en un segundo nivel ubica las residencias; en el tercer nivel estarían los sectores agrícolas. Así, hay un conjunto de combinaciones de precios de la tierra y las distancias entre los cuales el individuo es indiferente. Muestra la renta de la tierra que el hogar puede pagar a cada distancia con el fin de alcanzar un nivel de utilidad determinado.

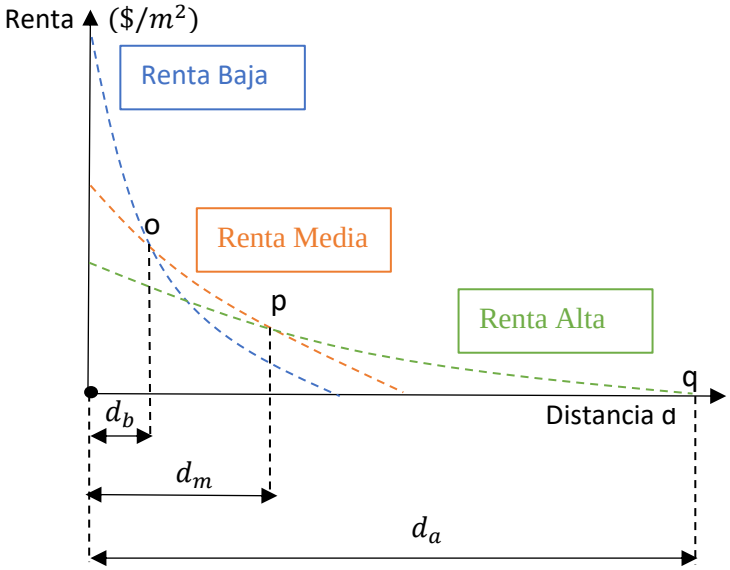
De la figura 2, la parte ***b***, presenta como la renta decrece al aumentar la distancia al centro, por tanto, el espacio de la vivienda que se puede adquirir aumenta con la distancia, ya que se vuelve más "barata". Igualmente, la distancia interviene por medio de los costos de desplazamiento (t), en consecuencia, el espacio físico que se puede rentar disminuye.

Figura 2 Curva Bid Rent de Alonso (1964)

a) Curva "Bid Rent" para Varios Sectores



b) Curva "Bid Rent" según ingreso familiar



Fuente: Elaboración propia, a partir de Duranton, Henderson, & Strange, 2015.

De acuerdo con Graizbord (2008) y Duranton et al (2015) se plantean tres predicciones relevantes del modelo “bid-rent”:

- Para un individuo se genera una familia de curvas de indiferencia de la función “bid-rent”, de modo que se es indiferente en la ubicación en cualquier punto que se encuentre sobre estas funciones.
- Establece que a medida que uno se aleja del centro, la disminución marginal de los precios de la vivienda debería compensarse exactamente con el aumento marginal en el costo de desplazamiento (t).
- Existe una relación directa y positiva entre el valor de renta y el espacio físico de la vivienda.

Anas et al. (1998) conceptualizan la estructura espacial urbana en dos dimensiones: centralidad y concentración. La centralidad es el grado en que las actividades se distribuyen cerca de un solo centro. La estructura urbana puede estar centralizada (actividades ubicadas cerca del centro) o descentralizada (actividades aún orientadas espacialmente al centro, pero distribuidas a una distancia mayor del centro). La concentración es el grado en que las actividades se ubican muy cerca una de otra y varía de agrupado a disperso. La concentración puede tomar muchas formas; puede haber uno o muchos clústeres. La parte de la actividad que está agrupada también puede variar, así, el caso extremo es la dispersión, detonando una distribución uniforme a través del espacio.

Por tanto, el grado de centralización se ha estudiado principalmente mediante la estimación de las funciones de densidad, donde, en un nivel más local las actividades pueden agruparse en un patrón policéntrico o dispersarse en un patrón más regular, siendo esta agrupación la que ha captado la atención reciente de los economistas tanto teóricos como empíricos. En primer lugar, la densidad disminuye con la distancia desde el centro, en segundo lugar, prácticamente todas las ciudades del mundo desarrollado y la mayoría de los demás lugares se han descentralizado durante el último siglo o más (Anas, Arnott, & Small, 1998).

Partiendo de los antecedentes teóricos del modelo monocéntrico se pude decir que sus desarrollos recientes se cimientan en los postulados de la economía neoclásica, referentes a los agentes económicos racionales que maximizan sus utilidades asignando sus recursos a

usos alternativos. Las empresas como agentes demandantes de suelo entre sus factores de producción y los hogares indirectamente a través de la demanda de vivienda; conllevando a que ambos agentes demanden servicios de transporte que les permitan acceder a los mercados ((Straszheim, 1987); (Brueckner, Thisse, & Zenou, 1999); (García-López, 2012))

Igualmente, la concentración y distribución del empleo y la población en el área urbana (dimensión morfológica) y el patrón de viajes que aparece en ella (dimensión funcional) constituyen la estructura espacial de las ciudades (Sánchez Trujillo, 2013). La cual aparece como el resultado de la combinación de fuerzas económicas, políticas de los gobiernos, así como de la historia y geografía de cada una de las ciudades (Bertaud A. , 2009).

Flores (2009) enseña cómo en alguna variante del modelo "bid-Rent", las personas también se enfrentan a limitantes respecto al tiempo e ingreso, por lo que deben balancear sus decisiones entre la accesibilidad, el espacio y las "amenidades". La primera incluye los gastos monetarios, así como el costo de oportunidad del tiempo destinado al traslado, compras y el viaje a actividades recreativas. El espacio consiste en el tamaño y calidad del lote y la vivienda. Las amenidades abarcan los recursos naturales, como las áreas verdes y las características de los vecindarios como la calidad de las escuelas, seguridad y composición socioeconómica y racial de los residentes son importantes ((Fujita M. , 1989); (Anas A. , 1990); (Kivell, 1993), (Graizbord, 2008)).

Un tema que sigue siendo ampliamente discutido en la geografía económica gira entorno a la dinámica de la estructura espacial, donde las interacciones y los cambios de los elementos que la forman espolean o contienen su evolución. La idea de que las grandes ciudades son policéntricas está más o menos generalizada, concordando en que puede existir una estructura espacial dinámica ((Garrocho y Flores, 2009), (Garrocho y Campos, 2007), (Suarez y Delgado, 2007)). Garrocho y Campos (2007) enseñan como a nivel internacional la tendencia de las grandes ciudades es adoptar estructuras policéntricas, en México sigue abierto el debate sobre sí las ciudades más grandes del país son policéntricas o no. Así, aunque el razonamiento teórico y los informes empíricos disponibles señalan que la gran ciudad monocéntrica no existe en la capital del país, no hay un consenso claro respecto al tema.

Lee y Lin (2013) han reunido un conjunto de datos a largo plazo de ingreso y la población en las principales ciudades de Estados Unidos, confirman que el ingreso promedio disminuyó con la distancia al centro de negocios en 1880, y creció a partir de 1930. Desde 1960, el gradiente de ingreso se ha aplanado, en un proceso que continúa en la actualidad, conllevando a patrones de descentralización y recentralización de los hogares y las actividades económicas, propiciando la creación y desaparición de diversos centros de empleo.

Así, la forma urbana puede potencializar (o no) tanto la disponibilidad de insumos, como los costos de transporte, teniendo efectos directos sobre la productividad, e influyendo directamente sobre el desempeño económico y social ((Ciccone & Hall , 1996); (García-López, 2012); (Bertaud A. , 2002); (Camagni, 2005); (Naess, 2012))

2.2 La elección de localización residencial y la estructura urbana: el modelo básico de la economía urbana.

Este capítulo presenta un modelo canónico original (Sisto, 2018), que parte de las ideas clásicas del modelo monocéntrico, pero que incorpora las hipótesis fundamentales a desarrollar. A continuación, se parte con los supuestos del modelo:

Supuesto 1: Sobre un superficie plana e ilimitada, existe una aglomeración de empresas de forma circular que genera N puestos de empleos. Tal aglomeración es lo suficientemente compacta por lo que en su interior los costos de transporte son nulos.

Supuesto 2: Todos los hogares son idénticos en términos de tamaño (n individuos) y necesidad de trabajo remunerado (por simplicidad, asumimos un empleo por hogar) y con preferencias representadas por:

$$U_i = U_i(s_i, v_i) \qquad \textbf{5)}$$

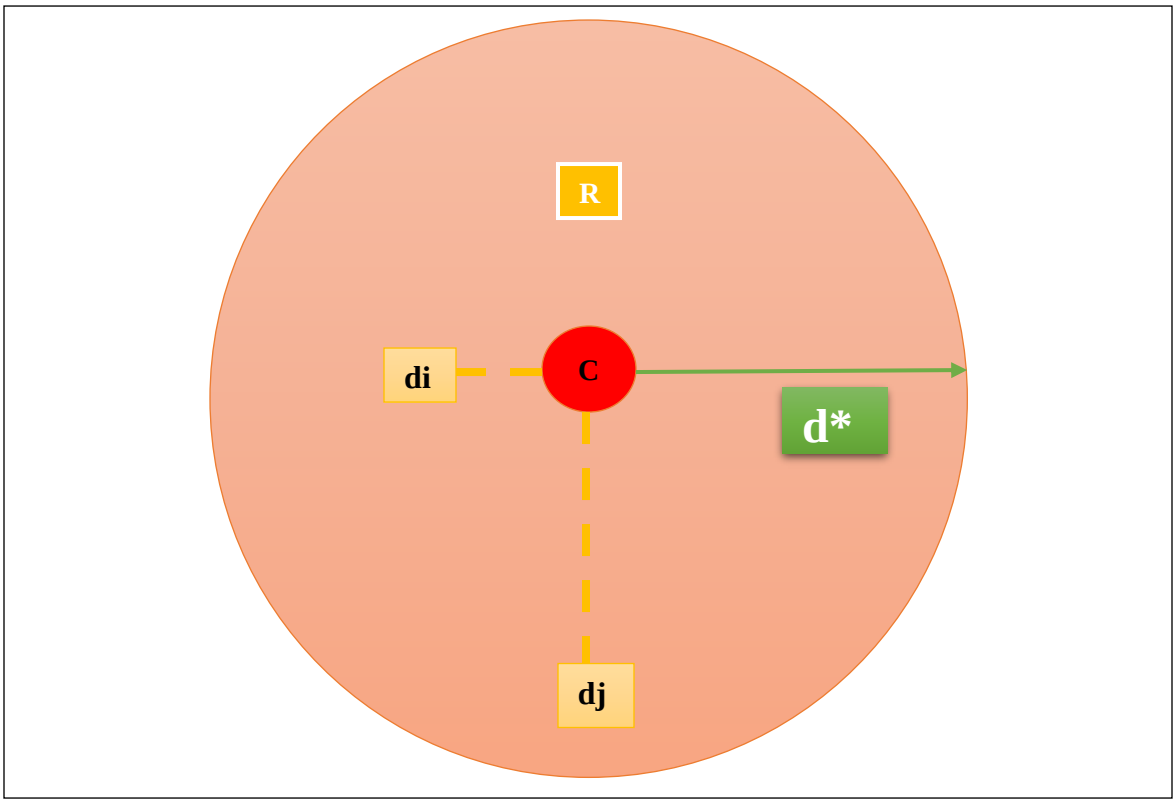
donde i identifica un hogar, s_i es el tamaño de residencia (en metros cuadrados, m^2) y v_i es el tiempo de ocio, es decir el tiempo no dedicado a trabajo o desplazamientos (en horas).

Supuesto 3: Existe una industria de construcción de viviendas de rendimientos constantes a escala, perfectamente competitiva que, respondiendo a las preferencias de los hogares, ofrece a un costo marginal constante ρ ($ / m^2) residencias que solo difieren en tamaño.

Supuesto 4: Todas las residencias cuentan con el mismo acceso a un sistema de transporte dado exógenamente, asumiendo una velocidad de desplazamiento dada de σ (km / h).

La figura 3 representa el área urbana.

Figura 3 Área urbana monocéntrica.



Fuente: Elaboración propia.

Donde:

c: Centro de negocios.

R: Área del cinturón residencia que rodea el centro de negocio (C).

d_i: La distancia de la vivienda del individuo i al centro de negocios (C).

d_j: La distancia de la vivienda del individuo j al centro de negocios (C).

d^*: Es la distancia máxima del cinturón residencial.

El modelo asume que en equilibrio:

Supuesto 5: Los hogares tienen preferencias idénticas.

Supuesto 6: Los hogares se enfrentan a dos restricciones: tiempo y dinero. Todos los hogares (representados por un empleado) dedican la misma cantidad de tiempo al trabajo (l), tiempo de ocio (v_i) y tiempo de desplazamiento al trabajo (t_i):

$$v_i = 24 - l - t_i \qquad \textbf{6)}$$

Los hogares tienen igual remuneración de trabajo representado por w, se enfrentan a un costo diario de desplazamiento $c\ (por\ km)$, donde el costo de traslado total representa su disposición máxima al gasto de vivienda:

$$w.l - c.2d_i = r_i.s_i \qquad \textbf{7)}$$

Donde d_i es la distancia entre la residencia y el centro de trabajo $(por\ km)$, y r_i es la unidad de alquiler $(por\ m^2)$.

Considerando dos hogares $(i,\ j)$ en ubicaciones distintas dentro del cinturón residencial (Figura 3) se tiene que: el ***Supuesto 4*** implica que todas las familias viajan a la misma velocidad, por tanto, si $d_i < d_j$ entonces $t_i < t_j$. Por el ***Supuesto 2*** se obtiene entonces $v_i > v_j$ el hogar más céntrico disfruta de más tiempo libre. Y el ***Supuesto 5*** implica que en equilibrio:

$$U_i(s_i, v_i) = U_j(s_j, v_j) \qquad \textbf{8)}$$

Por tanto, $s_i < s_j$: el hogar más distante al centro debe recibir una compensación residencial positiva (en términos de metros cuadrado) para suplir los efectos negativos de menor tiempo en ocio. De igual forma, se aplica a todos los pares de lugares dentro de R, Estableciendo la siguiente relación funcional:

$$s = s(d), \qquad s' > 0 \qquad \textbf{9)}$$

Hipótesis 1: Existe una bonificación de tamaño residencial positivo que disfruta el hogar que se encuentra situado a una distancia mayor del centro (C).

Corolario 1: El tamaño residencial es una función creciente de la distancia al centro (C), lo que implica un gradiente de densidad de vivienda negativo.

El área residencial crece de manera proporcional que incrementa la distancia al centro de negocios; en otras palabras, existe un gradiente de densidad de vivienda negativo. Por el ***Supuesto 2***, esto también significa un gradiente de densidad de población negativo. Además, en equilibrio, la restricción (7) requiere:

$$w.l - c.2d_i - r_i.s_i = w.l - c.2d_j - r_j.s_j \qquad \textbf{10)}$$

$$r_i.s_i - r_j.s_j = c.2(d_j - d_i) > 0$$

$$r_i.s_i > r_j.s_j$$

$$\frac{r_i}{r_j} > \frac{s_j}{s_i}$$

Hipótesis 2: Debido a la relación ocio- espacio habitacional, existe una relación negativa entre la densidad poblacional, y la distancia al centro (C). Esto es un gradiente de densidad poblacional negativo.

El gasto en vivienda es inversamente proporcional a su distancia al centro, lo que indica un gradiente del valor de las residencias negativo. De la ecuación (10) se tiene que si $s_i < s_j$ entonces $r_i > r_j$, es decir, existe un gradiente de unidad de renta negativo. Por otra parte, la precio por metro cuadrado pagado por el hogar más céntrico es proporcionalmente superior a la bonificación en tamaño residencial que disfruta el hogar que se encuentra situado a una distancia mayor del centro (C). Por el ***Supuesto 3***, se tiene que los pagos por alquiler (rentas de las familias) no puede caer por debajo del umbral mínimo que establece el costo marginal constante de la producción de un metro cuadrado de espacio residencial, definido como ρ:

$$r = r(d) \geq \rho \qquad r' < 0 \qquad \textbf{11)}$$

Hipótesis 3: El gasto en vivienda (precio por metro cuadrado) es inversamente proporcional a su distancia al centro, esto indica un gradiente del valor residencial negativo.

Derivado de los ***supuestos 1 y 2*** el número de hogares que residen en el área urbana es simplemente N, que equivale al número de puestos de trabajo disponibles en el centro. Por tanto, se define ∂ como la media de densidad de población en el cinturón residencial, y está dada aproximadamente por:

$$\partial = \frac{\pi(d^*)^2}{n.N} \qquad \textbf{12)}$$

Donde, n es el número de individuos por hogar y d^* es la medida del cinturón residencial (Figura 3). Este último valor es limitado por la necesidad fisiológica y psicológica de los hogares de un mínimo de tiempo libre (v^{MIN}) y la velocidad a la que pueden viajar: σ. El tiempo máximo de desplazamientos (y por lo tanto la distancia) para cualquier hogar es dada por:

$$t^{MAX} = \frac{2d^{MAX}}{\sigma} < 24 - l - v^{MIN} \qquad \textbf{13)}$$

$$d^{MAX} < 24 - l - v^{MIN}\left(\frac{\sigma}{2}\right)$$

Por ejemplo, con una jornada de trabajo de ocho horas, un mínimo vital de ocho horas de tiempo libre y la velocidad de desplazamiento de $10\,km/h$, el radio máximo de la distribución de las residencias al centro de trabajo estaría definido por una distancia máxima de $40\,km$. Dentro de este límite establecido, el alcance real del cinturón residencial está determinado por las preferencias de los hogares y la velocidad de desplazamiento. Así, una fuerte preferencia por el tiempo libre se traduciría en un cinturón residencial relativamente

estrecho y denso; por el contrario, una fuerte preferencia por espacio residencial resultaría en un relativamente amplio y menos denso cinturón residencial. Con cualquier forma dada de preferencias, cuanto mayor sea la velocidad de desplazamiento, más amplio y menos denso es el cinturón residencial.

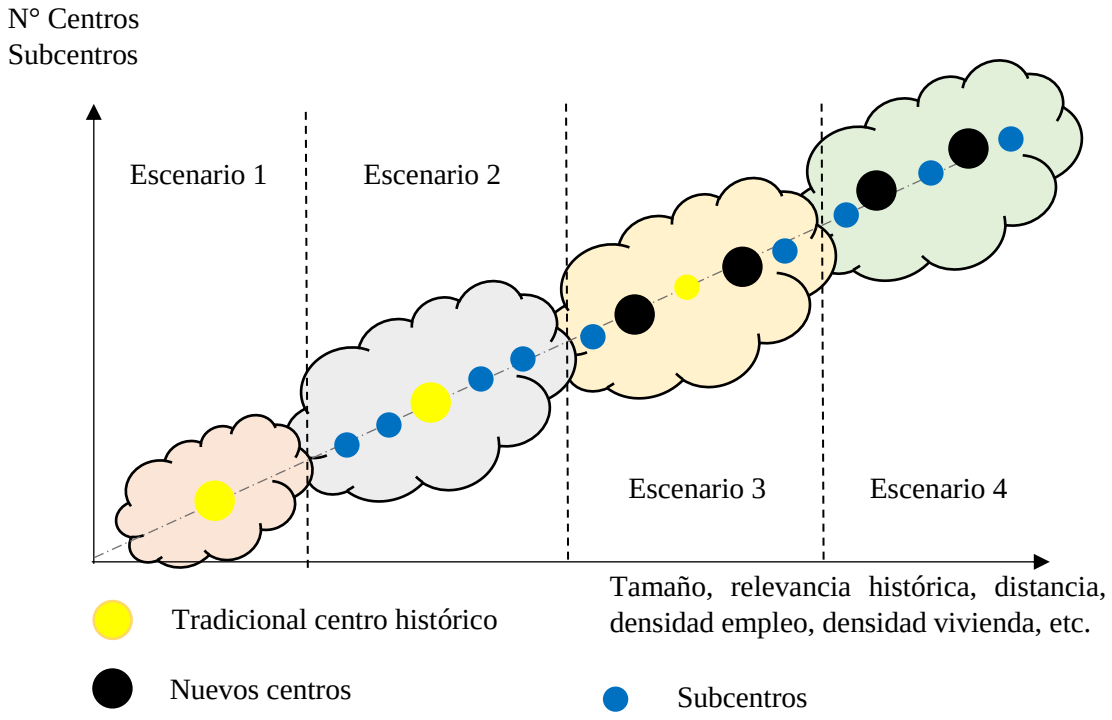
En este sencillo modelo de equilibrio, agentes homogéneos ex ante experimentan a posteriori los resultados heterogéneos, pero en realidad se deriva directamente de incluir el espacio como un factor relevante para la toma de decisiones. Además, el modelo produce cuatro predicciones cualitativas empíricamente comprobables para estructura urbana: un gradiente de densidad de vivienda, un gradiente de densidad de población, un gradiente de valor de la propiedad y un gradiente del precio de venta y renta. A pesar de la competencia perfecta, en equilibrio muchos precios de la vivienda de la unidad coexisten, otro efecto directo de incluir el espacio en el modelo.

Comentario final

La figura 4 muestra que existen posibles escenarios de la configuración de los centros en un área urbana. El primer escenario sería una descripción gráfica del modelo monocéntrico, en el cual, dado el tamaño de la ciudad, la relevancia del centro histórico, las densidades de población, vivienda, empleo, etcétera, se concluye la existencia de un único centro que recopila el mayor flujo de actividades (históricas, gubernamentales, servicios, religiosas, comercio, etc.). Este es el escenario base del cual partimos y en el que se inscriben los postulados del modelo canónico a desarrollar.

El escenario dos, es la fase inicial de transición de un modelo monocéntrico a uno policéntrico, donde apenas se ven los primeros subcentros, que no compiten directamente con el centro histórico convencional (punto amarillo) pero que ayudan a suplir indirectamente la demanda de bienes y/o servicios de los habitantes. El escenario tres representa el caso donde han aparecido nuevos centros del área urbana, y dentro del cual, incluso el centro histórico ha perdido relevancia en comparación con éstos. Finalmente, el escenario cuatro, muestra el caso extremo donde desaparece por completo el centro histórico y se ha generado la reconfiguración total de las actividades entorno a los dos nuevos centros.

Figura 4 Escenarios de transición de un modelo monocéntrico a uno policéntrico.



Fuente: Elaboración propia.

Aunque no se desconoce la existencia de otros posibles arreglos espaciales, en este trabajo se desarrolla el modelo más sencillo posible (monocéntrico) y tan minimalista que ni supone ex ante la existencia de un gradiente de precios de las viviendas.

2.3 Temas principales

El capítulo 2 contextualiza los enunciados principales del modelo monocéntrico propuesto por William Alonso desarrollado en 1964, el cual entre sus principales resultados contempla que el individuo es indiferente en su ubicación en cualquier punto que se encuentre sobre su función "bid-rent", que la disminución marginal de los precios de la vivienda debe ser compensada con el aumento marginal en el costo de desplazamiento, y la existencia de una relación directa y positiva entre el valor de renta y el espacio físico de la vivienda.

Se plantea un modelo canónico propio, que a diferencia del tradicional modelo de Alonso (1964) plantea la existencia de un radio máximo de la ciudad, al igual que incorpora a la población, las viviendas, y el precio por metro cuadrado como determinantes. Las hipótesis que se derivan de este modelo son:

Hipótesis 1: Existe una bonificación de tamaño de la propiedad residencial positivo que disfruta el hogar que se encuentra situado a una distancia mayor del centro, por tanto, existe un gradiente del tamaño de las propiedades residenciales positivo.

Corolario 1: El tamaño de las propiedades residenciales es una función creciente de la distancia al centro, por tanto, existe un gradiente de densidad de vivienda negativo.

Hipótesis 2: Debido a la relación ocio- espacio habitacional, existe una relación negativa entre la densidad poblacional, y la distancia al centro, lo que se verifica por medio de la existencia de un gradiente de densidad poblacional negativo.

Hipótesis 3: El gasto en vivienda (precio por metro cuadrado) es inversamente proporcional a su distancia al centro, lo que indica un gradiente del valor residencial negativo.

Estas hipótesis se abordarán de manera directa en el capítulo 4 y 5.

III. DATOS Y METODOS.

3.1 Descripción de la zona de estudio.

Este trabajo se centra en el área urbana[3] de la Zona Metropolitana de Saltillo (ZMS), que se integra por los municipios de Ramos Arizpe, Arteaga y Saltillo, los cuales se ubican al sureste del estado de Coahuila de Zaragoza. Como se muestra en la gráfica 1 la población urbana de la ZMS se concentra en la intersección de los tres municipios.

La tabla 1, presenta la distribución del área urbana en la ZMS, así el municipio de Arteaga está conformado por un área de 1,619 Km^2de los cuales 9.38 Km^2 equivalente al 0.14% de su área total pertenecen a la zona urbana. Ramos Arizpe cuenta con 6,692 Km^2 de los cuales 28.41 Km^2 (el 1.74% del total de su espacio) corresponden al área de estudio. Del mismo modo, Saltillo posee 5,562 Km^2 donde 193.08 Km^2 son parte de la zona urbana, esto equivale al 3.44% de su área total. De los 14,009 Km^2 que conforman la Zona Metropolitana de Saltillo, el área urbana se compone solo por 230.87 Km^2, equivalente al 1.65% de ésta.

[3] Aquí se tomó la definición de INEGI, presentada en el diccionario de datos del censo de población y vivienda de México 2010, donde se explicita que "Se refiere al espacio físico construido con diversas edificaciones (vivienda, fábricas, edificios, bodegas) e infraestructura de servicios (drenaje, tuberías de agua, tendidos eléctricos); habitan poblaciones mayores de 2,500 personas"

Gráfico 1 Zona Metropolitana de Saltillo, Coahuila, México

Fuente: elaboración propia. Datos INEGI

Al revisar el número de Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEB) definidas por INEGI para el Censo de Población y Vivienda de México en 2010, se tiene que el área urbana de la ZMS posee 396 AGEB, de las cuales 19 pertenecen a el área urbana de Arteaga, 48 a la de Ramos Arizpe y 329 a la de Saltillo.

Tabla 1: Área urbana y número de AGEB en los municipios de Saltillo, Arteaga y Ramos Arizpe en 2010.

Municipio	**Total**	**Área Urbana**	
	Área (Km2)	**Área (Km2)**	**Número de AGEB**
Arteaga	1,619.15	9.38	19
Ramos Arizpe	6,692.50	28.41	48
Saltillo	5,562.30	193.08	329
Zona Metropolitana	**14,009.31**	**230.87**	**396**

Fuente: Elaboración propia, datos del Censo de Población y Vivienda México 2010.

Como se observa en la Tabla 2, la ZMS agrupa el 30% de la población del estado de acuerdo con los datos presentados por el Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía (INEGI) para el año 2010, distribuidos de la siguiente manera: Arteaga con 22,544 habitantes, Ramos Arizpe con 75,461 y Satillo con 725,123.

Del total de habitantes de la ZMS el 95.33% viven en el área urbana, por tanto, desagregando la distribución de la población por municipio se tiene que en Arteaga el 37.5% de los habitantes viven en la zona urbana, en Ramos Arizpe el 88.2% y en Saltillo el 97.9%, lo que implica que la ZMS es predominantemente urbana (ver Tabla 2).

Al revisar las densidades poblacionales por Km^2, en promedio en el municipio de Arteaga deberían vivir 14 habitantes por Km^2, sin embargo, como la distribución no es uniforme se tiene que aproximadamente viven 900 habitantes por Km^2 en el área urbana y 9 habitantes por Km^2 en el área rural. En Ramos Arizpe viven en promedio 2,342 habitantes por Km^2 en el perímetro urbano y 1 en el rural. La varianza es mayor en Saltillo, debido que registra densidades poblacionales de 3,675 personas por Km^2 en la zona urbana y 3 en la rural. Esto

es solo una pequeña muestra de la poca uniformidad de las densidades poblacionales, tema que será abordado en capítulos posteriores.

Tabla 2 Población urbana y rural en la Zona Metropolitana de Saltillo

Municipio	**Población Total**		**Población Área Urbana**	
	Total	**Densidad Poblacional[4]**	**Total (%)**	**Densidad Poblacional[5]**
Arteaga	22,544	13.92	8,446 (37.5%)	900.43
Ramos Arizpe	75,461	11.28	66,554 (88.2%)	2,342.63
Saltillo	725,123	130.36	709,671 (97.9%)	3,675.53
ZMS	**823,128**		**784,671**	

Fuente: Elaboración propia, datos Censo de Población y Vivienda, México 2010.

[4] Media por Km^2
[5] Ibid

3.2 Los datos

De acuerdo con el modelo canónico planteado en este documento, es necesario definir el punto central del área de estudio para poder realizar los análisis descriptivos y econométricos espaciales. Delimitar el centro es una tarea particularmente relevante, dado la necesidad de evaluar el desempeño de éste en la ciudad. Carrión (2010) reconoce que, si todas las centralidades urbanas son históricas, no se puede desconocer que dentro de ellas existen distintos tipos de centralidades que se desprenden de dos elementos diferenciadores; el primero, consiste en definir la centralidad como la equidistancia nacida de una relación que viene de la concentración, la intensidad y la variedad de las funciones centrales. Dentro de ésta Garrocho y Campos (2007), enseñan como los métodos de identificación se pueden clasificar en cinco categorías, 1. Los de doble umbral[6], 2. El de la movilidad[7], 3. La de los picos[8], 4. Los métodos de residuos positivos[9], 5. Los métodos que usan técnicas de econometría espacial.[10]

El segundo elemento diferenciador es el histórico (Carrión, 2010), que se refiere a la acumulación del valor de la historia, que no es otra cosa que la noción de antigüedad que tiene un espacio específico de la ciudad, suponiendo que los centros históricos no pueden entenderse sino en el contexto de la totalidad urbana y de las mutuas e intervinientes relaciones sociales ((Camagni, 2005), (De la Fuente, 2010), (Sánchez, 2013)). Para Carrión (2010) es difícil entender el comportamiento urbano en México desconociendo la relevancia del centro histórico que contiene valores simbólicos provenientes de las actividades políticas (asiento del Estado nacional), económicas (centro comercial), culturales (iglesias) y sociales (trama social), disputados por nuevas centralidades que pueden estar en desarrollo.

---

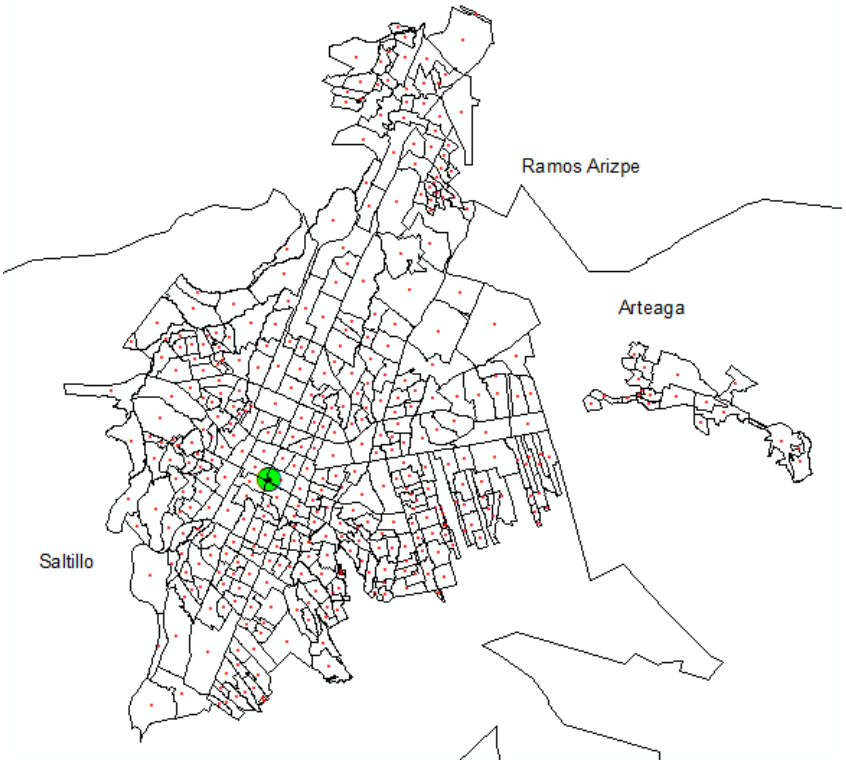
[6] Utilizan dos umbrales de referencia, uno vinculado a la magnitud del empleo y el otro vinculado a la densidad del empleo.
[7] Fundado en el análisis de los datos de los flujos de trabajadores a ciertas áreas de la ciudad o la densidad de la generación de viajes.
[8] Identifica unidades especiales que tienen una mayor densidad de empleo o una tasa de empleo de la población residente, superior a las de sus áreas vecinas y luego se considerarán subcentros de empleo.
[9] Consisten en identificar las áreas de la ciudad que tienen residuos positivos calculados a partir de una función de densidad de empleo, o incluso, mediante una combinación de métodos paramétricos y no paramétricos.
[10] 5. Por ejemplo, el índice de autocorrelación de Moran o el índice de correlación espacial local- para identificar áreas de la ciudad cuya concentración de empleo es atípicamente elevada.

Este trabajo usa el diferenciador histórico para definir el centro del área urbana de la ZMS, aquí se toma la “Antigua Presidencia Municipal de Saltillo” o el histórico “Palacio de Gobierno” con coordenadas geográficas (25.42223, -101.00006), como punto central del área urbana.

Las fortalezas de tomar este punto en el centro histórico son que no se requiere definir otros tipos de centros, ya que esto en sí puede ser otro trabajo de investigación; existen limitantes de tiempo y recursos (base de datos, recursos físicos y recursos financieros); no es uno de los objetivos centrales del trabajo sino un supuesto a priori. Sin embargo, puede ser un tema cuestionado ya que no existe un método de identificación basado en variables de concentración, intensidad, entre otros.

Partiendo del establecimiento del punto central del área urbana se realizó el cálculo de las distancias en kilómetros lineales de cada una de las AGEB´s al centro propuesto, para lo cual fue necesario el cálculo de cada uno de los centroides (punto central de cada polígono AGEB), esto se muestra en la gráfica 2 donde el punto verde representa el centro del área urbana de la ZMS y los puntos rojos representan cada centro del AGEB i

Gráfico 2 Centro del área urbana de la ZMS y centroides de los AGEB´s.



Fuente: elaboración propia. Software R.

Una vez realizado esto se incorpora una nueva variable de análisis definida como la distancia de cada AGEB al centro del área urbana.

Los datos de Habitantes por Hectárea, Vivienda Total por Hectárea y Vivienda Habitada por Hectárea, se obtuvieron de información procesada del Censo de Población y Vivienda en México para el año 2010 desagregado en Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEB)

La Tabla 3 presenta las estadísticas descriptivas de dichas variables, donde se enseña que existe presencia de AGEB vacías (Valor mínimo), como AGEB en las cuales existe amplio porcentaje de viviendas no habitadas, al revisar como en algunas se registran 110 casas aproximadamente, de las cuales solo 51 se encuentran habitadas.

Al revisar la dispersión entre los valores de la media y mediana con respecto a los del tercer cuartil y valor máximo, se observa un sesgo positivo (asimetría a la derecha) para las variables de Habitantes por Hectárea y Viviendas Habitadas por Hectárea.

Tabla 3 Estadísticas descriptivas de las variables de interés en el estudio.

Área Urbana ZMS	**Habitantes por Hectárea**	**Vivienda Total por Hectárea**	**Vivienda Habitada por Hectárea**
Mínimo	0.00	0.00	0.00
1er Cuartil	17.00	6.13	4.43
Mediana	50.67	18.67	13.67
Media	59.76	16.03	15.12
3er Cuartil	96.17	28.07	23.71
Máximo	213.24	110.43	51.09

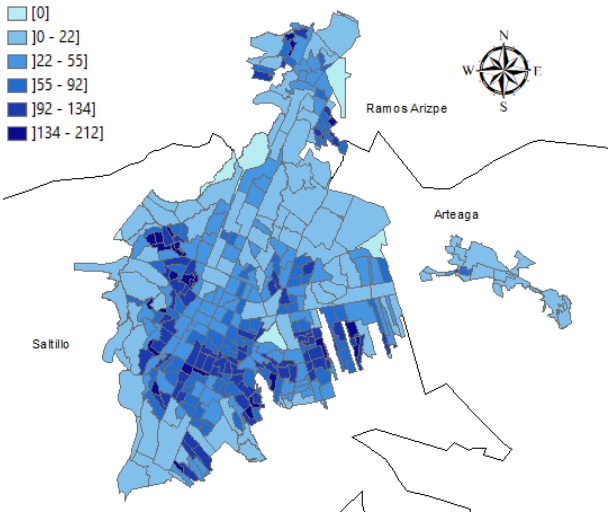
Fuente: Elaboración propia, datos del Censo de Población y Vivienda México 2010.

De acuerdo con la gráfica 3 es claro que no es homogénea la distribución de los habitantes por hectárea del área urbana en la Zona Metropolitana de Saltillo (ZMS), pues se observa una gran concentración poblacional en la parte centro del área urbana del municipio de Saltillo, donde se encuentran entre 117 y 211 personas por hectárea, similar a la densidad poblacional que se observa en la parte norte de la ZMS, correspondiente al centro del área urbana del municipio de Ramos Arizpe.

Se observa que alrededor de las mayores densidades urbanas se encuentran AGEB con poblaciones inferiores a los 23 habitantes por hectárea, especialmente al Sur del área urbana de la ZMS y en la parte norte del municipio de Saltillo, que interconecta con el Sur del municipio de Ramos Arizpe.

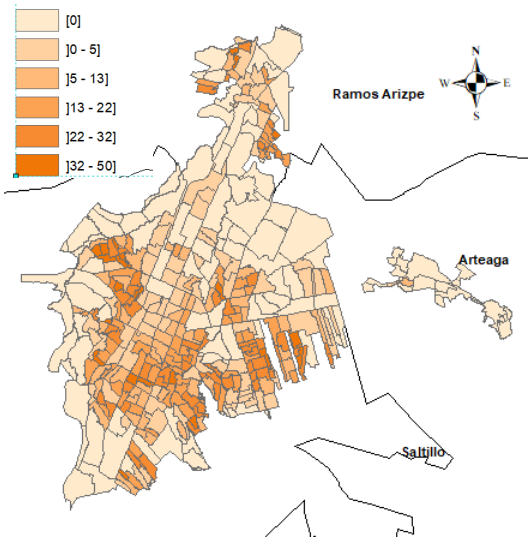
Las Viviendas Habitadas por Hectárea (Gráfica 4) presentan patrones de concentración similares a los vistos en la variable de Habitantes por Hectárea, pero es interesante observar la dispersión de los datos, ya que existen AGEB con 5 viviendas por hectárea y otros hasta con 50, lo que podría implicar que existe un amplio desaprovechamiento del espacio urbano, pero es un tema que no se aborda en el presente trabajo.

Gráfico 3 Habitantes por hectárea en la zona metropolitana de Saltillo en 2010.



Fuente: elaboración propia. Software R.

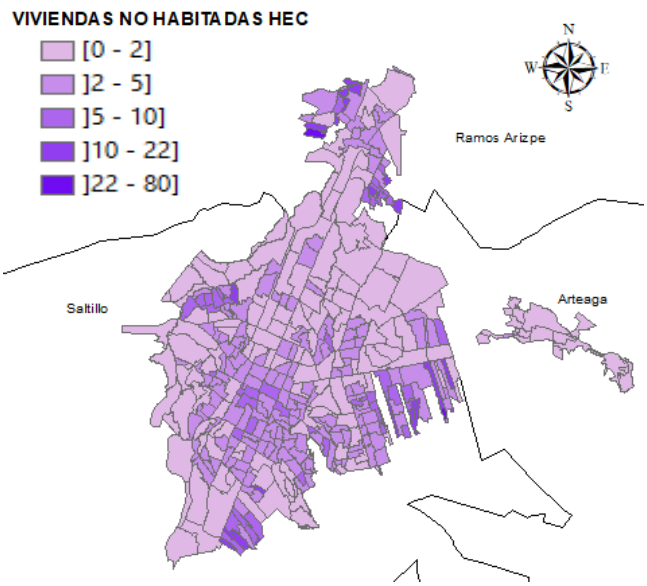
Gráfico 4 Viviendas habitadas por hectárea en la zona metropolitana de Saltillo 2010.



Fuente: elaboración propia. Software R.

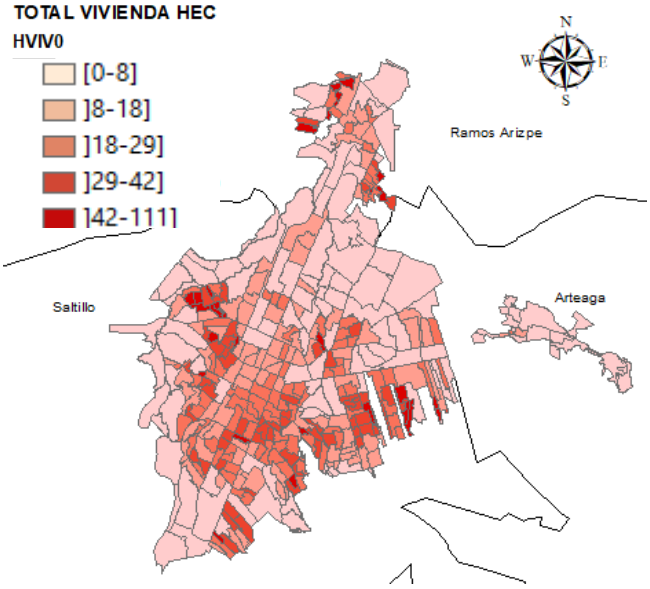
Las gráficas 5 y 6 presentan las Viviendas Totales Construidas y las Viviendas no Habitadas por Hectárea, se observa una mayor dispersión en los datos existiendo AGEB con 7 Viviendas Totales por Hectárea y hasta 110 viviendas por hectárea, al compararlo con los datos de Viviendas no Habitadas por Hectárea enseña la presencia de un amplio número de lotes baldíos justo en las mismas AGEB´s que en las gráficas 3 y 4, presentan mayor número de Población y Viviendas Habitadas por Hectárea.

Gráfico 5 Viviendas por hectárea no habitadas



Fuente: elaboración propia. Software R.

Gráfico 6 Total viviendas por hectárea



Fuente: elaboración propia. Software R.

Con el objetivo de tener información acerca de los precios de las viviendas y sus valores de renta, se realizó la captura de datos de la página WWW.REMAX.COM.MX, entre el 1 de enero de 2018 y 31 de marzo de 2018, permitiendo la recolección de 206 observaciones para el área urbana de la ZMS.

Se escogió esta fuente de datos por las siguientes razones:

- RE/MAX es la marca inmobiliaria que más vende bienes raíces en México y el mundo.
- Conoce muy bien el mercado mexicano, esto se argumenta con la existencia de más de 120 sucursales en México.
- Lleva más de 25 años en el mercado mexicano, lo que da muestra de la estabilidad y confiabilidad que se deposita en esta empresa.
- Maneja uno de los tiempos de venta y renta mas cortos del mercado, debido que trata de poner el precio mínimo al que se pueda adquirir una propiedad.

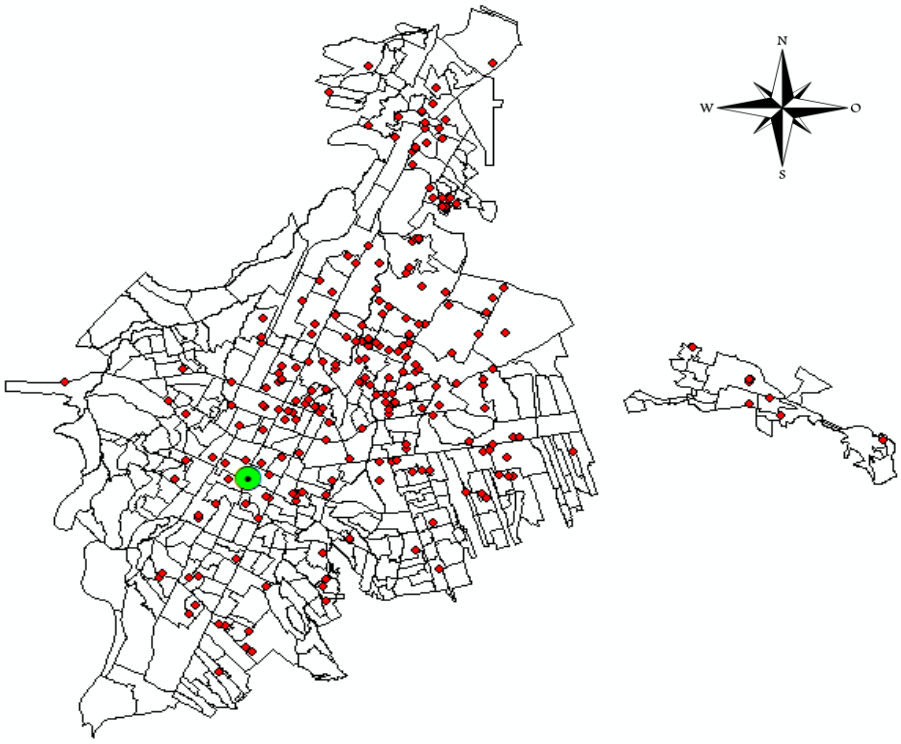
Sin embargo, esto puede ocasionar algunas desventajas como lo son:

- Sesgo en la selección de la base de datos.
- Sesgo de exclusión: Excluir un grupo de propiedades que la pagina posiblemente no estén dispuestos a agenciar.

No obstante, dado las limitantes de tiempo y fuentes comparables, se decidió tomar a WWW.REMAX.COM.MX como la fuente primaria de datos.

La gráfica 7, muestra los puntos donde se ubican cada una de las observaciones recolectadas.

Gráfico 7 Observaciones recolectadas entre 1 de enero de 2018 y 31 de marzo de 2018, para el área urbana de la ZMS.



Fuente: Elaboración propia, Software R.

Las tablas 4 y 5 presentan un resumen estadístico de los datos recolectados, desagregados en valores de venta o de renta, respectivamente. Se logra observar que existe gran heterogeneidad en los precios de venta de casas en el área urbana de la ZMS, como se muestra hay casas cuyo valor mínimo va de los setenta y siete mil trecientos pesos hasta los diecisiete millones de pesos. O casas con valores del metro cuadrado de trecientos sesenta y siete pesos hasta los diecinueve mil trecientos cuarenta y cinco pesos.

Tabla 4 Estadísticas descriptivas de los datos recolectados, Precio de Venta de las Casas en la ZMS.

Precio de Venta						
Variable	**Unidad de Medida**	**Obs**	**Media**	**Desviación Estándar**	**Min**	**Max**
Precio	Pesos Mexicanos	113	$2,654,631	$2,575,152	$77,300	$17,000,000
Precio por Metro Cuadrado	Pesos Mexicanos	113	$9,093	$3,349	$367	$19,345
Metros cuadrados	Metros cuadrados	113	341.1391	440.4	73	2994.05
Distancia	Kilómetros	113	6.952	5.268	0.6	36.92
Log Natural Precio	Unidad	113	14.476	0.802	11.26	16.65
Log Natural Precio por Metro Cuadrado	Unidad	113	9.005	0.581	5.91	9.87
Log Natural Metros cuadrados	Unidad	113	5.471	0.736	4.290	8.004

Fuente: elaboración propia.

Tabla 5 Estadísticas descriptivas de los datos recolectados, Precio de Renta de las Casas en la ZMS.

Precio de Renta						
Variable	**Unidad de Medida**	**Obs**	**Media**	**Desviación Estándar**	**Min**	**Max**
Precio	Pesos Mexicanos	93	$17,704	$10,524	$4,000	$55,000
Precio por Metro Cuadrado	Pesos Mexicanos	73	$92	$101	$4	$746
Metros cuadrados	Metros cuadrados	73	381.99	503.4	20	3900
Distancia	Kilómetros	93	5.763	3.395	0.580	15.200
Log Natural Precio	Unidad	93	9.624	0.562	8.29	10.92
Log Natural Precio por Metro Cuadrado	Unidad	73	4.234	0.729	1.348	6.614
Log Natural Metros cuadrados	Unidad	73	5.487	0.957	2.996	8.269

Fuente: elaboración propia.

Los datos hasta el momento muestran una amplia heterogeneidad en la distribución de las variables de interés, esto puede ser un preámbulo para que el lector intuya que pueden existir posibles arreglos espaciales (clúster), los cuales se relacionan directamente con las hipótesis de trabajo explicitas en acápites previos.

3.3 Definición de contigüidad y pesos espaciales.

La matriz de contigüidad representa las relaciones de vecindad presentes en un conjunto de observaciones espaciales, según algún criterio. Siguiendo la propuesta de Moran y Geary, basada en la noción de contigüidad entre polígonos espaciales, contigüidad de primer orden, cada relación entre dos objetos tomará el valor de uno en caso de que exista vecindad y de cero en caso contrario (LeSage & Krivelyova , 1998). En otras palabras, la matriz de contigüidad es aquella en la que se plasman los tipos de relación de un objeto espacial, colocando valores de uno cuando existe contigüidad y cero en los otros casos. Las conceptualizaciones comunes incluyen distancia inversa, tiempo de viaje, distancia fija, vecinos K más próximos y contigüidad.

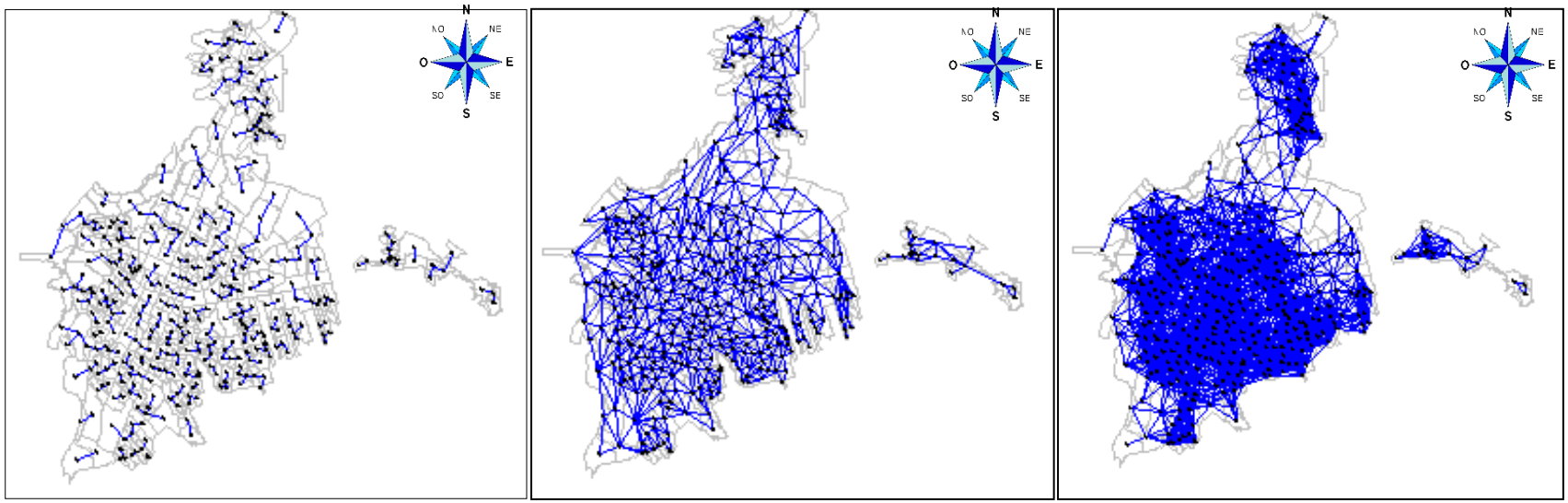
En este documento se realiza la exploración de tres tipos de matrices de contigüidad, las cuales son:

- **Continuidad del vecino más cercano (K=1),** la cual representa una relación de contigüidad de $Ageb_i$ con la $Ageb_j$ siempre que estos sean los AGEB´s más cercanos. $\forall\ i, j\ \epsilon\ [1 - 396]$.
- **Contigüidad tipo Queen**, la cual representa una relación de contigüidad de $Ageb_i$ con la $Ageb_j$ siempre que estos se toquen en algún punto del polígono. $\forall\ i, j\ \epsilon\ [1 - 396]$.
- **Contigüidad de distancia mínima,** este tipo de contigüidad se define al calcular la mínima distancia entre todas las relaciones de las $Ageb_i$ con la $Ageb_j$ $\forall\ i, j\ \epsilon\ [1 - 396]$, para posteriormente encontrar el valor de la distancia máxima entre las mínimas, estableciéndola como el radio de influencia γ, así todo polígono que toque o esté dentro del radio de influencia γ para cada una de las AGEB´s tomará valor de 1 y cero en los demás casos.

Para todas estas matrices realiza una normalización por filas con el objeto de crear las matrices de pesos espaciales que se utilizarán en las siguientes secciones.

Gráfico 8 Tipos de matrices de contigüidad usadas en el área urbana de la Zona Metropolitana de Saltillo, forma gráfica.

A) Vecino más cercano B) Contigüidad tipo Queen C) Distancia mínima.



Fuente: Elaboración propia, Software R.

3.4 Autocorrelación espacial.

La correlación espacial es la característica según la cual la presencia de una determinada cantidad o calidad de la variable estudiada en una determinada zona o región hace más o menos probable su presencia en las zonas o regiones vecinas (Anselin, Local Indicators of Spatial Association-LISA, 1995) (Goodchild, 2008). A continuación, se presenta una medida de autocorrelación espacial conocida como el Índice de Moran que, aunque no es la única medida para la autocorrelación espacial ya que existen otras como la C de Geary, es la más utilizada ya que como afirma Goodchild (2008) el I de Moran es, esencialmente, el coeficiente de correlación de Pearson con una matriz de pesos definida por el usuario que mantiene el rango entre -1 y 1.

La estructura de I de Moran es la siguiente:

$$I = \frac{N}{\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N} w_{ij}} \frac{\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N} w_{ij}\ (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^{N} w_{ij}\ (x_i - \bar{x})^2} \quad i \neq j \qquad \textbf{14)}$$

Donde

x_i es la observación correspondiente a la región i de la variable;

w_{ij} son los pesos de la matriz de contactos W

N es el tamaño de muestra.

Esta herramienta mide la autocorrelación espacial basada en las ubicaciones y los valores de determinada zona o región simultáneamente. Dado un conjunto de zonas y un atributo asociado, evalúa si el patrón expresado está agrupado, disperso o es aleatorio.

Un avance más reciente es el reconocimiento de que la autocorrelación espacial está sujeta a la heterogeneidad espacial que reconoce la unicidad intrínseca de cada observación espacial. Así, el análisis de correlación espacial global o patrón global de asociación espacial (I de Moran) produce solo un estadístico para analizar el área de estudio en su conjunto. En otras

palabras, en tanto que el análisis global asume homogeneidad, y esa suposición no se cumple, entonces contar solo con un estadístico no tiene sentido al analizar el espacio. Pero, al margen del indicador global (si hay correlación global o no), todavía es posible encontrar aglomeraciones a nivel local, mediante la correlación espacial local.

El análisis local se basa en la expectativa de que cualquier modelo o teoría en las ciencias sociales no cuenta perfectamente los fenómenos que se describen. Esto se debe a que los modelos aplicados en las ciencias sociales no encajan con perfección, de manera que los resultados obtenidos dependen explícitamente de los límites del área de estudio y serán diferente si ésta es modificada. Por tanto, Moran establece que la suma de los productos cruzados individuales puede ser explorada por "indicadores locales de asociación espacial" (LISA) para evaluar la agrupación en las unidades individuales, a través del cálculo del I local de Moran para cada unidad espacial y la evaluación de la significancia estadística para cada Ii (Anselin, Local Indicators of Spatial Association-LISA, 1995).

$$I_i = \frac{z_i}{m_2} \sum_j w_{ij} z_i I_i \qquad \textbf{15)}$$

Donde

$$m_2 = \frac{\sum_i z_i^2}{N} \qquad \textbf{16)}$$

Por tanto,

$$I_i = \sum_i \frac{I_i}{N} \qquad \textbf{17)}$$

De los cuales:

I_i = Índice de Moran para cada unidad espacial;

I = Índice de Moran local;

z_i=Valor de la variable normalizada de la región i;

z_j=valor de la variable normalizada de las regiones vecinas j;

w_{ij}= pesos de la matriz de contactos W (un contacto toma el valor de 1 cuando dos AGEB se tocan y cero en los demás casos)

3.5 Temas principales

Esta sección abordó el análisis estadístico descriptivo de las variables de interés en el trabajo. Se muestran aparentes relaciones gráficas que reflejan menores densidades poblacionales hacia la periferia del núcleo urbano de la Zona Metropolitana de Saltillo, tanto para la variable de habitantes por hectárea como para la de viviendas (totales y habitadas) por hectárea. Del mismo modo se presentan relaciones de contigüidad espacial, las graficas 3, 4 y 6, presentan "clúster´s" lo cual será tratado en el siguiente capítulo. Comprobar las relaciones aquí expuestas son fundamentales de acuerdo al modelo canónico planteado, ya que se ligan de manera directa con el corolario 1 y la hipótesis 2, donde a medida que disminuye la densidad poblacional hacia la periferia, también cae la densidad de viviendas.

Respecto a los precios de venta y renta se presenta la existencia de gran heterogeneidad en sus valores, lo que se revisará con más detenimiento en el capitulo 5, ya que el comportamiento de estas variables se liga directamente a las hipótesis 1 y 3, las cuales plantean que el número de metros cuadrados incrementa con la distancia, al igual que el precio por metro cuadrado, debido al trade-off que existe entre la pérdida de bienestar de ubicarse más lejos del centro y la recompensa que se tiene en espacio físico para vivir.

Finalmente, se presentan los tipos de matrices de contigüidad espacial y la descripción de la medida global y local de asociación espacial, que son insumos metodológicos para desarrollar en el capítulo 4.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Autocorrelación espacial en el área urbana de la Zona Metropolitana de Saltillo (ZMS)

Se realizó el cálculo del índice de Moran con las variables de habitantes y viviendas totales y viviendas habitadas por hectárea, esto por los siguientes motivos:

1. Se tiene información para todas las AGEB urbanas.
2. Son un indicador de la concentración espacial de los habitantes del área urbana de la ZMS.
3. Puede expresar si existe algún tipo de relación en términos de densidades de habitantes.

La tabla 6 muestra los resultados de los I Moran Global para las tres variables de interés teniendo en cuenta los tres diferentes tipos de matrices de pesos espaciales, en todos los casos se tiene que son significativos y positivos, lo que lleva a concluir que existe evidencia de que la agrupación de AGEB o los clústering no son resultado de un proceso aleatorio (Ver anexo 1, 2 y 3. Mapas de Moran Global)

Tabla 6 Resultados del Índice Global de Moran para las variables de interés en el área urbana de la ZMS, 2010.

Contigüidad vecino más cercano.	**Habitantes por hectárea**	**Viviendas Totales por hectárea**	**Viviendas Habitadas por hectárea**
Índice de Moran	0.558	0.508	0.542
Índice esperado	-0.002	-0.002	-0.002
Varianza	0.003	0.003	0.003
p-valor	0.000	0.000	0.000
Tipo Queen	**Habitantes por hectárea**	**Viviendas Totales por hectárea**	**Viviendas Habitadas por hectárea**
Índice de Moran	0.482	0.441	0.4693
Índice esperado	-0.002	-0.002	-0.002
Varianza	0.000	0.001	0.001
p-valor	0.000	0.000	0.000
Distancia mínima.	**Habitantes por hectárea**	**Viviendas Totales por hectárea**	**Viviendas Habitadas por hectárea**
Índice de Moran	0.289	0.244	0.283
Índice esperado	-0.002	-0.002	-0.002
Varianza	0.000	0.000	0.000
p-valor	0.000	0.000	0.000

Fuente: Software R, datos del Censo de Población y Vivienda México 2010.

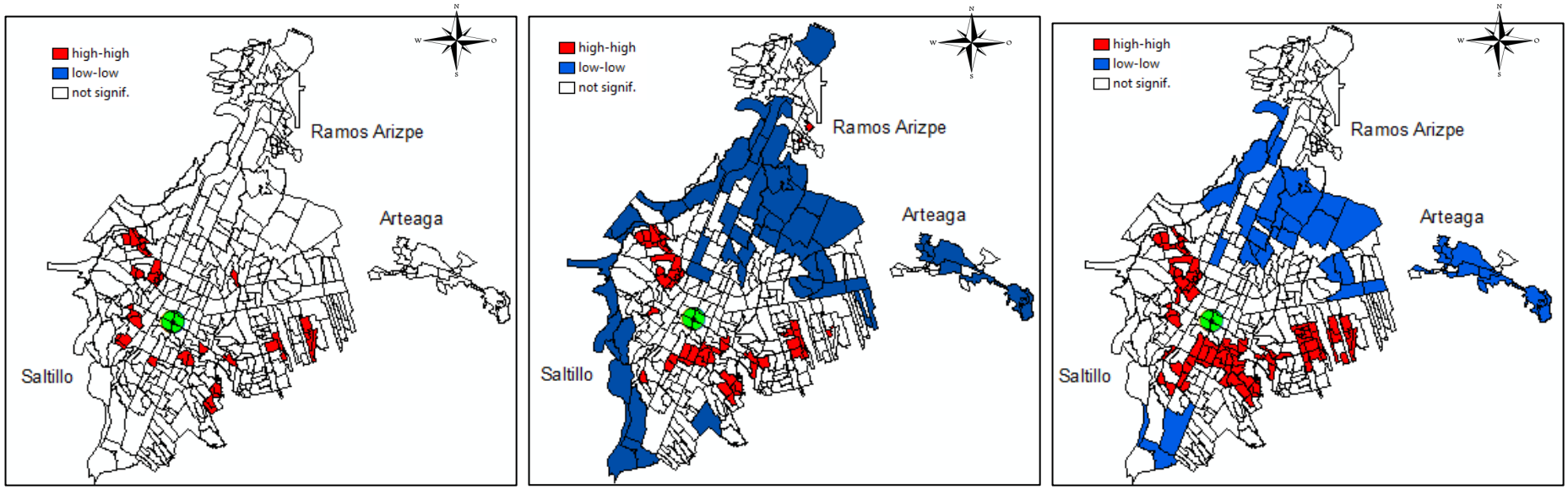
Los resultados presentados del índice de Moran local se han calculado con un nivel de significancia del 5% (ver graficas 9, 10 y 11), llama la atención el número de clúster que aparecen tanto de altas y bajas densidades, al cambiar el tipo de matriz de contigüidad usada.

Con el uso de la matriz del vecino más cercano (K=1) solo aparecen clúster de altas densidades (High-High), debido posiblemente a la existencia de un único vínculo de conectividad por AGEB. Caso especial, la variable de Vivienda Total por Hectárea donde aparece un clúster de alta densidad de viviendas rodeado de AGEB´s de baja densidad (Low-High).

Sobresale el hecho que al usar una matriz más interconectada (Matriz de distancia mínima) se obtengan menos clúster que al implementar una matriz tipo Queen. Existe una concentración de clúster High-High en el centro del área urbana de la ZMS que en comparación con las gráficas 3, 4 y 5 son los que presentan mayores densidades de habitantes y viviendas por hectárea. En contraste, a medida que se incrementa la distancia con respecto al centro (punto verde grafica 9, 10 y 11) aparece mayor número de clúster Low-Low. También, al contrastar estos resultados con los del Índice de Moran Global (Tabla 6), son los que presentan menor valor del índice, lo que representa que el análisis LISA captura mejor las relaciones de los clústeres de bajas densidades en este caso de estudio.

Gráfico 9 Análisis LISA para los Habitantes por Hectárea, área urbana de la Zona Metropolitana de Saltillo, de acuerdo con la matriz de contigüidad elegida.

A) Vecino más cercano B) Contigüidad tipo Queen C) Distancia mínima.



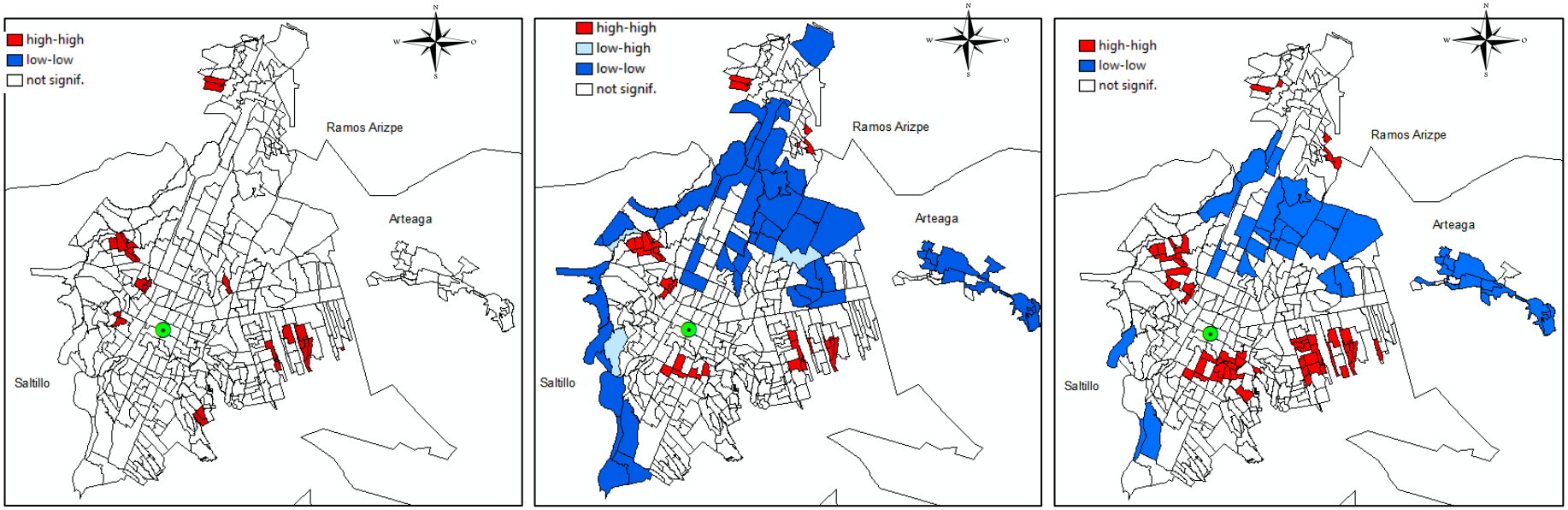
Fuente: Elaboración propia, Software R.

Nota 1: El punto verde denota el centro del área urbana de la Zona Metropolitana de Saltillo.

Nota 2: Anexo 4, gráfico de Pvalue- análisis LISA, variable Habitantes por hectárea.

Gráfico 10 Análisis LISA para las Viviendas Totales por Hectárea, área urbana de la Zona Metropolitana de Saltillo, de acuerdo con la matriz de contigüidad elegida.

A) Vecino más cercano B) Contigüidad tipo Queen C) Distancia mínima.



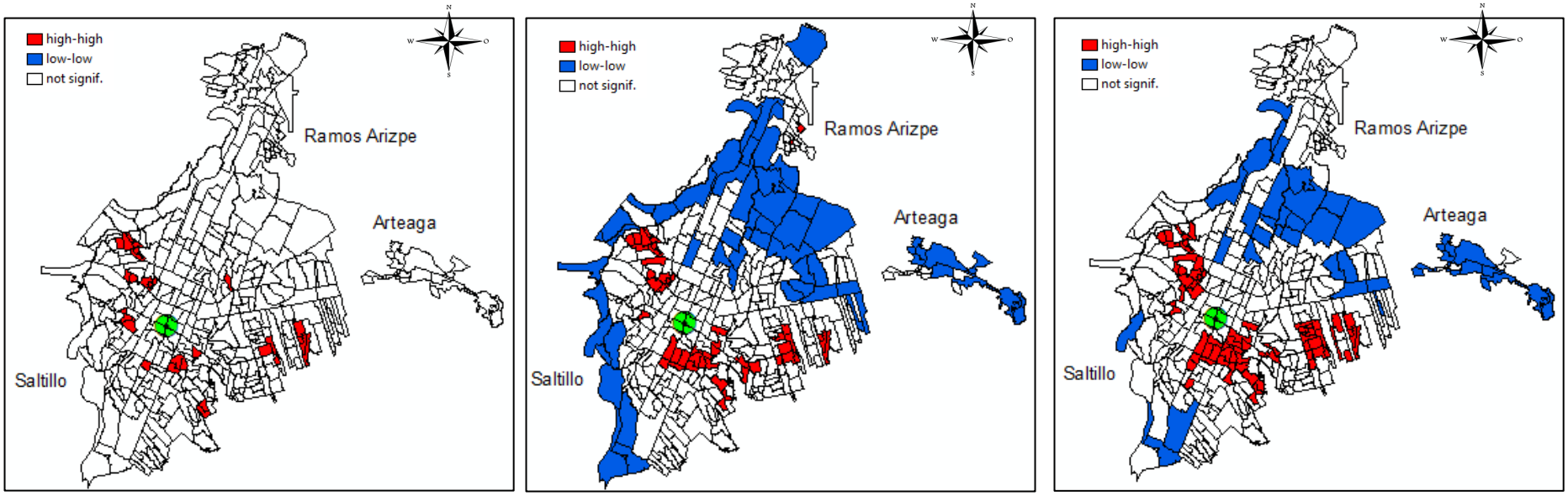
Fuente: Elaboración propia, Software R.

Nota 1: El punto verde denota el centro del área urbana de la Zona Metropolitana de Saltillo.

Nota 2: Anexo 5, gráfico de Pvalue- análisis LISA, variable Vivienda Total por hectárea.

Gráfico 11 Análisis LISA para las Viviendas Habitadas por Hectárea, área urbana de la Zona Metropolitana de Saltillo, de acuerdo con la matriz de contigüidad elegida.

A) Vecino más cercano B) Contigüidad tipo Queen C) Distancia mínima.



Fuente: Elaboración propia, Software R.

Nota 1: El punto verde denota el centro del área urbana de la Zona Metropolitana de Saltillo.

Nota 2: Anexo 6, gráfico de Pvalue- análisis LISA, variable Vivienda Habitada por hectárea.

Los resultados gráficos obtenidos aportan evidencia empírica en relación con la ***hipótesis 2*** y el ***corolario 1***, ya que reflejan una relación decreciente, en términos de densidades de habitantes y viviendas (totales y habitadas), en torno al centro del área urbana de la ZMS.

En síntesis, hasta el momento se ha mostrado la presencia significativa de los colectivos urbanos, que no se han ubicado de forma aleatoria, lo cual es evidencia empírica de la existencia de hotcold-spots en la denominación de Anselin (1995). Son pruebas significativas de una distribución no aleatoria de los habitantes y las viviendas (total y habitada) por hectárea en el área urbana de la ZMS, y la evidencia empírica necesaria para la siguiente sección, donde se desarrollan diferentes contrastes econométricos en pro de las hipótesis planteadas aquí.

4.2 Análisis econométrico

Anselin (1988, 1990) y LeSage (1999), sugieren que uno de los primeros pasos a seguir para realizar análisis espaciales es correr modelos lineales por el método de mínimos cuadrados ordinarios, en este caso, con el fin de observar si existe evidencia de algún tipo de gradiente negativo de las variables de interés (***Hipótesis 2 y Corolario 1)***, respecto a la distancia al centro del área urbana de la ZMS (Punto Verde Gráficos 9, 10 y 11).

Las regresiones propuestas son las siguientes:

En primer lugar, se plantea una forma funcional lineal definida en la ecuación 18:

$$Y = b_0 + b_1 DistanciaCentro + \varepsilon \qquad \textbf{18)}$$

En segundo lugar, se tiene una forma funcional semilogarítmica definida en la ecuación 19:

$$\ln(Y) = \ln(\gamma_0) + \gamma_1 DistanciaCentro + \varepsilon \qquad \textbf{19)}$$

Donde

Y: Son los Habitantes por hectárea y las Viviendas (totales y habitadas) por hectárea.

$DistanciaCentro$: Es la distancia de cada AGEB al centro, medida en kilómetros lineales.

ε: Termino de error.

La tabla 7 presenta una serie de resultados interesantes entorno a la hipótesis 2 y el corolario 1. Primero, en el caso de ambas ecuaciones la variable de distancia al centro tiene el signo esperado, predicho en la hipótesis, y es significativo. Segundo, para el caso de la ecuación 18 se tiene que el poder explicativo oscila entre un 3 y 9%; mientras que en la ecuación 19 sube casi 6 puntos porcentuales, teniendo un R cuadrado de 14% cuando la variable dependiente es logaritmo natural de los habitantes por hectárea y 7% cuando es el logaritmo natural de las viviendas totales por hectárea.

Tercero, llama la atención que en ambos casos (ecuación 18 y 19), los ajustes de los modelos calculados con la variable de viviendas habitadas por hectárea están casi 6 puntos porcentuales por encima de los resultados usando la variable de viviendas totales por hectárea. Esto ocurre posiblemente porque son sobre las viviendas habitadas por hectárea las que realmente podrían estarse capturando en el modelo, ya que son las aptas para ser habitadas y participar en la curva de demanda, mientras que la variable de viviendas totales por hectárea captura información de viviendas que no pueden ser usadas en su mayoría por las condiciones físicas o legales, sin embargo, esto puede ser un tema de amplia discusión en futuras investigaciones y que este documento no aborda.

Cuarto, cuando se realiza la prueba de heterocedasticidad en cada uno de los modelos (Breusch-Pagan Test), se concluye que en el modelo lineal (ecuación 18) para las variables de población y vivienda habitada por hectárea, no hay evidencia de varianza única (constante), que guarda relación directa con lo encontrado al realizar el análisis LISA para cada variable, y posiblemente es generado por procesos de autocorrelación espacial que son capturados por los términos de error. Sin embargo, cuando se realiza el mismo análisis para el modelo semilogarítmico (ecuación 19) al parecer se suaviza la serie lo suficiente, llegando a la homogeneidad de la varianza.

Tabla 7 Resultados regresiones por el método de mínimos cuadrados ordinarios.

Variable dependiente	**Ecuación 18**			**Ecuación 19**		
	Habitantes por Hectárea	**Viviendas Total por Hectárea**	**Viviendas Habitada por Hectárea**	**Log Nat Habitantes por Hectárea**	**Log Nat Viviendas Total por Hectárea**	**Log Nat Viviendas Habitada por Hectárea**
Distancia KM	-3.43***	-0.63***	-0.86***	-0.14***	-0.10***	-0.12***
Des.Sta	0.56	0.18	0.14	0.01	0.01	0.01
T	-6.05	-3.51	-6.12	-7.95	-5.79	-7.50
Intercepto	82.1***	22.8***	20.7***	4.4***	3.0***	2.9***
Des.Sta	4.36	1.394	1.081	0.135	0.144	0.127
T	18.82	16.37	19.18	32.70	20.94	23.61
R Cuadrado	0.085	0.030	0.087	0.14	0.08	0.13
R Cuadrado Ajustado	0.083	0.028	0.084	0.13	0.07	0.12
AIC[11]	4,157	3,254	3,052	1,357	1,435	1,295
BIC[12]	4,165	3,262	3,060	1,365	1,443	1,303
F[13]	36.6***	12.3***	37.5***	63.1***	33.5***	56.2***
Breusch-Pagan test	0.00	24.96***	0.31	55.61***	38.30***	40.30***
***$p < 0.001$, **$p < 0.01$, *$p < 0.05$						

Fuente: Software R. Datos Censo de Población y Vivienda, INEGI 2010.

[11] Criterio de información de Akaike (AIC)
[12] Criterio de información bayesiano (BIC)
[13] Valor función F, en la prueba de significancia global del modelo.

Revisando los posibles efectos que tiene la presencia de rezagos espaciales sobre el modelo, la primera variación que se presenta es la estimación de un modelo espacial autorregresivo de primer orden (FAR), la utilidad de este modelo radica en que permite capturar por medio de una única variable, la influencia de los individuos $i - esimos$ sobre el individuo $j - esimo$, capturando su posición en el espacio. En otras palabras, se captura los procesos de autocorrelación espacial que se dan sobre la variable endógena.

El modelo se define de la siguiente manera:

$$Y = b_0 + \lambda WY + \varepsilon \qquad \textbf{20)}$$

$$\varepsilon \sim N(0, \sigma^2 I_n)$$

Donde:

Y: Son los Habitantes y las Viviendas Totales y Habitadas por hectárea, y el logaritmo natural de estas mismas.

W: Es la matriz de ponderadores espaciales.

ε: Termino de error.

La tabla 8 presenta los resultados de la estimación del modelo autorregresivo de primer orden de la variable Habitantes por Hectárea y Vivienda (Total y Habitada) por Hectárea, y sus respectivos valores en logaritmos naturales, teniendo en cuenta las tres matrices de ponderaciones espaciales propuestas.

Es importante rescatar que todos presentan un coeficiente Lambda positivo y mayor cuando se usan las matrices tipo Queen y de distancia mínima, siendo casi el doble del reportado cuando se usa la matriz de vecino más cercano. Al revisar los coeficientes Lambda siempre son mayores para la variable de Población, seguido de la Vivienda Habitada, por último, las Viviendas Totales por Hectárea (lo mismo con los logaritmos naturales). El coeficiente Lambda genera un efecto multiplicador espacial que se diluye con la distancia al centro por la vía del efecto fijo e introduce un patrón heterocedástico inducido por la estructura del

modelo, capturando el grado de la dependencia espacial, lo que ya se había presentado en la tabla 6. Esto tiene sentido ya que se relaciona de forma directa a los resultados obtenidos con el I Moran Local, y como explica Elhorst et al (2010) los cambios en el número de relaciones de dependencia en el análisis econométrico espacial pueden tener efectos notorios en los coeficientes de estimación, por ende, el investigador debe tener especial cuidado en la definición de una matriz de ponderadores espaciales "correcta" de acuerdo con sus criterios de estudio.

Al revisar el criterio de máxima verosimilitud (Log Likelihood) y de información de Akaike (AIC), el modelo FAR ajusta mejor para las variables de estudio, al igual que los logaritmos neperianos, cuando se usa una matriz de contigüidad tipo Queen. Al revisar el valor del coeficiente Lambda usando la matriz de contigüidad tipo Queen, los resultados de los Habitantes y las Viviendas (Totales y Habitadas) por Hectárea (y sus logaritmos) en cada una de las AGEB está determinada en un 72%, 66% y 70% (67%, 63% y 66%) por la concentración de dichas variables, respectivamente en las AGEB vecinas.

Tabla 8 Resultados regresión del modelo espacial autorregresivo de primer orden (FAR).

Sección a) Variables sin transformación.

Habitantes por Hectárea	**Tipo de matriz de contigüidad**			**Vivienda Habitada por Hectárea**	**Tipo de matriz de contigüidad**			**Vivienda Total por Hectárea**	**Tipo de matriz de contigüidad**		
	K=1	**QUEEN**	**Distancia Mínima**		**K=1**	**QUEEN**	**Distancia Mínima**		**K=1**	**QUEEN**	**Distancia Mínima**
Estímate	53.08***	67.20***	52.41***	**Estímate**	13.51***	16.92***	13.29***	**Estímate**	16.93***	20.78***	17.28***
Std Error	3.30	6.42	8.12	**Std Error**	0.81	1.55	1.98	**Std Error**	0.98	1.77	2.17
Lambda	0.37	0.72	0.74	**Lambda**	0.36	0.70	0.74	**Lambda**	0.33	0.66	0.69
LR Test	95.53	180.24	105.24	**LR Test**	89.61	170.48	102.22	**LR Test**	73.66	146.09	79.59
Log Likelihood	-2,046	-2,004	-2,041	**Log Likelihood**	-1,497	-1,456	-1,491	**Log Likelihood**	-1,594	-1,558	-1,591
AIC[14]	4,099	4,014	4,089	**AIC**	3,000	2,920	2,988	**AIC**	3,194	3,122	3,189
***$p < 0.001$, **$p < 0.01$, *$p < 0.05$											

[14] AIC: Criterio de Akaike

Sección b) Variables con transformación logarítmica.

Ln[15] Habitantes por Hectárea	Tipo de matriz de contigüidad			Ln Vivienda Habitada por Hectárea	Tipo de matriz de contigüidad			Ln Vivienda Total por Hectárea	Tipo de matriz de contigüidad		
	K=1	**QUEEN**	**Distancia Mínima**		**K=1**	**QUEEN**	**Distancia Mínima**		**K=1**	**QUEEN**	**Distancia Mínima**
Estímate	3.11***	3.51***	3.05***	**Estímate**	1.76***	2.166***	1.66***	**Estímate**	2.09***	2.47***	2.13***
Std Error	0.12	0.21	0.25	**Std Error**	0.12	0.20	0.24	**Std Error**	0.11	0.17	0.19
Lambda	0.40	0.67	0.70	**Lambda**	0.39	0.66	0.70	**Lambda**	0.37	0.63	0.62
LR Test	78.60	153.14	88.4	**LR Test**	77.08	148.94	88.38	**LR Test**	73.846	138.63	77.05
Log Likelihood	-729	-692	-725	**Log Likelihood**	-718	-682	-713	**Log Likelihood**	-695	-662	-693
AIC	1,465	1,391	1,456	**AIC**	1,443	1,371	1,432	**AIC**	1,396	1,331	1,393
***$p < 0.001$, **$p < 0.01$, *$p < 0.05$											

Fuente: Software R. Datos Censo de Población y Vivienda, INEGI 2010

[15] Ln representa el Logaritmo natural de la variable en mención.

Siguiendo con los cambios en las especificaciones se prueba un modelo espacial autorregresivo mixto (SAR), definido como una extensión del modelo FAR, donde la utilidad de éste radica en capturar las características particulares de cada región (espacio geográfico) por medio del vector X, en este caso específico la distancia al centro, permitiendo incorporar la existencia de dependencia espacial por medio de la variable dependiente, conllevando a identificar tanto la afectación de los factores propios de la región como la dependencia de sus vecinos.

El modelo se define de la siguiente manera:

$$Y = b_0 + b_1 WY + b_2 DisCen + \varepsilon \qquad \textbf{21)}$$

$$\varepsilon \sim N(0, \sigma^2 I_n)$$

Donde:

Y: Son los Habitantes por Hectárea y las Viviendas (Total y Habitada) por Hectárea.

$DisCen$: Es la distancia de cada AGEB al centro, medida en kilómetros.

W: Es la matriz de ponderadores espaciales

ε: Termino de error.

El anexo 7 presenta los resultados del modelo espacial autorregresivo mixto (SAR) de la variable Habitantes por Hectárea y Vivienda (Total y Habitada) por hectárea, y sus respectivos logaritmos neperianos (Anexo 8), teniendo en cuenta las tres matrices de ponderaciones espaciales propuestas.

En todas las estimaciones se rescata el signo negativo y la significancia de la variable exógena que representa la distancia al centro, al igual que coeficientes de correlación espacial similares entre las variables de estudio cuando se toman matrices de contigüidad iguales. Del mismo modo, al revisar los criterios de máxima verosimilitud, de información de Akaike y el estadístico de Wald, se tiene que el mejor modelo para los tipos de variables explicativas es el calculado usando una matriz contigüidad tipo Queen.

Al revisar el resultado del test de Breusch Pagan en ninguno de los casos sale significativo, por tanto, se concluye que en todos los modelos presentados existe presencia de homocedasticidad en el término de error.

Ahora para la interpretación de los impactos, solo se tomarán los derivados de la matriz de contigüidad Queen ya que es la mejor entre el grupo presentado. Por tanto, se tiene que para la variable Habitantes por Hectárea existe una dependencia espacial del 69%, del 100% de los efectos espaciales que afectan a dicha variable el 35% proviene del comportamiento de la misma en las AGEB´s vecinas y el 64% del proceso de retroalimentación indirecta que genera el comportamiento de esta variable en la misma AGEB, afectando a las variables vecinas, que finalmente la volverán a afectar a ella por medio de las relaciones de vecindad y las cadenas de retroalimentación (Ver Anexo 9).

Para el caso de la variable de Viviendas Habitadas por Hectárea se tiene una dependencia espacial del 67%, donde los cambios en la misma provienen de manera directa de las AGEB vecinas en un 37%, y el restante por la cadena de efectos indirectos de la interacción de los efectos de vecindad. La variable Viviendas Totales por Hectárea muestra los mismos resultados que las Habitadas por Hectárea siempre un 5% por debajo.

Por último, se realiza la prueba de un modelo espacial de errores (SEM) con el fin de observar si existe un proceso de dependencia espacial en los residuales del modelo, ya que estos podrían estar violando el supuesto sobre la aleatoriedad de las observaciones y, por tanto, la independencia de los errores no se cumpliría.

Como muestra Anselin (1986, 1988, 1991) en los procesos espaciales se consideran varias fuentes de especificación incorrecta, que pueden estar presentes en la dependencia espacial (en forma de una omisión espacial de la variable omitida o la autocorrelación espacial en el término de perturbación) y la heterogeneidad espacial (en forma de heterocedasticidad). Por ende, si se ignoran las fuentes relevantes de especificación incorrecta cuando se prueba para un tipo particular, los resultados carecerán de robustez y pueden arrojar información engañosa. Esta situación ocurre en el análisis espacial cuando se prueba la autocorrelación residual espacial en presencia de heterocedasticidad, o cuando se omite una variable dependiente espacialmente rezagada.

Partiendo de que los modelos SEM pueden ser motivados por la existencia de variables omitidas que generen sesgos o por heterogeneidad espacial, la forma funcional estimada por el método de máxima verosimilitud es:

$$Y = b_0 + b_1 DisCen + \varepsilon \qquad \textbf{22)}$$

$$\varepsilon = \lambda W\varepsilon + u \qquad |\lambda| < 1$$

$$\sim N(0, \sigma^2 I_n)$$

Donde

Y: Son los Habitantes por Hectárea y las Viviendas (Total y Habitada) por Hectárea.

$DisCen$: Es la distancia de cada AGEB al centro, medida en kilómetros.

W: Es la matriz de ponderadores espaciales

ε: Termino de error.

Los anexos 7 y 8 presentan los resultados del modelo SEM. Al igual que en todos los anteriores casos se sigue conservando el gradiente negativo de las distancias al centro, por tanto, mientras más se incremente la distancia al centro de la ciudad se espera que las densidades tanto de los habitantes como de las viviendas por hectárea decaigan.

Nuevamente se corrobora que el modelo que da mejor ajuste es el calculado a partir de la matriz de pesos espaciales tipo Queen, y la significancia en la variable Lambda implica que efectivamente sí existe un proceso de autocorrelación en las perturbaciones que puedan generarse por problemas como omisión de variables o heterogeneidad.

Siguiendo con el análisis, la primera y tercera hipótesis de este documento predicen que, existe una bonificación de tamaño residencial positivo que disfruta el hogar que se encuentra situado a una distancia mayor del centro y, el gasto en vivienda (precio por metro cuadrado) es inversamente proporcional a su distancia al centro. Con el objetivo de probar estas hipótesis se plantean los siguientes modelos:

En primer lugar, se plantea una forma funcional lineal definida en la ecuación 23:

$$Y = b_0 + b_1 DistanciaCentro + \varepsilon \qquad \textbf{23)}$$

En segundo lugar, se tiene una forma funcional semilogarítmica definida en la ecuación 24:

$$\ln(Y) = \ln(\gamma_0) + \gamma_1 DistanciaCentro + \varepsilon \qquad \textbf{24)}$$

Donde

Y: Son Precio total, Precio por metro cuadrado, Número de metros cuadrados, y los logaritmos naturales de las mismas variables.

$DistanciaCentro$: Es la distancia de cada punto al centro, medida en kilómetros lineales.

ε: Termino de error.

Se tiene que en todos los casos la variable de distancia presenta el signo esperado, negativo respecto al precio y precio por metro cuadrado (igualmente cuando se usan los logaritmos neperianos), y positivo cuando se refiere al número de metros cuadrados de terreno de las viviendas. De la tabla 9 solo las regresiones que se encuentran en las columnas 3, 5 y 6, son estadísticamente significativas, su poder explicativo es del 25% cuando se usa la variable de metros cuadrados y, 15% y 9% respectivamente cuando se usa el logaritmo natural del precio por metro cuadrado y los metros cuadrados.

Tabla 9 Regresión usando como referencia los valores de venta de las propiedades.

Precio de Venta	1.Precio	2.Precio por Metro Cuadrado	3. Metros Cuadrados	4. Log Natural Precio	5. Log Natural Precio por Metro Cuadrado	6. Log Natural Metros Cuadrados
Distancia Km	-80.70	-60.94	42.95***	-0.00	-0.04***	0.04***
Des.Estandar	46,400	60.06	6.80	0.01	0.00	0.01
Est. T	0	-1.01	6.31	-0.06	-4.59	3.44
Intercepto	2,700,000***	9,516***	42.47***	14.48***	9.31***	5.16***
Des.Estandar	404,075	523.08	59.27	0.12	0.08	0.10
Est. T	6.57	18.19	0.72	115.02	111.39	47.11
R Cuadrado	0.00	0.00	0.26	0.00	0.16	0.10
R Cuadrado Ajustado	-0.00	0.00	0.25	-0.01	0.15	0.09
AIC[16]	3,659	2,156	1664.83	273.923	181.36	242.854
BIC[17]	3,665	2,162	1670.29	279.378	186.815	248.309
F	0.00	1.02	39.82***	0.00	21.11***	11.81***
$^{***}p < 0.001$, $^{**}p < 0.01$, $^{*}p < 0.05$						

Fuente: Elaboración propia, Software Stata 14.

La tabla 10 presenta las regresiones usando los precios de renta de las propiedades, aunque los valores por metro cuadrado y número de metros cuadrados (columna 2 y 3) y sus logaritmos naturales (columna 5 y 6) presentan los signos esperados por el modelo canónico propuesto, no se puede sacar ningún tipo de conclusión debido a la falta de significancia de éstas.

[16] Criterio de información de Akaike (AIC)
[17] Criterio de información bayesiano (BIC)

Tabla 10 Regresión usando como referencia los valores de renta de las propiedades.

Precio de Renta	1. Precio	2.Precio por Metro Cuadrado	3.Metros Cuadrados	4. Log Natural Precio	5. Log Natural Precio por Metro Cuadrado	6. Log Natural Metros Cuadrados
Distancia Km	368.22	-0.96	34.97	0.02	-0.01	0.04
Des.Estandar	322.633	3.457	16.690	0.017	0.024	0.032
Est. T	1.14	-0.28	2.1	1.26	-0.61	1.27
_cons	15,582	97.7132	175.94	9.498	4.323	5.244
Des.Estandar	2,154***	23.60***	113.9	0.114***	0.169***	0.220***
Est. T	7.23	4.14	1.54	82.67	25.49	23.75
r2	0.014	0.001	0.058	0.017	0.005	0.022
r2_a	0.003	-0.012	0.044	0.006	-0.008	0.008
aic	1,988	884	1,114	158	163	202
bic	1,993	888	1,118	163	168	206
F	1.302	0.078	4.391	1.598	0.374	1.610
$^{***}p < 0.001$, $^{**}p < 0.01$, $^{*}p < 0.05$						

Fuente: Elaboración propia, Software Stata 14.

Hasta el momento se ha comprobado que, de acuerdo con lo predicho por el modelo canónico, efectivamente el gasto en vivienda es inversamente proporcional a su distancia al centro, esto indica un gradiente del valor residencial negativo, comprobando la hipótesis número 3 (Tabla 9, columna 5). Por otra parte, los números de metros cuadrados de las propiedades residenciales incrementan conforme se está a una distancia mayor del centro (Tabla 9 columna 3 y 6), corroborando la hipótesis 1 que plantea la existencia de una bonificación positiva en términos de metros cuadrados que disfrutan los hogares más distantes al centro.

Con el desarrollo de diferentes pruebas en este capítulo se ha encontrado que, existe efectivamente un gradiente negativo de la distancia al centro de la ciudad con las densidades de las variables logaritmo natural de Vivienda (total y habitada) y logaritmo natural de Población (Tabla 7); y las variables sin transformación logarítmica, pero por medio del análisis espacial (Tabla 8, Anexo 7 y 8); lo cual es un resultado esperado de acuerdo con las predicciones del modelo. Igualmente se ha probado que sin importar la especificación de la matriz de contigüidad los resultados son consistentes, y los que mejor se ajustan al modelo

en todos los casos son calculados por medio de la utilización de una matriz tipo Queen, probando la fortaleza de las estimaciones.

Al momento de contrastar estos resultados con los del capítulo anterior (Índice de Moran Local) la dinámica de la evidencia empírica no es tan parsimoniosa como lo que se supone en el modelo canónico propuesto en este documento, ya que los R cuadrados asociados a una regresión simple de distancia contra las densidades (Ver Ecuación 18 y 19), no superan el 13% del poder explicativo.

4.3 Limitantes de la investigación

Autores como Brueckner et al. (1999) dan posibles explicaciones por las cuales los resultados empíricos no ajustan con lo predicho en el modelo canónico, de manera perfecta. Toman el caso de la divergencia de efectos bajo un modelo monocéntrico entre las ciudades norteamericanas donde los pobres viven en el núcleo urbano, y las ciudades de Europa donde el núcleo está ocupado por los ricos. Proponen una explicación basada en el equipamiento, lo cual, para solucionar la divergencia, debe realizar un ajuste al modelo propuesto cambiando el supuesto de residentes heterogéneos, que tienen que viajar no sólo al denominado "central business district" (CBD), sino también a disfrutar de servicios localizados en diferentes puntos de la ciudad.

Al revisar los estudios realizados por Burchfield et al. (2006), Brueckner y Rosenthal (2009), Glaeser et al. (2008), Kopecky y Suen (2010), Lee y Lin (2013), se intuye que, dependiendo de los supuestos hechos en relación con la demanda de tierras, muchas configuraciones de equilibrio son posibles. Cuando la fuerza que ejerce en el modelo la localización de los servicios centrales es lo suficientemente fuerte y la demanda de suelo no es demasiado elástica al ingreso, un tipo de equilibrio es posible, con los residentes ricos situados en el núcleo. Cuando la demanda de suelo no es muy inelástica, los servicios periféricos pueden inducir residentes ricos localizados en los suburbios. Brueckner et al. (1999), incorpora adicionalmente en su análisis la endogenización de comodidades, que se pueden dar de forma natural, donde viven los ricos, y esto permite equilibrios múltiples, ya que, por ejemplo, los ricos pueden vivir en el núcleo y generar las condiciones del entorno adecuadas.

Se ha identificado que fuera de un proceso de dependencia espacial en la variable dependiente existe dependencia en las perturbaciones, por tanto, es necesario posteriormente abordar la solución a los problemas que este tipo de dependencia puedan generar en los resultados. El anterior resultado era de esperarse, ya que al revisar la prueba de Multiplicador de Lagrange se enseña que es necesario realizar una combinación de modelos que pueden ampliar este estudio en versiones posteriores.

Este tipo de problemas son mencionados por autores como Ma y Banister (2006); Duranton et al (2015); Couture, Duranton y Turner (2012); Glaeser E y Kahn M, (2013); donde

muestran la relevancia de incorporar variables como medios de transporte y procesos de suburbanización. Así partiendo del modelo monocéntrico, la suposición de un solo centro en el espacio bajo la mirada de una ciudad lineal, suponen linealidad en los costos de transporte, generando limitaciones en el uso de éste, lo cual no afecta a las principales propiedades y predicciones, que se orientan que a mayor distancia del centro el individuo se enfrenta a mayores costos de desplazamiento que deben ser iguales o menores al ahorro en renta producto de su ubicación.

De modo similar, se tiene en términos de accesibilidad al espacio que se deriva del proceso de ubicación espacial, motivo que, aunque es poco probable que el empleo de una economía se ubique en un solo centro, las decisiones de accesibilidad van mucho más allá de las decisiones de transporte del lugar de residencia al centro de trabajo. Ejemplo de esto lo presentan Couture, Duranton y Turner (2012) donde muestran que al realizar el estudio para las 100 áreas metropolitanas más grandes de EE.UU en el año 2008, del total de viajes en vehículos, solo el 25% se asocia a desplazamientos al lugar de empleo, donde el restante se encuentran en actividades como las compras, viajes de recreo, para otro negocio personal, familiar, etc.

Duranton et al (2015), exponen cómo incluso, si se supusiera que nos encontráramos en una ciudad con un único centro, la ubicación de los comercios al por menor (tiendas locales), los sitios de entretenimiento y esparcimiento familiar como por ejemplo plazas comerciales, la familia y amigos, es probable que importa mucho al momento de tomar decisiones de ubicación incluyendo el análisis de accesibilidad (Anas y Moses, 1979. Baum-Snow, 2007, 2014. Glaeser E y Kahn M, 2013).

Antes de terminar y siendo el modelo monocéntrico uno de los puntos de partida para el estudio del espacio en la distribución de la población y viviendas, de acuerdo con Duranton et al (2015) se presentan algunas de las principales críticas incorporadas al modelo:

En primer lugar, es importante incorporar a las predicciones del modelo el cambio en los medios de transportes actuales. Por ejemplo, cambios en los tiempos y medios de desplazamiento de caballo a un patrón invertido después con la aparición del tranvía, seguido por el ascenso del coche (Glaeser E y Kahn M, 2013).

Con respecto a este tema, Kopecky y Suen (2010) observan la influencia de los costos de desplazamiento y los ingresos en la suburbanización, por medio de la incorporación de un modelo monocéntrico ampliado para permitir dos formas de transporte (automóviles y transporte público), y llevar a cabo simulaciones. Estos sugieren que el aumento de la asequibilidad de los automóviles, junto con la caída de los costos fijos y temporales de los desplazamientos fueron el principal impulsor de la suburbanización de la población en los Estados Unidos entre 1910 y 1950, sin embargo, entre 1950 y 1970, el aumento de ingresos tuvo un mayor papel. Burchfield et al. (2006) encontró que el desarrollo es más disperso en las ciudades construidas en torno al automóvil, en particular aquellos en los que los tranvías no fueron ampliamente utilizados a principios del siglo XX.

En segundo lugar, según ha destacado Brueckner et al. (1999), hay que desarrollar análisis particulares en torno a los polos de desarrollo territorial de cada espacio urbano, por ejemplo, las ciudades europeas tienden a tener núcleos ricos y pobres, con periferias (algunas excepciones como Bruselas). Además de esto, muchas ciudades también exhiben patrones de direccionalidad importantes. En la mayoría de las ciudades europeas, suburbios occidentales tienden a ser más ricos que los suburbios del este (depende de la ubicación de los centros si están ubicados al centro a la periferia, de esto depende la ubicación de las familias).

En el mismo sentido, Lee y Lin (2013) han reunido un conjunto de datos a largo plazo de ingreso barrio y la población en las principales ciudades de Estados Unidos, encontrando que el ingreso promedio de las zonas urbanas disminuyó con la distancia al centro de negocios en 1880. Pero posterior a 1960, el gradiente de ingreso se ha aplanado, un proceso que continúa en la actualidad, conllevando a patrones de descentralización de los hogares más pobres, y recentralización de los hogares más ricos; sin embargo, estos patrones son mucho menos marcados para las ciudades costeras. (Lee y Lin (2013), Brueckner y Rosenthal (2009), Glaeser et al. (2008), Galster et al., (2001)).

En tercer lugar, una extensión del modelo monocéntrico se refiere a la posible función de la edad de las viviendas (Duranton et al, 2015). Por ejemplo, Brueckner y Rosenthal (2009) muestran que en las ciudades norteamericanas la edad de las viviendas es la razón por la cual los hogares de mayores ingresos prefieren vivir en las periferias, mientras que los de menores

ingresos deben vivir en el centro, caracterizado por construcciones antiguas y que ofrecen vivienda de menor calidad.

En cuarto lugar, una variante del modelo puede consistir en incorporar las finanzas públicas y la prestación de diversos bienes públicos en el espíritu de Tiebout (1956). Las dos ideas principales son que las ciudades centrales comenzaron a participar en las políticas sociales y redistribución significativa en los años 1960 y 1970. A su vez, los centros urbanos más pobres se ven afectados por una variedad de males sociales que van desde el crimen a las escuelas que fracasan (Inman, 1995), conduciendo a un nuevo éxodo de la clase media de la plaga de las ciudades centrales. Duranton et al, (2015) presenta cómo ésta conjetura proporciona una explicación natural para las diferencias entre las ciudades de Europa, donde los municipios tienen a menudo poca autonomía fiscal y las de EE.UU, donde la educación se financia a nivel local y con mayor autonomía fiscal.

Del mismo modo, Bayer et al. (2007) encuentran que la dispersión del empleo y la heterogeneidad del parque de viviendas actúan como frenos en la tendencia de los hogares a segregar por la raza, la educación y el ingreso. A pesar de no tener en cuenta explícitamente el equilibrio del modelo monocéntrico encuentran que una reducción de los costes de trayecto daría lugar a un gran aumento de la segregación, debido a que el acceso a puestos de trabajo pierde relevancia al momento de elegir una residencia. Finalmente, entre los males sociales que se han explorado, se pueden mencionar el crimen (Cullen & Levitt, 1999),la degradación de las viviendas, las preferencias raciales (Boustant, 2010).Y las modificaciones en el sistema escolar (Baum-Snow y Lutz, 2011; Duranton et al, 2015)

En quinto lugar, muchas de las predicciones del modelo monocéntrico con los residentes homogéneos se puede llevar a cabo incorporando al modelo que los residentes son heterogéneos, generando predicciones más importantes con respecto a la clasificación de éstos en función de sus características observables.

En el caso más simple, donde los residentes se diferencian sólo en una dimensión (por ejemplo, los ingresos), se espera una división perfecta entre grupos de ingreso. Cuando los residentes difieren a lo largo de dos o más dimensiones, se predice una sola clasificación parcial. Por ejemplo, un hogar con altos costos de trayecto puede optar por vivir lejos del

centro de negocios, ya que también exige una gran cantidad de tierra, ese hogar puede llegar a ser un vecino de un hogar con menores costos de trayecto y una menor demanda de tierra.

El ingreso ha sido de particular interés en la literatura, ya que es una dimensión clave a lo largo de la cual los hogares difieren dentro de las ciudades y porque genera una tensión interesante, conllevando a que el efecto del ingreso de la distancia del centro de negocios sea ambiguo. Se esperan mayores ingresos familiares para aumentar la demanda de vivienda y así empujar a los hogares más lejos del centro de negocios, sin embargo, ya que los costos de desplazamiento también se pagan y varían en el tiempo, mayores ingresos y el mayor valor asociado de tiempo hacen que las familias quieran vivir más cerca (Couture, Duranton y Turner, 2012).

En sexto lugar, los patrones de crecimiento urbano derivado de la estructura urbana, han generado procesos de descentralización de la expansión de las ciudades antes concentradas, reflejados en los patrones de distribución de la población, donde una fuente importante de cambio actual en la estructura urbana es el cambio en las relaciones económicas dentro y entre agentes económicos, lo cual permite incorporar la relevancia de las economías de aglomeración, bien sean dinámicas y/o estáticas, la cuales otorgan a las ciudades un papel clave en la generación de crecimiento económico agregado (Jane Jacobs 1984, Edward Glaeser et al., 1992).

No obstante, el estudio de la heterogeneidad de la población urbana es interesante en sí mismo, como enseña Duranton et al (2015) más allá de hacer predicciones acerca de los precios y la intensidad del desarrollo, también se esperan desarrollar modelos de uso de la tierra para ofrecer una visión de quién vive y dónde, pues la heterogeneidad de los residentes y las residencias, pueden tener cierto grado de fricción que no se incluye en los modelos más sencillos de uso del suelo, impactando los mercados de tierras y las propiedades.

4.4 Temas principales

En este capítulo se abordó primero el análisis de autocorrelación espacial (local y global), a pesar de que no es un área continua, autores como Gourbiere & Debouzie (1995); Sandler et al (1997); Müller-Starck y Schubert (2002); Ledo, Cóndes, & Montes (2012); lo utilizan para unidades de muestreo no necesariamente de la misma forma, tamaño o contiguas. Del análisis se concluye que los arreglos espaciales que se dan en torno a las variables de Habitantes y Viviendas por Hectárea no son aleatorios, esto guarda relación directa con el modelo canónico que plantea la existencia de una estructura espacial.

Del análisis econométrico se desprendieron 3 predicciones que habían sido planteadas por el modelo:

1. Por medio de las regresiones 23 y 24, y sus resultados en las tablas 9 y 10 (ver columnas 3 y 6), el número de metros cuadrados incrementa conforme se está a una distancia mayor del centro.
2. Los resultados de las regresiones 18 a 22, presentan siempre un gradiente poblacional negativo, por tanto, la densidad cae conforme se incrementa la distancia al centro. Se vuelve a comprobar que la densidad poblacional de una AGEB i está fuertemente influenciado por la densidad poblacional de la AGEB j, confirmando nuevamente la existencia de una estructura espacial no aleatoria (Tabla 8, Anexos 7 y 8). Igualmente, se demuestra la existencia de un gradiente de densidad de vivienda negativo, lo cual es planteado en el corolario 1.
3. Efectivamente el gasto en vivienda es inversamente proporcional a su distancia al centro, esto actúa como la prima de compensación derivada del mayor gasto en tiempo de desplazamiento.

En síntesis, se obtuvieron los resultados esperados de acuerdo con las predicciones del modelo canónico, sin importar la especificación de la matriz de contigüidad los resultados son consistentes, y los que mejor se ajustan al modelo en todos los casos son calculados por medio de la utilización de una matriz tipo Queen, probando la estabilidad de los resultados.

V. CONCLUSIONES

Se presentó un modelo básico (pero original) de economía urbana enfocado al problema de la elección de la localización de los hogares. A partir del modelo se establecieron tres predicciones en cuanto a la estructura urbana, en forma de gradientes de densidades (poblacional y de viviendas) y de precios de las viviendas.

Se puso a prueba el modelo para el área urbana de la Zona Metropolitana de Saltillo. En torno al corolario 1 que postula cómo el tamaño residencial es una función decreciente de la distancia al centro; y la hipótesis 2 que debido a la relación ocio- espacio habitacional, existe una dependencia negativa entre la densidad poblacional y la distancia al centro. Se comprobó por medio del uso del índice de Moran (I Moran) tanto global como local, que existía presencia de autocorrelación espacial en las variables mencionadas. Posterior, del análisis confirmatorio por medio del uso de regresiones lineales, semilogarítmicas y espaciales, se demuestra la existencia de un gradiente de densidad de vivienda (total y habitada) y densidad poblacional negativo.

Ahora bien, con el fin de verificar la existencia de una bonificación de tamaño residencial positivo que disfruta el hogar que se encuentra situado a una distancia mayor del centro (hipótesis 1) y, si el gasto en vivienda (precio por metro cuadrado) es inversamente proporcional a su distancia al centro (hipótesis 3), se realizó la captura de datos de los precios de las viviendas en venta y renta, en el área urbana de la ZMS. Por medio del uso de ecuaciones lineales simples y semilogarítmicas, se identificó en primer lugar la existencia de un gradiente de valor residencial negativo, al igual que, la identificación de que el pago realizado por el hogar más céntrico es proporcionalmente superior a la bonificación en tamaño residencial que disfruta el hogar que se encuentra situado a una distancia mayor del centro, comprobando las hipótesis número 1 y 3.

Resulta sorprendente que una aplicación tan sencilla de un modelo minimalista capture algo de la realidad de una estructura urbana concreta (ZMS). Lo que apunta a una verdad ya bien conocida: la importancia fundamental del espacio en la toma de decisiones, en este caso, la localización de los hogares.

Las limitantes del trabajo apuntan directamente a múltiples avenidas de posibles trabajos futuros. Primero, se podría refinar la aplicación del modelo empezando con identificar el centro con base en el análisis de densidades de empleo y empresas (con datos de los Censos Económicos). Igualmente, se verificaría si el supuesto de monocentrismo del modelo es adecuado para el caso (Sánchez, 2001; Graizbord, 2008; Pineda, 2009; García, 2010; Álvarez de la Torre, 2010; Ojeda, 2012; Sánchez, 2013). Reconociéndose, que las actividades sociales, culturales, económicas, políticas e inclusive tecnológicas, pueden afectar los determinantes de la forma urbana, y con ello los patrones de distribución de las personas dentro de las ciudades. Berry y Kim (1993) concluyen que los modelos monocéntricos no comprenden la naturaleza multimodal del espacio urbano, por lo que no se capta la interdependencia de las variaciones espaciales de los precios, los ajustes de la forma construida y el reforzamiento de externalidades de las colonias residenciales dentro del tejido urbano construido (Graizbord, 2008). Knox (1994) expone que el estudio de la forma urbana en las ciudades debe ser vista no solo desde el ámbito económico y social, sino también se debe incorporar el papel de la historia y los cambios socioculturales inmersos.

Segundo, una base datos de precios de las viviendas más grande aportaría mucho en términos de confianza en los resultados.

Tercero, el mismo modelo se pudiera extender y refinar, para generar más predicciones. Por ejemplo, en el modelo se considera que los hogares son homogéneos en términos de ingresos, ¿qué pasa si no es así? ¿Qué sucedería si se incorpora un modelo dinámico en lugar de uno estático? Como enseña Alvarez (2010), los nuevos cambios en la dinámica de crecimiento urbano en México desde 1990 indican que, por un lado, las grandes zonas metropolitanas disminuyen su crecimiento de población a favor de las localidades urbanas localizadas en su área de influencia, y por otro lado, las ciudades medias o intermedias se caracterizan por ser los nuevos centros urbanos de mayor crecimiento demográfico (Graizbord, 1992; Aguilar, 1996; Sánchez, 2001; Anzaldo, 2006; Garrocho y Campos, 2007).

VI. REFERENCIAS

Ades, A., & Glaeser, E. (1995). Trade and circuses: Explaining urban giants. *Quarterly Journal of Economics 110*, 195–227.

Aguilar, A. G., Graizbord, B., & Sánchez Crispín, Á. (1996). Las ciudades intermedias y el desarrollo regional en México. *México, Conaculta/unam/El Colegio de México*.

Alonso, W. (1964). Location and Land Use; Toward a General Theory of Land Rent. *Harvard University Press, Cambridge, MA.*

Anas, A. (1990). Taste heterogeneity and urban spatial structure: The logit model and monocentric theory reconciled. *Journal of Urban Economics, 1990, vol. 28, issue 3, 318-335*.

Anas, A., & Moses, L. (1979). Mode choice, transport structure and urban land use. *J. Urban Econ.*

Anas, A., Arnott, R., & Small, K. (1998). Urban spatial structure. *J. Econ. Liter. 36, 1426–1464.*

Anselin, L. (1988). Spatial econometrics: methods and models. *Dordrecht: Kluwer*.

Anselin, L. (1995). Local Indicators of Spatial Association-LISA. *Geographical Analysis, vol. 27, pp. 93-115.*

Anselin, L. (1996). Simple diagnostic tests for spatial dependence. . *Regional Science and Urban Economics, 26, 77–104.*

Baum-Snow, N. (2007). Suburbanization and transportation in themonocentric model. *J. Urban Econ.*

Baum-Snow, N. (2014). Urban Transport Expansions, Employment Decentralization, and the Spatial Scope of Agglomeration Economies. *Processed, Brown University.*

Baum-Snow, N., & Lutz, B. (2011). School desegregation, school choice and changes in residential location patterns by race. . *Am. Econ. Rev. 101, 3019–3046.*

Bayer, P., Ferreira, F., & McMillan, R. (2007). A unified framework for measuring preferences for schools and neighborhoods. . *J. Polit. Econ. 115, 588–638.*

Bertaud, A. (2002). The spatial organization of cities: deliberate outcome or unforeseen consequence? World Development Report 2003, Dynamic Development in a Sustainable World. *Background paper.*

Bertaud, A. (2009). Urban Spatial Structures, Mobility and The Environment. *World Bank, Washington DC.*

Boustant, L. (2010). Was postwar suburbanization white flight? Evidence from the black migration. . *Q.J. Econ. 125, 417–443.*

Brueckner, J., Thisse, J., & Zenou, Y. (1999). Why is central Paris rich and downtown detroit poor? An amenity-based theory. *European Econom. Rev. 43 91–107.*

Brueckner, J., & Rosenthal, S. (2009). Gentrification and neighborhood cycles: will America's future downtowns be rich? *Rev. Econ. Stat. 91 (4), 725–743.*

Burchfield, M., Overman, H., Puga, D., & Turner, M. (2006). Causes of sprawl: a portrait from space. *Q. J. Econ. 121, 587–633.*

Camagni, Roberto. (2005). Economía Urbana. Antoni Bosch editor

Carrrión Mena, Fernanado. (2010). El LABERINTO DE LAS CENTRALIDADES HISTÓRICAS EN AMÉRICA LATINA. El centro histórico como objeto del deseo. *Ministerio de Cultura del Ecuador.*

Ciccone, A., & Hall , R. (1996). Productivity and the density of economic activity. *American Economic Review 86: 54–70.*

Couture , V., Duranton, G., & Turner, M. (2012). Speed. . *Processed, University of Toronto.*

Cullen, J., & Levitt, S. (1999). Crime, urban flight, and the consequences for cities. . *Rev. Econ. Stat. 81, 159–169.*

De la Fuente, S. (2010). Influencia de la forma urbana en la movilidad: Barcelona y Madrid. *Departamente de Economía Aplicada de la UAB. Mimeo*.

Duranton, G., Henderson, J. V., & Strange, W. (2015). Handbook of regional and urban economics. *Volume 5. British Library*.

Elhorst , J., Piras , G., & Arbia , G. (2010). Growth and convergence in a multi-regional model with space-time dynamics. . *Geogr Anal 42(3):338–355*.

Fuentes Flores, C. (2009). La estructura espacial urbana y accesibilidad diferenciada a centros de empleo en Ciudad Juárez, Chihuahua. *Región y Sociedad, vol. XXI, núm. 44, enero-abril, 2009, pp. 117-144*.

Fujita, J., Krugman, P., & Venables , A. (1999). *The Spatial Economy.* MIT Press, Cambridge, MA.

Fujita, M. (1989). Urban Economic Theory: Land Use and City Size. *Cambridge: Cambridge University Press.*

Galster, G., Hanson, R., Ratcliffe, M., Wolman, H., Coleman, S., & Freihage, J. (2001). Wrestling sprawl to the ground: defining and measuring an elusive concept. . *Hous. Pol. Deb. 12, 681–717.*

García-López, M. (2012). Urban Spatial structure, suburbanization and transportation in Barcelona. *Journal of Urban Economics. 72: 176-190.*

Garrocho, Carlos; Álvarez-Lobato, José Antonio; Flores, Xochilt, (2013), Policentrismo comercial minorista de la Zona Metropolitana de Toluca, en: Susana Medina (Coord.), Contribución al estudio de las ciudades, el Estado de México y el suelo urbano, *El Colegio Mexiquense, CDMX, México, pp. 197-252.*

Garrocho, Carlos; Campos-Alanís, Juan, (2007), La estructura policéntrica del empleo en el Área Metropolitana de Toluca, 1994-2004, *Papeles de Población, Año 13, No. 52, 109-136.*

Garrocho, Carlos; Flores, Zochilt, (2009), Delimitación del centro tradicional de comercio y servicios de la Zona Metropolitana de Toluca, *Papeles de Población, Vol. 15, Núm. 61, pp. 233-274.*

Glaeser, E., & Kahn , M. (2013). Sprawl and urban growth. *Handbook of Regional and Urban Economics, Volume 4. Edited by J. V Henderson and J.E Thisse, Cáp 56.*

Glaeser, E., Kahn, M., & Rappaport, J. (2008). Why do the poor live in cities? The role of public transportation. *J. Urban Econ. 63, 1–24.*

Glaeser, E., Kallal, H., Scheinkman, J., & Schleifer, A. (1992). Growth in cities. J. Polit. Econ. 100, 1126–1152.

Goodchild, M. (2008). Spatial autocorrelation. *In KEMP, Karen (Ed.) Encyclopedia of Geographic Information Science. Thousand Oaks, California: SAGE, pp.397-398.*

Gourbiere F., Debouzie D., (1995). Spatial distribution and estimation of forest floor components in a 37-year-old Casuarina equisetifolia (Forst.) plantation in coast Senegal. S*oil Biologyand Biochemistry 27:297-304.*

Graizbord, B. (2008). Geografía del Transporte en el Área Metropolitana de la Ciudad de México. *México: 1ª. Ed. Centro de Estudios Demográficos, Urbanos y Ambientales, México: El Colegio de México. ISBN: 978-968-12-1368-8.*

Inman, R. (1995). How to have a fiscal crisis: lessons from Philadelphia. . *Am. Econ. Rev. 85, 378–383.*

Kivell, P. (1993). Land and the City: Patterns and Processes of Urban Change. *Geography and Environment Series*.

Kopecky, K., & Suen, R. (2010). A quantitative analysis of suburbanization and the diffusion of the automobile. . *Int. Econ. Rev. 51, 1003–1037.*

Ledo, Alicia. Cóndes, Sonia. & Montes, Fernando (2012). Revisión de índices de distribución espacial usados en inventarios forestales y su aplicación en bosques tropicales. *Rev. peru. biol. 19(1): 113 - 124 (Abril 2012)*

Lee, S., & Lin, J. (2013). Natural Amenities, Neighborhood Dynamics, and Persistence in the Spatial Distribution of Income. *Processed, Federal Reserve Bank of Philadelphia*.

LeSage, J., & Krivelyova , A. (1998). A Spatial Prior for Bayesian Vector Autoregressive Models. . *Papers in Regional Science, Volume 39, Issue 2, Pages 297–317.*

Ma, K., & Banister, D. (2006). Excess commuting: a critical review. . *Transp. Rev. 26, 749–767.*

Müller-Starck G., Schubert R., (2002). Genetic Response Of Forest Systems To Changing Environmental Conditions. *Forestry Sciences 70*

Naess, P. (2012). Urban form and travel behavior: Experience from a Nordic context.

Sánchez Trujillo, V. (2013). POLICENTRISMO MORFOLÓGICO Y FUNCIONAL. UNA PERSPECTIVA MEXICANA. *Tesis Doctoral, Universidad Autonoma de Barcelona*.

Sandler B.C., Pearman P.B., Guerrero M., Levy K., (1997). Using a GIS to Assess Spatial Scale of Taxonomic Richness in Amazonian Ecuador. ESRI User Conference.

Sisto, Nicholas (2018). Borrador de trabajo.

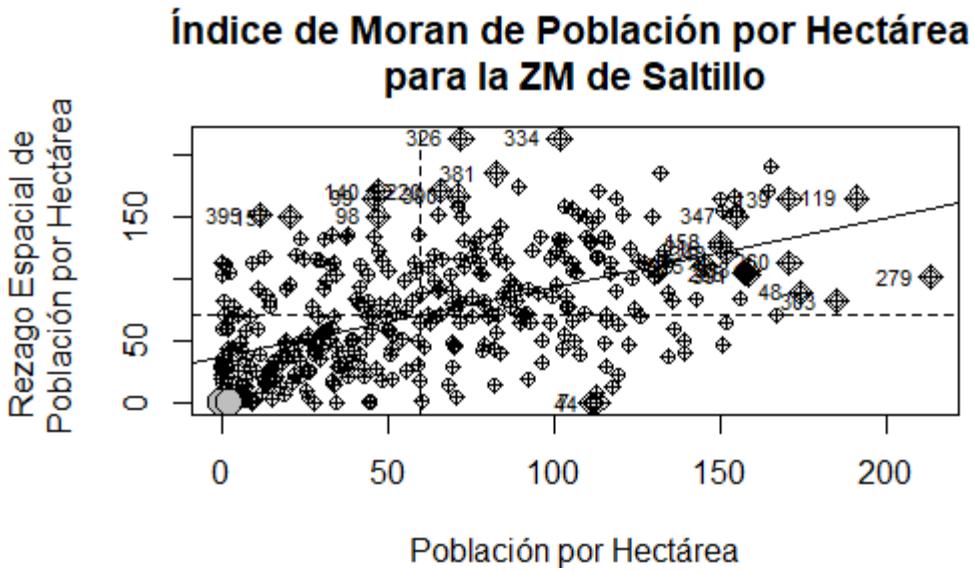
Straszheim, M. (1987). The theory of urban residential location, in: E.S. Mills (Ed.). *Handbook of Regional and Urban Economics, Vol. 2, Elsevier Science Publishers BV, Amsterdam, 1987, pp. 717–757.*

Tiebout, C. (1956). A pure theory of local expenditures. . *J. Pol. Econ. 64, 416–424.*

VII. ANEXOS

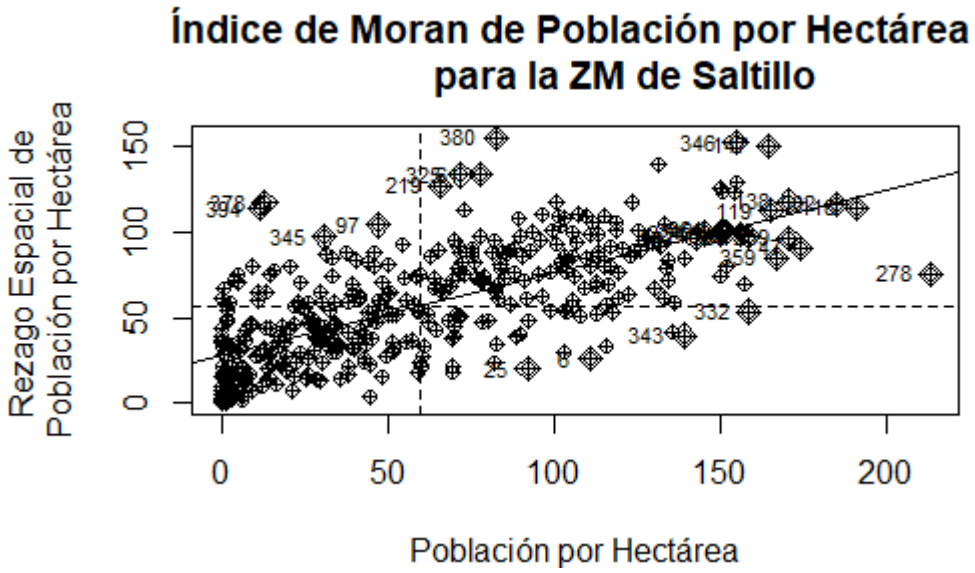
Anexo 1 Mapa I Moran Global, variable: Población Total por Hectárea

a) Contigüidad: Vecino más cercano.



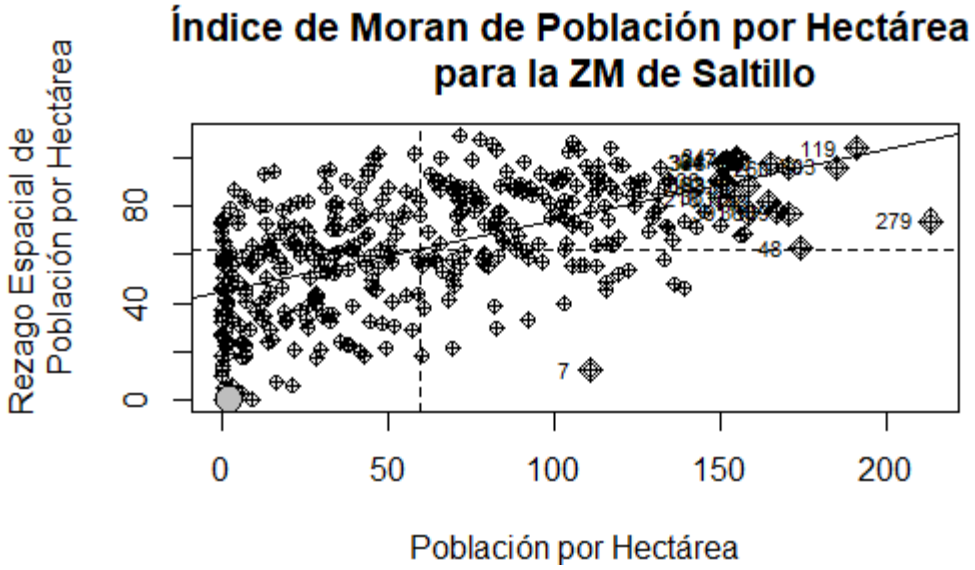
Fuente: Software R. Datos Censo de Población y Vivienda, INEGI, 2010.

b) Contigüidad: Tipo Queen.



Fuente: Software R. Datos Censo de Población y Vivienda, INEGI, 2010.

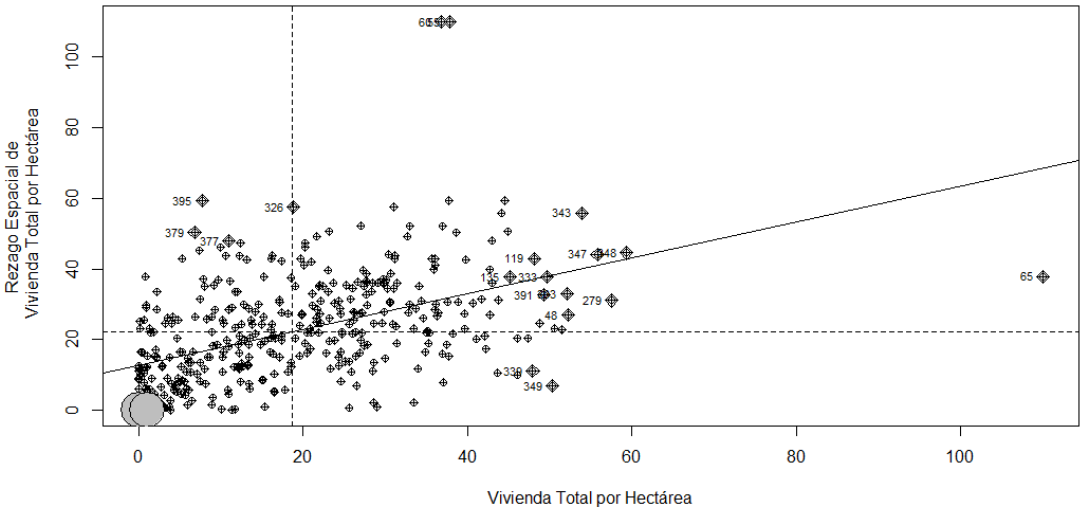
c) **Contigüidad: Distancia mínima.**



Fuente: Software R. Datos Censo de Población y Vivienda, INEGI, 2010.

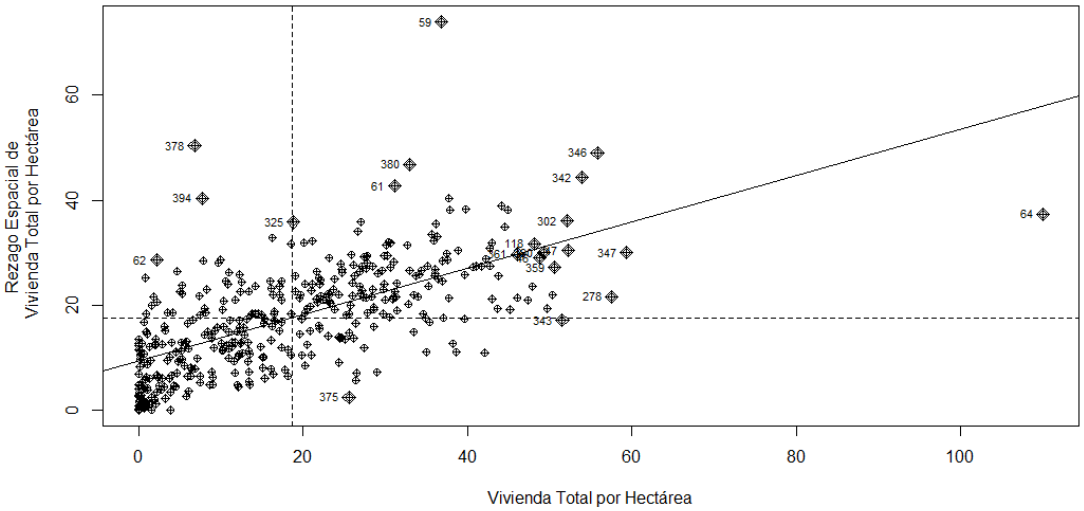
Anexo 2 Mapa I Moran Global, variable: Vivienda Total por Hectárea

a) Contigüidad: Vecino más cercano.



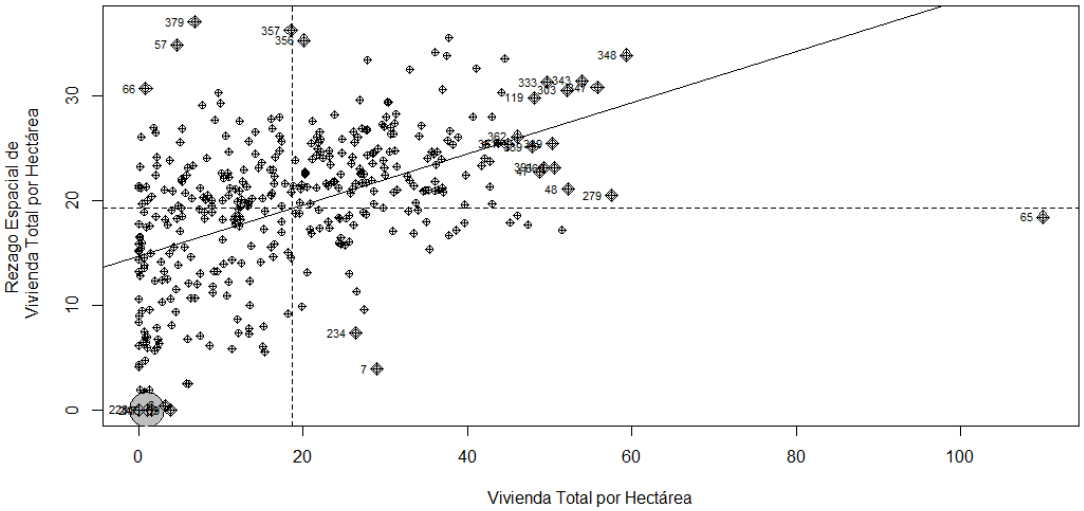
Fuente: Software R. Datos Censo de Población y Vivienda, INEGI, 2010.

b) Contigüidad: Tipo Queen.



Fuente: Software R. Datos Censo de Población y Vivienda, INEGI, 2010.

c) Contigüidad: Distancia mínima.

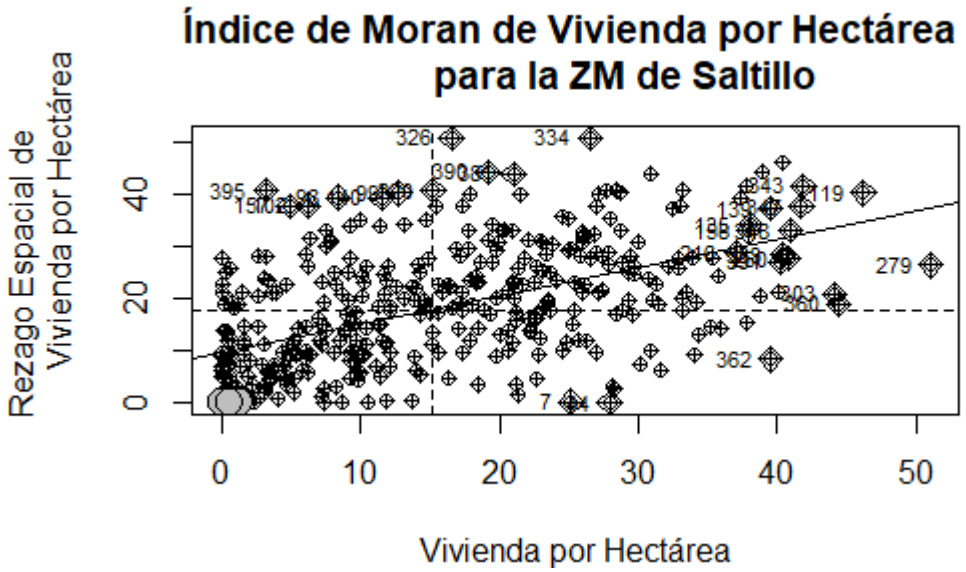


Fuente: Software R. Datos Censo de Población y Vivienda, INEGI, 2010.

espaciales.

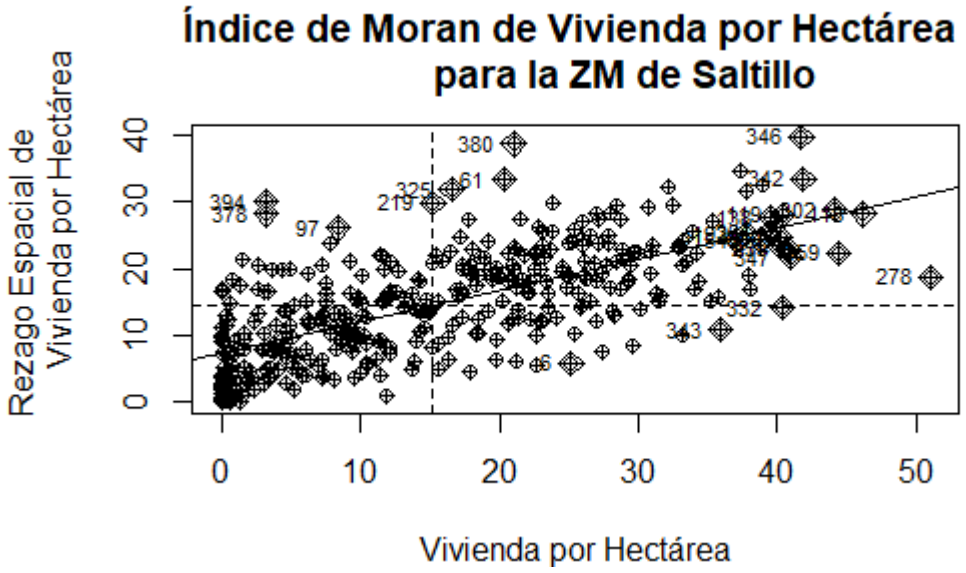
Anexo 3 Mapa I Moran Global, variable: Vivienda Habitada por Hectárea

a) Contigüidad: Vecino más cercano.



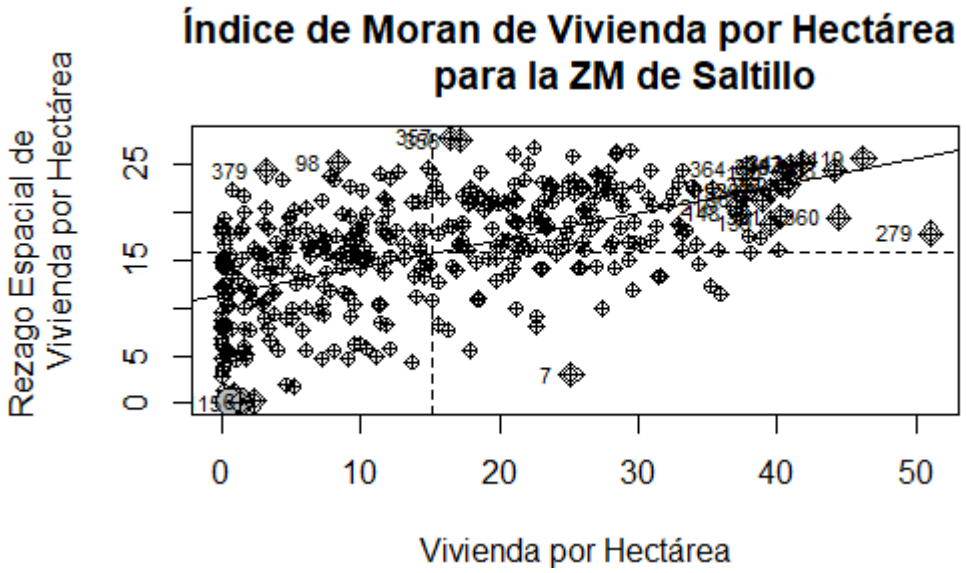
Fuente: Software R. Datos Censo de Población y Vivienda, INEGI, 2010.

b) Contigüidad: Tipo Queen.



Fuente: Software R. Datos Censo de Población y Vivienda, INEGI, 2010.

c) **Contigüidad: Distancia mínima.**

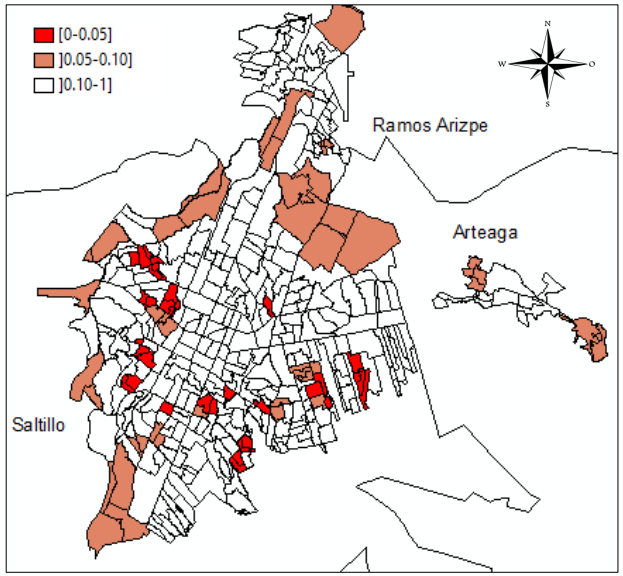


Fuente: Software R. Datos Censo de Población y Vivienda, INEGI, 2010.

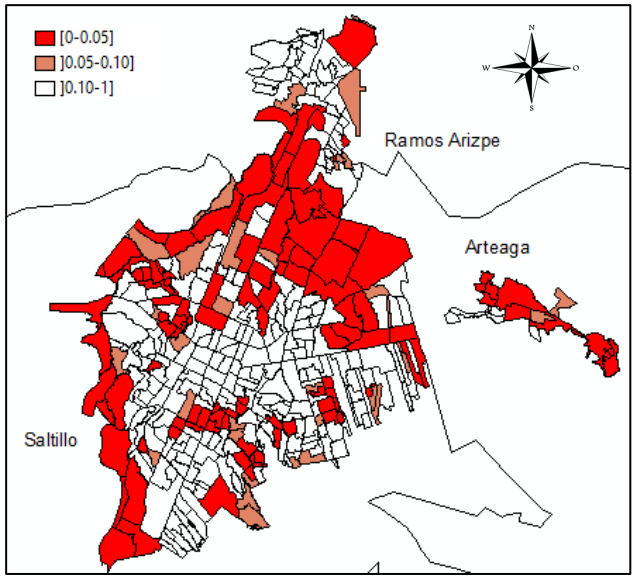
espaciales.

Anexo 4 P value- análisis LISA, variable Población por hectárea, Zona Metropolitana de Saltillo, de acuerdo con la matriz de contigüidad elegida.

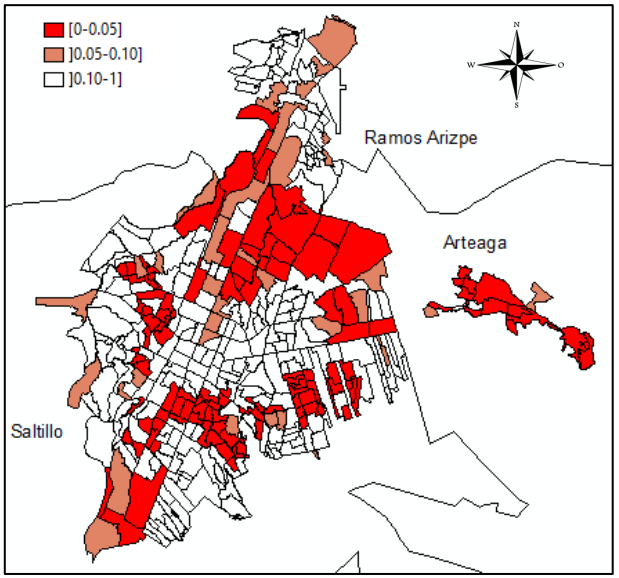
B) Vecino más cercano



B) Contigüidad tipo Queen



C) Distancia mínima.



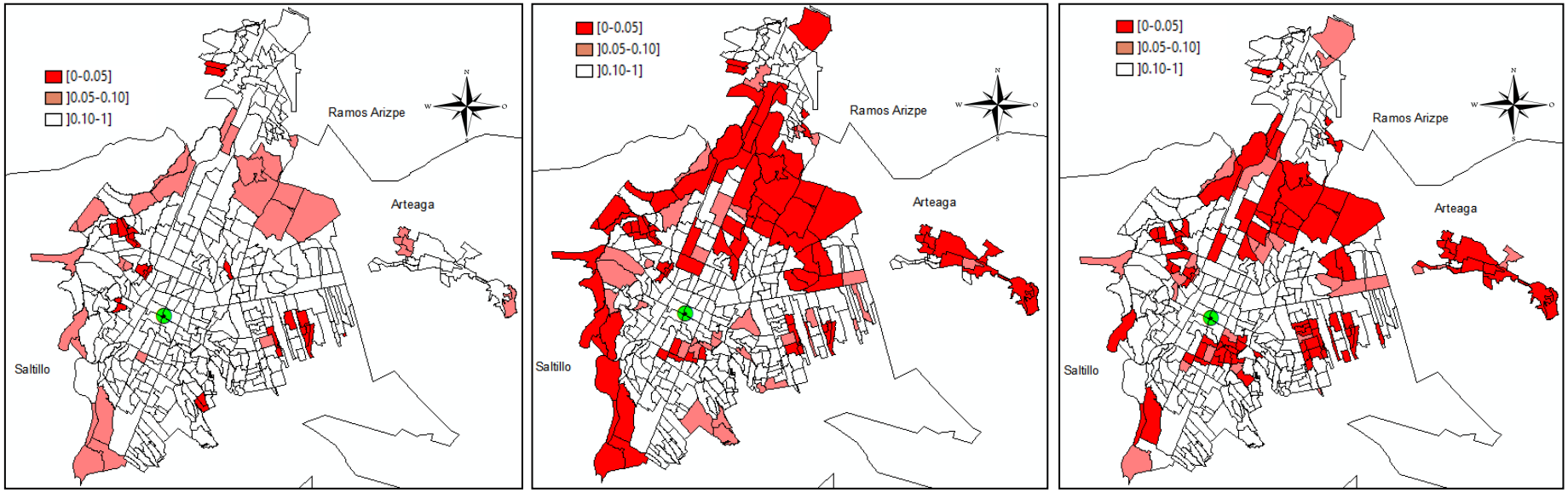
Fuente: Elaboración propia, Software R.

Anexo 5 P value análisis LISA, variable Viviendas Totales por Hectárea, Zona Metropolitana de Saltillo, de acuerdo con la matriz de contigüidad elegida.

B) Vecino más cercano

B) Contigüidad tipo Queen

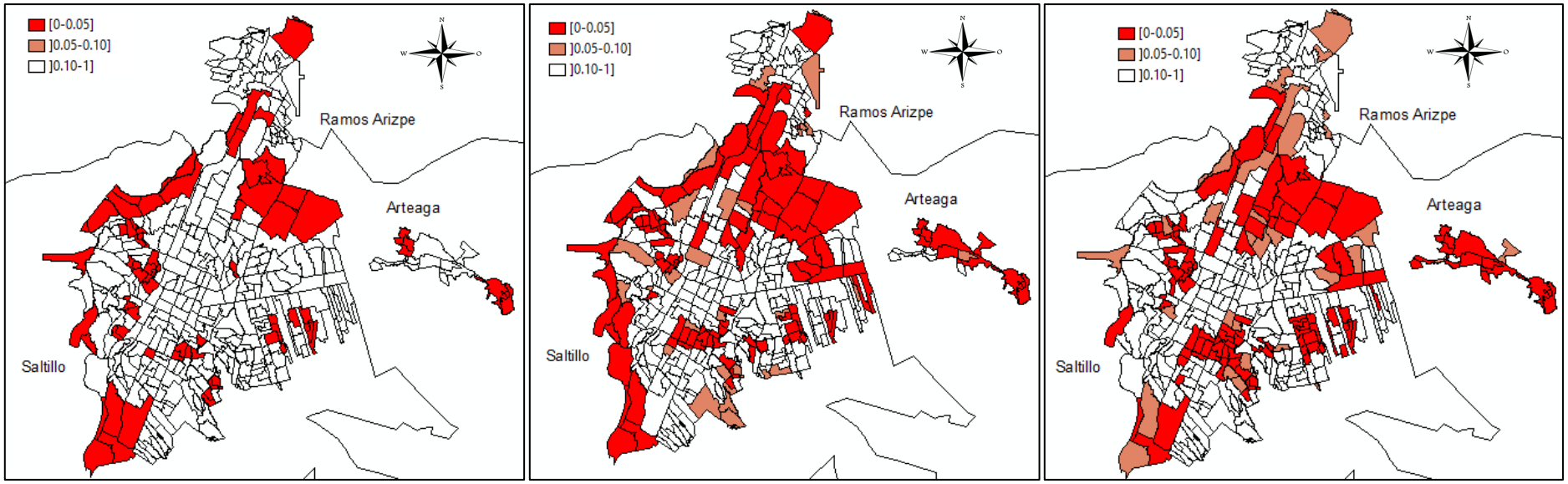
C) Distancia mínima.



Fuente: Elaboración propia, Software R.

Anexo 6 P value análisis LISA, variable Viviendas Habitadas por Hectárea, Zona Metropolitana de Saltillo, de acuerdo con la matriz de contigüidad elegida.

A) Vecino más cercano B) Contigüidad tipo Queen C) Distancia mínima.



Fuente: Elaboración propia, Software R.

Anexo 7 Resultados del Modelo Lineal para las variables de interés

Parte a: Población Total por Hectárea

	MCO	**SAR K=1**	**SAR QUEEN**	**SAR DISMIN**	**SEM K=1**	**SEM QUEEN**	**SEM DISMIN**
(Intercept)	82.144***	49.095***	28.957***	23.951***	75.502***	93.560***	82.282***
	(4.364)	(4.639)	(5.174)	(6.159)	(5.847)	(10.542)	(12.623)
Distancia (KM)	-3.439***	-2.115***	-1.292**	-1.173*	-3.305***	-4.169**	-4.259**
	(0.569)	(0.510)	(0.471)	(0.550)	(0.760)	(1.344)	(1.574)
rho		0.346***	0.689***	0.698***			
		(0.035)	(0.043)	(0.061)			
lambda					0.348***	0.690***	0.707***
					(0.035)	(0.043)	(0.060)
R^2	0.085						
Adj. R^2	0.083						
Num. obs.	396	396	396	396	396	396	396
RMSE	45.973						
Parameters		4	4	4	4	4	4
Log Likelihood		-2038.266	-2000.294	-2039.433	-2037.815	-1999.798	-2038.385
AIC (Linear model)		4159.614	4159.614	4159.614	4159.614	4159.614	4159.614
AIC (Spatial model)		4084.533	4008.589	4086.866	4083.630	4007.596	4084.771
LR test: statistic		77.081	153.025	74.748	77.984	154.018	76.843
LR test: p-value		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

$^{***}p < 0.001$, $^{**}p < 0.01$, $^{*}p < 0.05$

Var. dep. : Población Total por Hectárea

Parte b: Vivienda Habitada por Hectárea

	MCO	**SAR K=1**	**SAR QUEEN**	**SAR DISMIN**	**SEM K=1**	**SEM QUEEN**	**SEM DISMIN**
(Intercept)	20.735***	12.696***	7.580***	6.224***	19.181***	23.409***	20.869***
	(1.081)	(1.170)	(1.320)	(1.567)	(1.437)	(2.542)	(3.073)
Distancia (KM)	-0.862***	-0.544***	-0.333**	-0.303*	-0.835***	-1.028**	-1.079**
	(0.141)	(0.128)	(0.119)	(0.138)	(0.187)	(0.325)	(0.384)
rho		0.334***	0.675***	0.690***			
		(0.035)	(0.044)	(0.062)			
lambda					0.336***	0.675***	0.700***
					(0.035)	(0.044)	(0.061)
R^2	0.087						
Adj. R^2	0.084						
Num. obs.	396	396	396	396	396	396	396
RMSE	11.390						
Parameters		4	4	4	4	4	4
Log Likelihood		-1488.604	-1452.855	-1488.634	-1488.139	-1452.369	-1487.483
AIC (Linear model)		3054.530	3054.530	3054.530	3054.530	3054.530	3054.530
AIC (Spatial model)		2985.208	2913.710	2985.269	2984.278	2912.737	2982.966
LR test: statistic		71.322	142.820	71.261	72.252	143.793	73.564
LR test: p-value		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

$^{***}p < 0.001$, $^{**}p < 0.01$, $^{*}p < 0.05$

Var. dep. : Vivienda Habitada por Hectárea

Parte c: Vivienda Total por Hectárea

	MCO	**SAR K=1**	**SAR QUEEN**	**SAR DISMIN**	**SEM K=1**	**SEM QUEEN**	**SEM DISMIN**
(Intercept)	22.837***	14.514***	8.624***	7.014***	21.540***	25.433***	22.860***
	(1.395)	(1.457)	(1.584)	(1.864)	(1.827)	(3.148)	(3.777)
Distancia (KM)	-0.639***	-0.453**	-0.233	-0.210	-0.695**	-0.725	-0.822
	(0.182)	(0.163)	(0.148)	(0.167)	(0.238)	(0.403)	(0.473)
rho		0.321***	0.656***	0.676***			
		(0.036)	(0.045)	(0.065)			
lambda					0.322***	0.657***	0.682***
					(0.036)	(0.045)	(0.064)
R^2	0.030						
Adj. R^2	0.028						
Num. obs.	396	396	396	396	396	396	396
RMSE	14.696						
Parameters		4	4	4	4	4	4
Log Likelihood		-1590.616	-1557.002	-1590.725	-1590.276	-1556.682	-1590.031
AIC (Linear model)		3256.359	3256.359	3256.359	3256.359	3256.359	3256.359
AIC (Spatial model)		3189.231	3122.004	3189.450	3188.551	3121.364	3188.062
LR test: statistic		69.127	136.355	68.908	69.807	136.994	70.297
LR test: p-value		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

$^{***}p < 0.001$, $^{**}p < 0.01$, $^{*}p < 0.05$

Var. dep. : Vivienda Total por Hectárea

Anexo 8 Resultados del Modelo Exponencial Negativo para las variables de interes

Parte a: Logaritmo Natural de Población por Hectárea-Modelo Exponencial Negativo

	MCO	**SAR K=1**	**SAR QUEEN**	**SAR DISMIN**	**SEM K=1**	**SEM QUEEN**	**SEM DISMIN**
(Intercept)	3.009***	2.630***	1.755***	1.733***	4.219***	4.692***	4.366***
	(0.151)	(0.198)	(0.256)	(0.350)	(0.214)	(0.332)	(0.365)
Distancia (KM)	-0.148***	-0.098***	-0.068***	-0.067**	-0.162***	-0.185***	-0.182***
	(0.020)	(0.019)	(0.019)	(0.022)	(0.028)	(0.043)	(0.046)
rho		0.375***	0.623***	0.597***			
		(0.034)	(0.048)	(0.075)			
lambda					0.351***	0.625***	0.619***
					(0.035)	(0.048)	(0.073)
R^2	0.125						
Adj. R^2	0.123						
Num. obs.	389	390	390	390	390	390	390
RMSE	1.589						
Parameters		4	4	4	4	4	4
Log Likelihood		-708.417	-685.267	-718.963	-714.728	-684.323	-718.364
AIC (Linear model)		1493.754	1493.754	1493.754	1493.754	1493.754	1493.754
AIC (Spatial model)		1424.834	1378.533	1445.925	1437.457	1376.647	1444.728
LR test: statistic		70.920	117.220	49.829	58.297	119.107	51.026
LR test: p-value		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

$^{***}p < 0.001$, $^{**}p < 0.01$, $^{*}p < 0.05$

Var. dep. : Logaritmo Natural de Población por Hectárea-Modelo Exponencial Negativo

Parte b: Logaritmo Natural de Vivienda por Hectárea-Modelo Exponencial Negativo

	MCO	**SAR K=1**	**SAR QUEEN**	**SAR DISMIN**	**SEM K=1**	**SEM QUEEN**	**SEM DISMIN**
(Intercept)	3.009***	1.837***	1.278***	1.176***	2.873***	3.298***	3.008***
	(0.151)	(0.167)	(0.202)	(0.259)	(0.208)	(0.314)	(0.358)
Distancia (KM)	-0.148***	-0.100***	-0.068***	-0.066**	-0.161***	-0.177***	-0.183***
	(0.020)	(0.018)	(0.018)	(0.022)	(0.027)	(0.040)	(0.045)
rho		0.359***	0.609***	0.599***			
		(0.035)	(0.049)	(0.075)			
lambda					0.348***	0.610***	0.622***
					(0.035)	(0.049)	(0.073)
R^2	0.125						
Adj. R^2	0.123						
Num. obs.	389	389	389	389	389	389	389
RMSE	1.589						
Parameters		4	4	4	4	4	4
Log Likelihood		-699.251	-675.070	-706.651	-702.537	-674.181	-705.993
AIC (Linear model)		1468.283	1468.283	1468.283	1468.283	1468.283	1468.283
AIC (Spatial model)		1406.502	1358.139	1421.301	1413.074	1356.362	1419.987
LR test: statistic		63.781	112.144	48.982	57.209	113.921	50.296
LR test: p-value		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

$^{***}p < 0.001$, $^{**}p < 0.01$, $^{*}p < 0.05$

Var. dep. : Logaritmo Natural de Vivienda por Hectárea-Modelo Exponencial Negativo

Parte c: Logaritmo Natural de Vivienda por Total Hectárea-Modelo Exponencial Negativo

	MCO	**SAR K=1**	**SAR QUEEN**	**SAR DISMIN**	**SEM K=1**	**SEM QUEEN**	**SEM DISMIN**
(Intercept)	3.035***	1.847***	1.311***	1.287***	2.892***	3.270***	2.997***
	(0.145)	(0.162)	(0.201)	(0.268)	(0.197)	(0.290)	(0.303)
Distancia (KM)	-0.110***	-0.074***	-0.049**	-0.050*	-0.118***	-0.126***	-0.124**
	(0.019)	(0.017)	(0.017)	(0.019)	(0.026)	(0.037)	(0.039)
rho		0.361***	0.596***	0.563***			
		(0.035)	(0.050)	(0.080)			
lambda					0.345***	0.596***	0.570***
					(0.035)	(0.050)	(0.080)
R^2	0.080						
Adj. R^2	0.077						
Num. obs.	390	390	390	390	390	390	390
RMSE	1.521						
Parameters		4	4	4	4	4	4
Log Likelihood		-680.942	-658.084	-689.051	-685.100	-657.435	-688.850
AIC (Linear model)		1437.677	1437.677	1437.677	1437.677	1437.677	1437.677
AIC (Spatial model)		1369.884	1324.168	1386.102	1378.199	1322.869	1385.701
LR test: statistic		69.793	115.509	53.575	61.478	116.808	53.976
LR test: p-value		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

$^{***}p < 0.001$, $^{**}p < 0.01$, $^{*}p < 0.05$

Var. dep. : Logaritmo Natural de Vivienda por Total Hectárea-Modelo Exponencial Negativo

Anexo 9 Tipo de impacto del modelo SAR para cada una de las variables de estudio.

Var. Dependiente	**Población por hectárea**			**Viviendas Habitadas por hectárea**			**Viviendas Totales por hectárea**		
Criterio Contigüidad	**vecino cercano**	**tipo Queen**	**Distancia mínima**	**vecino cercano**	**tipo Queen**	**Distancia mínima**	**vecino cercano**	**tipo Queen**	**Distancia mínima**
Directo	-2.264	-1.492	-1.252	-0.580	-0.381	-0.322	-0.480	-0.264	-0.223
Indirecto	-0.968	-2.667	-2.635	-0.238	-0.644	-0.655	-0.187	-0.414	-0.425
Total	-3.233	-4.159	-3.887	-0.817	-1.025	-0.977	-0.667	-0.679	-0.647
$^{***}p < 0.001$, $^{**}p < 0.01$, $^{*}p < 0.05$									