



Desbordamientos espaciales del tiempo de traslado al trabajo asociados con la accesibilidad al empleo, valor catastral y carencias sociales en Ciudad Juárez, México



Vladimir Hernández Hernández

vladimir.hernandez@uacj.mx

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Instituto de Arquitectura, Diseño y Arte, México.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6482-3514>

Isaac Chaparro Hernández

isaac.chaparro@uacj.mx

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Instituto de Arquitectura, Diseño y Arte, México.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6448-4433>

Recibido: 23 de marzo de 2021. Aceptado: 13 de diciembre de 2021.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es analizar la existencia de desbordamientos espaciales que generan los valores catastrales, la accesibilidad del empleo y las carencias sociales en los tiempos de viajes hacia el trabajo utilizando el transporte público y privado. Con base en los aportes de la teoría de la localización, subcentros de empleo e interacción espacial se diseñó una metodología cuantitativa para estimar tres modelos de regresión espacial. En los resultados, por un lado, se encontró que la variable de valor catastral tiene efectos indirectos en la atracción de viajes cotidianos; por el otro, las carencias sociales se asocian con mayores tiempos de desplazamiento en transporte público y el índice de accesibilidad al empleo en transporte privado. La propuesta metodológica proporciona una alternativa de análisis de variables urbanas, para la incorporación de los efectos de desbordamiento espacial en la generación de políticas relacionadas con la movilidad cotidiana.

Palabras clave: Desbordamiento espacial. Movilidad. Distribución espacial. Regresión espacial. Desarrollo urbano.

Spatial spillover in commuting time associated with accessibility to employment, cadastral value, and social deprivation in Ciudad Juárez, Mexico

ABSTRACT

The objective of this work is to analyze the existence of spatial spillover that generate intra-urban differences, both in the generation of travel and in travel times to work in public and private transport associated with cadastral values, accessibility of employment and social deficiencies. Based on inputs from localization theory, employment subcenters and spatial interaction, a quantitative methodology was designed to estimate three models of spatial regression. In the results, on the one hand, it was found that the cadastral value variable has indirect effects on attracting daily trips; on the other, social deficiencies are associated with longer travel times on public transport and the accessibility index to private transport employment. The methodological proposal provides an alternative for the analysis of urban variables, for the incorporation of the effects of spatial spillover in the generation of politics related to daily mobility.

Keywords: Spatial spillover. Mobility. Spatial distribution. Spatial regression. Urban development.

Palavras-chave: Transbordamento espacial. Mobilidade. Distribuição espacial. Regressão espacial. Desenvolvimento Urbano.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo urbano en México se ha caracterizado, entre otros aspectos, por la expansión de sus zonas urbanas y un constante incremento demográfico. Ambos fenómenos responden a diversos factores —que superan el alcance de este trabajo—, pero han tenido importantes implicaciones en materia de movilidad y estructura urbana. De continuar con estas tendencias para el 2030 las ciudades grandes del Sistema Urbano Nacional (ciudades de 1 a 5 millones) representarán el 30.58 por ciento del total de población del país. Ahora bien, de prevalecer el patrón expansivo del Sistema Urbano Nacional se espera; por una parte, un aumento en las distancias, tiempos y costos de los trayectos urbanos, crecimiento de las externalidades o costos sociales negativos y mayor inversión para lograr mejorar las conexiones espaciales (ONU, 2017). En México, el patrón territorial expansivo y en general las desigualdades marchan de manera paralela.

De acuerdo con Altamirano y Flamand (2018, p. 60) México ha experimentado un crecimiento económico errático y desigual en las últimas décadas. Situación que agudizó la brecha entre las distintas entidades federativas de México, de acuerdo con el Coneval (2021) las entidades de Veracruz, Chiapas, Guerrero y Oaxaca en el sur del país son las que registran un muy alto valor de rezagos sociales. Por otra parte, entidades de la frontera norte, entre ellas, Chihuahua registran valores bajos y medios de rezagos sociales. A nivel metropolitano, la distribución geográfica intraurbana del rezago espacial muestra una incipiente heterogeneidad¹, tal es el caso de Ciudad Juárez que no es ajena a esa dinámica y se caracteriza por una marcada desigualdad. En la ciudad fronteriza la carencia por rezago social alcanzó la cifra de 31.6 por ciento de la población. Mientras que el porcentaje de rezago educativo es de 26.3. Continuando con los indicadores se menciona que la población con un ingreso inferior a la línea de

1 Para una revisión de la distribución geográfica del índice de rezago social a escala metropolitana puede consultarse: Rezago social a nivel de zonas urbanas (ageb urbanas) disponible en https://www.coneval.org.mx/Medicion/IRS/Paginas/Rezago_social_AGEB_2010.aspx.

bienestar mínimo representó el 33.6 por ciento de la población total de la ciudad. En suma, el 74 por ciento de la población de Ciudad Juárez está en situación de pobreza extrema y pobreza moderada; en contraste, el 22.3 por ciento de la población no es pobre ni vulnerable (Fuentes et al., 2018).

La incorporación de los temas de sostenibilidad ambiental, generó un interés acerca de los niveles y patrones adecuados de movilidad deseable. En consecuencia, la discusión sobre pobreza y el transporte deberá centrarse en el contexto de la sostenibilidad social del transporte y la movilidad urbana. La Cepal considera que el transporte y la pobreza se convierten en dimensiones políticas significativas en cualquier discurso integral sobre sostenibilidad (Cepal, 2013). En este contexto la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (INEGI, 2016) indicó que el gasto de las familias mexicanas que viven en las zonas urbanas representa el segundo gasto familiar con un 19.3 por ciento; cifra que equivale a siete veces más que el gasto familiar en salud (2.7%). En cuanto a la proporción del gasto en transporte público la encuesta refiere que las familias en situación de pobreza gastan el 11 por ciento de su ingreso; mientras que las familias con mayores ingresos dedican el 0.8 por ciento.

Es necesario, por tanto, aportar nuevos hallazgos que favorezcan la explicación de las condiciones actuales de movilidad urbana y aquellas dimensiones que en el contexto urbano de Ciudad Juárez han ocasionado una desigualdad espacial, entre ellas, los niveles de carencias sociales y la accesibilidad al empleo. Para Castañeda-Olvera (2020), la movilidad urbana es un elemento clave para visualizar la desigualdad urbana.

La revisión de la literatura en este tema es amplia y se distinguen los aportes de estudiosos que han abordado el tema desde los impactos de los usos de suelo y la estructura del empleo en la movilidad urbana (Cervero, 1988, 1991, 1996; Ewing et al., 1996, 2003; Ewing et al., 2004). En cuanto a los factores que motivan a realizar viajes es importante distinguir la escala; por una parte, a nivel de los hogares se considera su estructura, tamaño, el ingreso y la posesión de vehículos, mientras que los estudios a nivel de áreas o zonas toman en cuenta el valor del suelo y la densidad residencial-empleo (Cueto, 2016, p. 25). Los efectos y desbordamientos espaciales han sido empleados principalmente para valorar los impactos directos e indirectos de la inversión en infraestructura del transporte; para los impactos espaciales de la tarificación vial, la demanda de viajes, el binomio entre crecimiento económico e inversión en infraestructura del transporte, la interacción intrarregional e interregional de los flujos de autobuses y otros medios de transporte como el metro y estaciones de tren de alta velocidad (Gutiérrez et al., 2010, 2011; Condeço-Melhorado et al., 2011, 2014; Yu, et al., 2013; Álvarez, et al. 2016; Xie et al., 2016; Jiang et al., 2016; Thanos et al. 2017; Bardaka et al., 2018; Zheng, et al., 2019; Li, et al., 2020; Qi, et al., 2020).

Trabajos previos en la zona de estudio han analizado los efectos de la estructura urbana, la accesibilidad al trabajo y las características socioeconómicas en los tiempos de desplazamiento al empleo (Fuentes, 2008, 2009), pero no se han abordado a nivel local, y de acuerdo con nuestra revisión de la literatura tampoco a nivel nacional los efectos de desbordamiento espacial de los indicadores de accesibilidad al empleo, carencias sociales y valor catastral en el indicador de tiempo de traslado al empleo. La influencia entre unidades urbanas que comparten proximidad geográfica crea un efecto conocido como desbordamiento espacial (*spatial spillover*). El hecho que una zona *j* vecina de la zona *i* registre; por ejemplo, diferentes niveles de empleo, condiciones sociales o características urbanas con diferentes valores catastrales ocasionarán efectos sobre la generación-atracción de viajes y tiempos de traslado de la zona *i*. Cabe hacer notar, por una parte, que rezago espacial (*spatial lag*) es un concepto muy utilizado en las técnicas de regresión espacial, este mide el impacto producido por la variable dependiente (*Y*), las variables independientes (*X*) o el término del error (*u*), observados en

la unidad j diferentes de la unidad i . Mientras que el desbordamiento espacial (*spatial spillover*) se define como el impacto marginal producido por una variación en una variable explicativa, de una unidad del corte transversal sobre los valores de la variable dependiente en otra unidad. El efecto indirecto añade información útil al efecto directo (Elhorst & Halleck, 2017).

En este contexto, el objetivo de este trabajo es analizar la existencia de desbordamientos espaciales que generan los valores catastrales, la accesibilidad del empleo y a las carencias sociales en los tiempos de viajes hacia el trabajo utilizando el transporte público y privado en Ciudad Juárez. Para ellos se aplicaron tres modelos clásicos de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) y tres modelos espaciales: autorregresivos (SAR), rezagados en X (SLX) y un modelo Durbin espacial (SDM).

Se consideraron dos efectos espaciales por separado: en primer lugar, el efecto local que provocan las variables de empleo total y valor catastral sobre la cantidad de viajes que se originan en la zona i , dependen no solamente de los valores de empleo y catastral de esa zona, sino también del empleo y del valor catastral de las zonas vecinas j . En segundo lugar, el efecto que se busca estimar es el que provocan las variables de accesibilidad al empleo y las carencias sociales sobre los tiempos de traslado al empleo de la zona i , que depende no solamente de la accesibilidad al empleo y las carencias sociales de la zona analizada, sino, también de la accesibilidad y las carencias de las zonas vecinas j .

La información para desarrollar este trabajo proviene de una base de datos generada mediante la encuesta origen-destino 2019, que contiene información de la cantidad de viajes cotidianos y su duración en minutos a nivel intraurbano (Chaparro, 2020). Además de las variables de empleo que fueron construidas a partir del censo económico 2014 (INEGI, 2020). También se analizaron los valores catastrales de suelo por metro cuadrado publicados por el Gobierno del Estado de Chihuahua (2018) así como la base de datos de pobreza multidimensional a nivel intraurbana para Ciudad Juárez (Fuentes et al., 2018). La información usada fue a nivel de unidades territoriales de análisis lo que permitió el estudio urbano.

Este trabajo está dividido en cinco secciones, en la primera se presenta una revisión de dos enfoques teóricos que dan sustento a la investigación: el primero desde los aportes de la teoría de la localización y estructura urbana; el segundo a partir de los fundamentos sobre el tema de la interacción espacial. En la segunda sección se describe el enfoque metodológico, que se utilizó con el fin de lograr los objetivos planteados. La tercera sección describe el estado más reciente del acceso al empleo a nivel intraurbano y las características generales de los tiempos invertidos en los viajes hacia los lugares de trabajo. En la cuarta sección se analizan las relaciones entre las variables mediante la construcción de los modelos clásicos y espaciales. Al final las conclusiones y las referencias consultadas.

MARCO TEÓRICO

Para la construcción del marco teórico se consideraron dos grandes enfoques teóricos – conceptuales. El primero con los aportes de la teoría de la localización estrechamente vinculada con la discusión sobre la forma de la estructura urbana, pero centrándose en los aportes del modelo de subcentros y el rol que tiene el empleo en la configuración de este tipo de acomodo espacial dentro del ámbito intraurbano. El segundo retoma los planteamientos de la interacción espacial a partir de los flujos de dos o más unidades que están determinados por dos dimensiones: en primer término, por los pesos

específicos de la cantidad de empleos o población en cada una de las unidades, y en segundo lugar por la distancia que las separa.

Localización y estructura urbana

Es un hecho que a Thünen se le considere como el principal exponente, y el primero en presentar un modelo racional de los precios diferenciados de los productos agrícolas que se manifiesta en una particular organización del espacio. A partir de la idea que el costo del transporte está relacionado directamente con la renta del suelo, se genera un modelo concéntrico donde el suelo más alejado del centro registra la rentabilidad más baja, hasta un cambio de cultivo y de técnicas de elaboración para disminuir los costos de producción y balancear los costos del transporte (Hall, 1966). Wingo (2016, p. 24) menciona que el trabajo de Thünen fue extendido entre otros por Hurd, Lösch, Isard y Dunn, sobre todo señala el trabajo de Hurd, quien a principios del siglo XX, planteó la interrelación del sistema de transporte y los valores del suelo urbano. Por otra parte, Alonso (1960, p.149) también da méritos al trabajo de Hurd, pero señala que al no tomar en consideración el uso residencial en su modelo, Hurd no alcanzó el impacto esperado, ya que el uso de suelo residencial es el preponderante en las áreas urbanas.

Alonso (1964) fue uno de los primeros autores en formular un modelo de localización urbana a partir del trabajo de Thünen, retomando los supuestos centrales del planteamiento principal; por ejemplo, la ciudad aislada, símil de la primera parte del modelo concéntrico, la sustitución del mercado urbano -destino de los productos agrícolas- por el Distrito Central de Negocios (DCN o CBD siglas en inglés de *Central Business District*), e introduce tres conceptos clave para la nueva formulación de la localización urbana: 1) la renta ofertada *bid-price*, que más tarde se conocerá como *The bid-rent model*; 2) *trade-off*; y 3) la decisión de localización en función de la accesibilidad, precio y dimensión de la vivienda.

El trabajo de Muth (1969) al igual que Alonso (1964) considera costos crecientes de traslado hacia el DCN, pero agrega dentro de su trabajo una diferencia entre espacio residencial -al suelo urbano se agrega el capital para la construcción de las viviendas- y el suelo urbano en general. Mill (1972) propone extender la definición del DCN por el de DCC -siglas de Distrito Central de Comercio-. Por otro lado, Alonso (1964) y Muth (1969) sostienen que el DCC amplía la noción hacia una zona donde se desarrolla todo el comercio de la ciudad, y como complemento de los autores previamente mencionados, la formulación del modelo incluyó los diferentes sectores que participan en la asignación del suelo.

Los autores previamente mencionados coinciden que el empleo es una variable exógena y las personas tendrían que elegir entre distancia al empleo o tamaño de la vivienda. El modelo clásico parte de un supuesto central: el costo del transporte está en función de la distancia al DCN, donde menor distancia implica una mayor renta del suelo y, por lo tanto, una vivienda tendrá un mayor precio. La adquisición de una vivienda fuera del DCN aumenta los costos del traslado a cambio de un menor precio de la vivienda. En este sentido, el modelo clásico de la mayor importancia a la distancia del viaje o traslado.

El tiempo de viaje es una variable estrechamente vinculada con la distancia, mediante una comparación de la duración de trayectos en las veinte principales áreas metropolitanas de Estados Unidos entre 1980 y 1985, Gordon, Richardson y Jun (1991) plantean el término 'la paradoja de los desplazamientos', la cual encuentra que la duración del viaje no parecía haber incrementado por causa del congestionamiento evidente en muchas de las zonas metropolitanas. La explicación a la paradoja se plantea de la siguiente manera:

los viajeros racionales tarde o temprano elegirían un nuevo trabajo o una nueva residencia para escapar de los costos producidos por el congestionamiento, pero lo anterior solo sería posible en aquellas zonas metropolitanas donde el empleo estuviera disperso.

El vínculo entre la movilidad y la localización de los empleos a nivel intraurbano suele incorporarse en los modelos de subcentros de estructura urbana. Basta mencionar el balance o desajuste entre los costos de desplazamiento y los costos de congestión con grandes fuerzas en la formación de nuevos subcentros. Se asume que la configuración espacial en forma de subcentros tiene una ventaja para las personas que tendrían mayor acceso, por ende, menores costos de tiempo comparándolos con el desplazamiento hacia el centro principal. Las referencias en este tema, incluye una importante producción académica en diversos contextos. (Cervero & Wu, 1997; Giuliano & Small, 1991; Gordon & Richardson, 1996; Marmolejo et al., 2010, 2013; McDonald, 1987; McDonald & McMillen, 1990; McMillen, 2003; Roca Cladera et al., 2009).

Accesibilidad / interacción espacio – temporal

En un sentido muy general, la accesibilidad está ligada a la distancia que separa los lugares a los cuales las personas necesitan recurrir ya sea para trabajar, estudiar, satisfacer necesidades básicas, entre otras actividades. Por lo tanto, la accesibilidad se configura como una función de la cercanía o proximidad de las personas a un determinado lugar en el que se encuentra su trabajo, equipamiento o servicios. Además de la perspectiva de proximidad, se han considerado las medidas de accesibilidad como una función del tiempo que las personas emplean para llegar a determinados lugares, en donde se analizan los costos individuales o colectivos. Sin embargo, el concepto de accesibilidad urbana aborda con mayor fidelidad la complejidad que representan los movimientos de las personas en los entornos urbanos (Crotte & Nazareno, 2020), Geurs y van Eck (2001) mencionan que la accesibilidad es el resultado de la combinación del sistema de usos de suelo y transporte, esta combinación permite a las personas, y también a los bienes alcanzar actividades a través de la combinación de diversos modos de transporte.

Se atribuye al trabajo de Reilly (1931, p. 9) el punto de partida de lo que se conoce como el enfoque de interacción espacial para determinar el peso entre dos o más ubicaciones, este autor menciona que las ventas minoristas gravitan desde ciudades pequeñas hasta otras más grandes. Si bien el planteamiento de Reilly ha sido criticado por su simplicidad, no se puede negar que a partir de este se construyeron nuevas alternativas para estudiar la interacción entre las ciudades y sus fenómenos. Desde el mismo enfoque gravitatorio, Huff (1963) desarrolló su modelo a escala intraurbana para determinar la atracción del comercio minorista. Además de exponer las limitaciones de los modelos previos, plantea una expresión formal para valorar la probabilidad de elección, considerando la noción de costos de oportunidad, inversamente relacionada con la utilidad del consumidor (Huff, 1963, p. 86).

Para Miller (2018, p. 551) el concepto de accesibilidad no tiene consenso en su definición, medición y aplicaciones prácticas. A pesar de lo anterior, diversos autores (Ben-Akira & Lerman, 1985; Black & Conroy, 1977; Handy & Niemeier, 1997; Hansen, 1959; Hanson & Schwab, 1987; Huff, 1963; Reilly, 1931; Vickerman, 1974; Wilson, 1971) han propuesto las siguientes medidas de accesibilidad agrupadas en cuatro grandes categorías: 1) Derivadas del modelo de gravitación/entropía, 2) distancia y tiempo de un origen a un destino, 3) oportunidades acumuladas dentro de un umbral de tiempo o distancia, y 4) medidas basadas en la utilidad.

De esas categorías, las primeras tres son las más utilizadas debido a que son consistentes con lo que Miller (2018, p. 551) menciona como axiomas de accesibilidad. Entre estos axiomas aquí destacamos cuatro de ellos: el concepto de accesibilidad que combina los términos de impedancia de viaje con el atractivo o magnitud de oportunidades; es una medida del potencial para interactuar; la suma de oportunidades ponderada por la facilidad de interacción (si hay muchos empleos cercanos al domicilio, la accesibilidad al empleo definitivamente será mayor ponderada por la distancia o tiempo de desplazamiento); y el potencial de interacción -accesibilidad- está vinculado a la demanda de viajes y a las opciones de ubicación de los hogares y los empleos. Además de lo anterior, son de mayor uso porque son fáciles de estimar y pueden generar valores estadísticamente significativos en los modelos de ubicación-localización.

ZONA DE ESTUDIO

Ciudad Juárez, en el estado de Chihuahua, México, es una urbe relevante en el contexto fronterizo del norte del país. Algunos datos que marcan su notabilidad a nivel nacional son los siguientes: en el 2018 fue la tercera ciudad con mayor captación de inversión extranjera y de crecimiento del mercado inmobiliario industrial, y durante el 2019 fue la segunda ciudad con más de 220 mil metros cuadrados de ocupación de naves industriales (Gobierno del Estado de Chihuahua, 2019, 2020). Lo anterior es resultado de las ventajas que ofrece su posición geográfica y colindante con la Ciudad de El Paso en el estado de Texas, Estados Unidos, ambas ciudades conectadas por los puentes internacionales como se muestra en la Figura 1, la ciudad tiene condiciones favorecedoras para la movilidad terrestre binacional y exportación de productos.

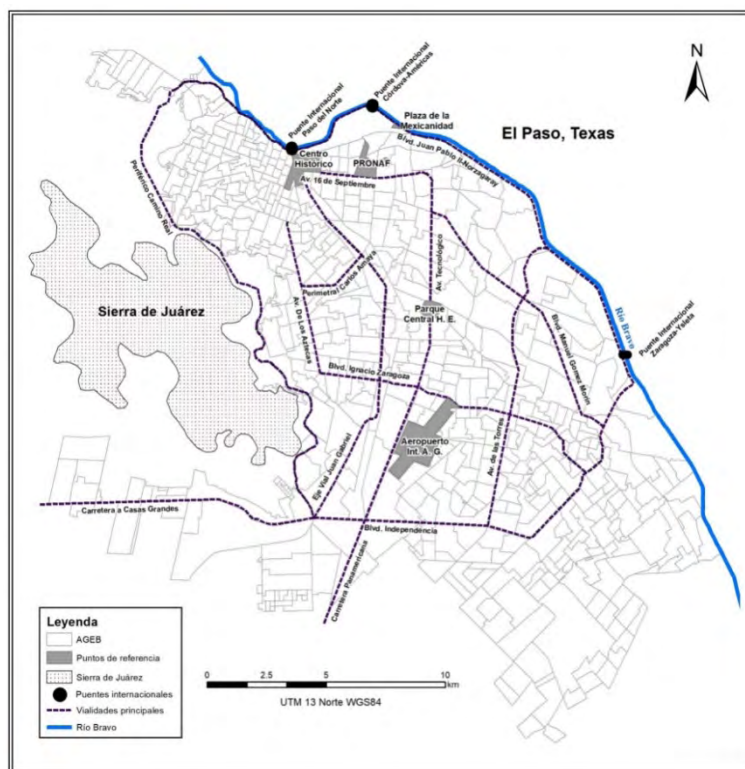


Figura 1. Contexto de Ciudad Juárez, vialidades principales y puentes internacionales. Fuente: elaboración propia con datos del Instituto Municipal de Investigación y Planeación (2019).

El auge económico impulsado por la industria manufacturera a partir de la década de los sesenta del siglo XX ocasionó un crecimiento físico y demográfico de la ciudad. Dicha expansión requirió la construcción de nuevas vialidades primarias entre 1980 y el 2010. En términos de la tasa de crecimiento, la superficie urbana entre 1960 y 1970 fue de 11.4, la más alta registrada (Fuentes, 2009), mientras que la tasa de crecimiento demográfico de 1950 a 1960 fue de 7.7, superior al promedio nacional de 3.0; sin embargo, en la actualidad el crecimiento demográfico, si bien es positivo, tiende a disminuir considerablemente (Martínez, 2013). En la actualidad el total de la población es de 1,501,551 lo que ubica a la urbe fronteriza como la sexta ciudad más poblada de México (INEGI, 2021).

MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

Índice de accesibilidad al empleo y empleo total

La construcción del índice de accesibilidad al empleo (IAE) es una derivación del modelo gravitacional (Huff, 1963), ampliamente empleado en estudios urbanos (Fuentes, 2008, 2009). El IAE captura la intensidad —atracción— de desplazamiento de los trabajadores desde una zona i hasta una zona j , y dicha atracción está determinada por la fuerza del empleo en la zona j con relación al empleo en toda la ciudad (Fuentes, 2009). Este índice recapitula los axiomas de accesibilidad mencionados previamente por Miller (2018).

Un aporte de esta investigación respecto a los trabajos previos radica que el IAE se calculó mediante el análisis de redes empleando una matriz origen-destino, construida a partir de la estratificación espacial de la ciudad en 64 zonas con similitudes en características sociodemográficas, empleadas para la aplicación de las encuestas origen-destino, de esta manera se obtuvo la interacción entre zonas de movilidad medida con cantidad de viajes, tiempos y distancias tipo Manhattan, esta última considera la distancia total entre dos puntos medida a lo largo de la red vial, como resultado, los valores son más cercanos a la realidad que las distancias euclidianas. Para el cálculo del IAE se dividió el total de empleo E de la zona i entre la distancia D de cada zona j sobre el número de empleos y la distancia de todas las zonas de estudio. La información de empleo se obtuvo del Censo Económico 2014 recopilado por el INEGI. La fórmula queda expresada de la siguiente manera:

$$IAE = \frac{E_j}{D_{ij}} \frac{E_j}{\sum_{j=1}^n D_{ij}}$$

Tiempos de viaje al empleo

Los tiempos de viaje se obtuvieron de una encuesta origen-destino y de un modelo de red vial de la ciudad (Chaparro, 2020). Las encuestas se aplicaron de manera digital y física de enero a diciembre del 2019, con las cuales se obtuvo información de 384 viviendas habitadas, muestra determinada estadísticamente considerando una población finita definida previamente por el INEGI. Dentro de las viviendas se obtuvieron datos detallados de 1 126 personas entre 6 y 97 años, quienes describieron 5 851 viajes cotidianos realizados. Posteriormente con la aplicación de factores de expansión, se calculó que en Ciudad Juárez se realizan 3 248 570 viajes cotidianos en un día entre semana y 2 594 081 viajes un día en fin de semana. Con la encuesta se adquirieron las

localizaciones georreferenciadas de los orígenes y destinos, horarios y vialidades principales que recorren los usuarios por medio del transporte público y automóvil. Cada uno de los viajes se modeló en una red vial con el software ArcMap 10.6. Los vectores que conforman la red contienen los atributos de: velocidad promedio, distancia, jerarquía, sentido y restricciones de giros, parámetros que favorecieron a la determinación de las rutas más cortas entre el lugar de inicio y terminación de cada viaje.

Modelos de regresión múltiple

En primer lugar, se definieron tres modelos de regresión no espaciales, denominados modelos de referencia, estos fueron estimados por el método de mínimos cuadrados ordinarios. El primer modelo toma en consideración que la cantidad de viajes realizados a escala intraurbana es resultado de la cantidad de empleos disponibles y el valor de suelo urbano. Los otros dos modelos consideran como variable dependiente el tiempo de traslado al empleo utilizando transporte público y vehículo particular, y como variables explicativas el índice de accesibilidad al empleo y las carencias sociales. A continuación, se realizaron las pruebas al modelo de referencia para conocer si era o no necesario extenderlo con efectos de interacción espacial.

Modelos de regresión espacial

Los modelos de esta índole básicamente ayudan a analizar estadísticamente datos tradicionales pero ponderados por su posición geográfica. Por lo general, tres son las interacciones que pueden explicar cómo una observación en una ubicación específica puede depender de las observaciones en otras ubicaciones. La primera son los efectos de interacción endógenos, donde la variable dependiente de una unidad en particular depende de la misma variable en otras unidades y viceversa. La segunda interacción es de tipo exógena, aquí la variable dependiente de una unidad particular depende de las variables explicativas de las otras unidades del marco de análisis. Finalmente, la interacción en los términos del error, en la situación donde variables explicativas omitidas en el modelo están autocorrelacionadas espacialmente (Elhorst, 2014, p. 7–10).

El modelo general que incluye las tres interacciones toma la siguiente forma:

$$Y = \delta WY + X\beta + WX\theta + \mu$$

$$\mu = \lambda W\mu + \epsilon$$

Donde WY denota los efectos de la interacción endógena, WX se refiere a los efectos de la interacción exógena entre las variables independientes y $W\mu$ se refiere a las perturbaciones de las diferentes unidades. Elhorst (2014:10) denomina al modelo general como: *General Nesting Spatial* (GNS) porque ilustra todos los tipos de interacción espacial, δ es el coeficiente de autorregresión espacial, λ es el coeficiente de autocorrelación espacial, mientras que θ y β representan un vector de parámetros para estimar y W es una matriz de pesos que describe la configuración o disposición espacial de las unidades de análisis.

La estructura espacial autorregresiva puede ser combinada con un modelo de regresión convencional para generar una extensión del modelo que se conoce como SAR que toma la siguiente forma (LeSage & Pace, 2009):

$$Y = \rho WY + X\beta + \epsilon$$

Donde y representa la variable dependiente; W y los efectos de la variable dependiente; ρ es el coeficiente espacial autorregresivo; X es la matriz explicativa exógena asociada al coeficiente de regresión; β y ϵ es el error normalmente distribuido. En este modelo se implementan los parámetros estimados usuales de la regresión α , β , σ y se añade ρ (rho). Los rezagos espaciales son el sello distintivo de los modelos de regresión espacial.

El modelo con rezago espacial en X que se conoce como SLX es uno de los modelos más sencillos que genera efectos de desbordamiento espacial (*spillover*). Este modelo también utiliza la variable dependiente; X es la matriz explicativa exógena asociada al coeficiente de regresión β ; XY es la matriz de rezagos espaciales exógenos asociados a Θ ; y ϵ es un vector independiente de perturbaciones. La ecuación puede expresarse de la siguiente forma (Elhorst y Halleck, 2017):

$$Y = X\beta + WX\Theta + \epsilon$$

Otra de las ventajas del modelo SLX es su ampliación a partir de su forma general para incluir rezagos espaciales endógenos entre las variables dependientes WY tanto en Y (SDM) como en los errores (SDEM). El modelo espacial de Durbin (SDM) incluye rezagos espaciales tanto de la variable dependiente como de la variable independiente, y se expresa de la siguiente manera:

En el Cuadro 1 se presentan el resumen estadístico de las variables del estudio y la matriz de correlación.

Cuadro 1. Estadísticas descriptivas y matriz de correlación. Fuente: Elaboración propia con datos de Fuentes et. al. (2018), INEGI (2019) y Chaparro (2020).

Variable	M	DE	1	2	3	4	5	6
1. Viajes	90353.98	68937.33						
2. Tiempo auto	21.84	8.02	-.35**					
			[-.55, -.12]					
3. Tiempo transporte público	23.52	10.47	-.36**	.49**				
			[-.56, -.12]	[.28, .66]				
4. Carencias sociales	1.26	0.47	-.09	.21	.39**			
			[-.33, .16]	[-.04, .43]	[.16, .58]			
5. Empleo total	5583.06	7036.28	.67**	-.37**	-.42**	-.31*		
			[.51, .79]	[-.56, -.14]	[-.61, -.20]	[-.51, -.07]		
6. Valor catastral	362.15	223.33	.66**	-.45**	-.45**	-.44**	.60**	
			[.49, .78]	[-.63, -.23]	[-.62, -.22]	[-.62, -.22]	[.42, .74]	
7. Índice accesibilidad al empleo	0.05	0.05	.56**	-.39**	-.43**	-.35**	.93**	.59**
			[.36, .71]	[-.58, -.17]	[-.61, -.21]	[-.55, -.11]	[.89, .96]	[.40, .73]

Nota: M y DE representan la media y la desviación estándar, respectivamente. Los valores entre corchetes indican el intervalo de confianza del 95% para cada correlación. * indica $p < .05$. ** indica $p < .01$.

RESULTADOS

Accesibilidad al empleo

La revisión del tema de la estructura urbana dio como resultado que esta ha sido representada principalmente a través de la estructura de subcentros de empleo, para ello es importante referirse a los trabajos de Fuentes (2001), Fuentes y Hernández (2015) y Chaparro y Hernández (2020). En la Figura 2 se muestran los resultados más altos del índice de accesibilidad -muy cercanos a uno-, que coinciden con las principales vialidades. La distribución del índice está concentrada en el norte de la ciudad, y como se esperaba, el resultado está estrechamente vinculado con la ubicación de dos de los puertos fronterizos de la ciudad y la localización de los complejos industriales. El total de personal ocupado (374 607), que se consideró en el cálculo del índice, representa el 94 por ciento del empleo de todo el municipio de Juárez (396 911). En la ciudad el 61 por ciento del empleo corresponde a la industria manufacturera, el 18 por ciento a comercios y el 21 por ciento restante a servicios (INEGI, 2020). Es conveniente mencionar que las avenidas con nombre Eje Vial Juan Gabriel al poniente, y la carretera Juárez El Porvenir sur y suroriente delimitan los valores del índice de accesibilidad al empleo. La frontera con los Estados Unidos termina configurando la extensión de dicho índice.

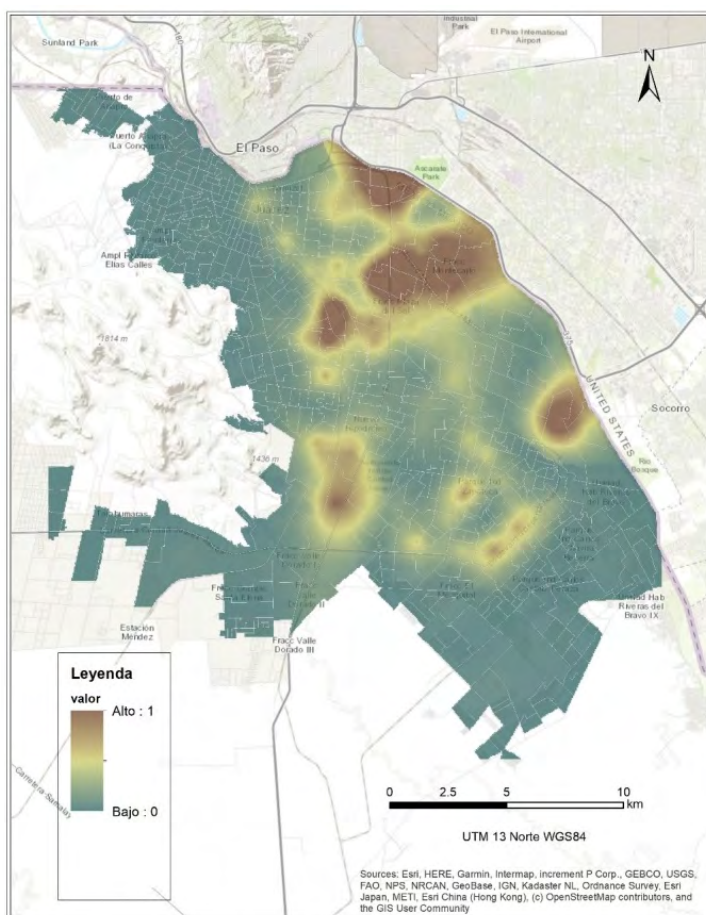


Figura 2. Índice de accesibilidad al empleo. Fuente: elaboración propia con datos del INEGI (2020).

El resultado del índice remarca la fragmentación, en términos de la accesibilidad al empleo, favoreciendo a las zonas con mayor consolidación urbana en términos de equipamientos e infraestructuras. Además de la concentración evidente de los valores altos (cerca de 1), se distinguen corredores urbanos de comercios y servicios a lo largo de las vías primarias de la ciudad.

Viajes cotidianos y los tiempos de traslado al empleo

Con base en la encuesta de movilidad cotidiana (Chaparro, 2020), las zonas norte y oriente de la ciudad son aquellas que atraen y generan una mayor cantidad de viajes. En la Figura 3 se aprecia que valores superiores a 100,000 viajes diarios. A través de la encuesta se determinó que predomina el viaje en automóvil con cerca del 69 por ciento, en segundo lugar, caminar con 18 por ciento y en tercer lugar con un 12.5 por ciento el uso del transporte público, es decir, el 81.5 por ciento de los desplazamientos se realizan por medios motorizados, motivo por el cual se consideró para este estudio. Uno de los resultados relevantes es la duración de los viajes cotidianos con un valor menor a 5 minutos realizados en automóvil, lo que indica una clara preferencia de este medio; en cuanto al transporte público el comportamiento temporal tiene un rango entre 10 y 60 minutos. Los viajes al trabajo lideran la lista de los motivos principales de desplazamiento con un 38.6 por ciento; los relacionados con los centros educativos principalmente ir a estudiar 21.9 por ciento; en tercer lugar, se prefiere viajar para llevar o recoger a otra persona con un 14.5 por ciento; los viajes emparentados con las compras, principalmente víveres, representan el 10.7 por ciento; las actividades recreativas con 11.2 por ciento tienen un ligero mayor porcentaje que las salidas a las compras; finalmente, los viajes como ir al médico y trámites de diversa índole con un porcentaje menor al dos por ciento (Chaparro; 2020, p. 122-123).

De acuerdo con Chaparro (2020), la zona norte de la ciudad atrae el 16 por ciento de la movilidad urbana total. La mayor movilidad coincide con la presencia del centro tradicional de la ciudad, conectada con las avenidas 16 de septiembre, Paseo Triunfo de la República y Tecnológico, junto al Eje Vial Juan Gabriel y el bulevar Manuel Gómez Morín, vialidades principales para realizar viajes al trabajo en esa zona de la ciudad. En cuanto a los viajes realizados en la porción sur de la ciudad, se distinguen 4 grupos dispersos: el primero al suroeste que atrae 2.63 por ciento de todos los viajes por su conectividad con la Carretera Panamericana y el Aeropuerto Internacional Abraham Gonzalez; el segundo, en la intersección de la avenida Francisco Villarreal Torres y bulevar Ignacio Zaragoza, capta 2.19 por ciento de viajes; el tercero es la zona conocida como Las Torres, la cual atrae 2.42 por ciento de los trayectos totales; y por último, al sureste de la ciudad en la intersección del bulevar Independencia y la avenida Ignacio Zaragoza, la zona genera 2.70 por ciento de la movilidad urbana total.

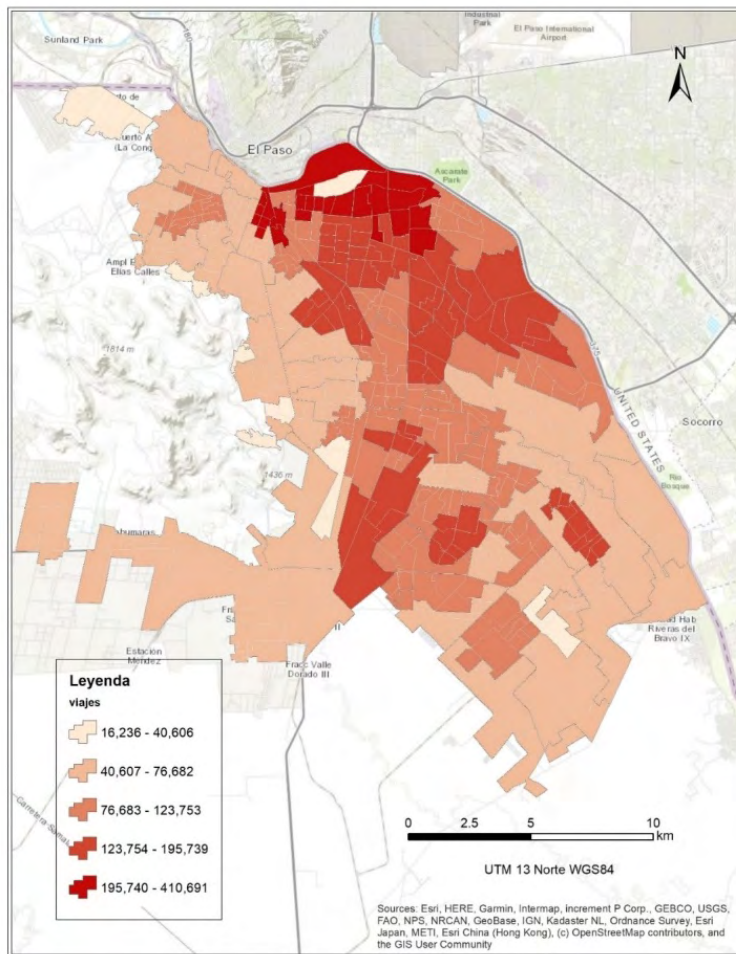


Figura 3. Viajes realizados en Ciudad Juárez. Fuente: elaboración propia con datos de Chaparro (2020).

También en la Figura 4 se muestran los tiempos en minutos de los desplazamientos hacia el trabajo (izquierda transporte público, derecha transporte privado). En el primero se distingue una zona con mayor homogeneidad al norte de la ciudad, donde los tiempos con el transporte público están dentro de un rango de 6.8 a 10.9 minutos. Mientras que al sur resalta la zona de Las Torres, pero con diferentes rangos de tiempo (de 6.8 a 17.9 minutos). En el segundo mapa, referente al transporte privado, el área que cuenta con desplazamientos entre 8.6 y 15.1 minutos se ubica al norte de la ciudad, incluso tiene una mayor extensión en comparación de los viajes por transporte público, por el contrario, los viajes de 26.5 a 46.1 minutos tienen mayor presencia en los extremos norponiente, surponiente, sur y suroriente de la ciudad.

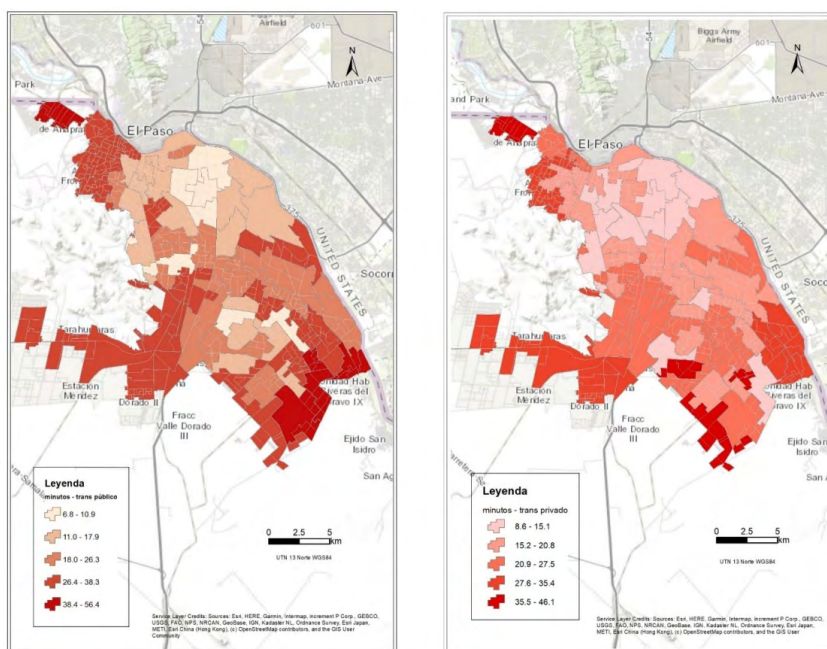


Figura 4. Promedio de viajes en minutos: transporte público y privado en Ciudad Juárez. Fuente: elaboración propia con datos de Chaparro (2020).

Modelo de viajes cotidianos, total de empleo y valores catastrales

Cabe señalar que, debido a la incorporación de los rezagos espaciales en los modelos de regresión, las estimaciones contienen una gran cantidad de información sobre las relaciones entre las regiones. Por ejemplo, un cambio en una sola observación asociada con cualquier variable explicativa afectará a la observación misma -impacto directo- y potencialmente afectará a las demás observaciones -impacto indirecto-

El primer resultado fue determinar el tipo de interacción espacial, según los estadísticos LM y LM-robustos. Si el LM-lag es más significativo que el LM-error entonces es más apropiado un modelo de tipo SAR, al contrario, una mayor significancia del LM-error versus el LM-lag indica considerar un modelo SEM (Elhorst, 2014; Elhorst & Halleck, 2017; LeSage & Pace, 2009). Según los estadísticos del Cuadro 2, es más adecuado un modelo de rezago espacial (lag).

Para la consideración de los efectos espaciales, se especificaron los modelos SAR, SLX y SDM. Los resultados de los cuatro modelos ofrecen valores muy similares, y en cada uno de ellos los coeficientes de empleo total y valor catastral son estadísticamente significativos y con el signo esperado. Mientras que el valor de la R^2 ajustada del modelo clásico indica una explicación de la varianza de 53.6 por ciento de la cantidad de viajes intraurbanos, el valor se incrementa ligeramente al tomar en cuenta el efecto de rezago en las variables independientes con 55.5 por ciento de explicación de varianza en la variable dependiente.

Cuadro 2. Resultados de modelos de viajes intraurbanos, empleo total y valores catastrales. Fuente: *Elaboración propia con datos del Gobierno del Estado de Chihuahua (2018), INEGI (2019) y Chaparro (2020).*

	MCO	SAR	SLX	SDM
Empleo total	4.212* (4.00)	3.926* (3.96)	4.204* (4.01)	4.064* (4.00)
Valor catastral	123.349* (3.72)	175.09* (4.34)	209.028* (3.47)	208.418* (3.66)
R ² ajustada	0.536		0.555	
Rho		-0.246		-0.118
W x empleo total			-2.256	-1.654
W x valor catastral			-58.363	-39.386
AIC	1563.39	1559.52	1562.62	1564.1
LM- lag	5.157* 0.023			
LM- error	1.431 0.231			
Robust Lm -lag	4.601* 0.031			
Robust LM - error	0.875 0.349			

En tercer lugar, según el criterio del AIC el mejor modelo es el SAR, pero no existe una diferencia entre los valores con los otros modelos. Puesto que el interés es determinar tanto los efectos exógenos como los endógenos, se han seleccionado los modelos SLX y SDM. Elhorst (2014) menciona que, para confirmar la existencia de desbordamientos espaciales, es preciso conocer y comparar los efectos directos e indirectos generados en los modelos espaciales, Xie y otros (2016) hace uso de esta recomendación en su trabajo de estimación de los efectos espaciales entre la inversión en infraestructura del transporte y el ambiente urbano. Concretamente es necesario comparar los coeficientes del modelo no espacial con los efectos directos del modelo espacial.

Comparados los resultados del modelo no espacial con los efectos directos de los modelos SLX y SDM (véase tabla 3), en general se puede observar que el coeficiente del valor catastral es mayor en los modelos espaciales. En cuanto a la variable empleo no se aprecia diferencia en ninguno de los modelos. Tanto en el modelo SLX y SDM el coeficiente valor catastral es estadísticamente significativo tomando en consideración el impacto total del indicador. Los efectos directos indican que, si el empleo de una determinada zona aumenta una unidad, la generación de viajes en esa misma zona aumentará entre 4.20 y 4.11 unidades. Además, el incremento de una unidad en el valor catastral de una zona redundaría en un aumento de 209.02 y 209.90 unidades de viajes generados para la misma zona.

Obsérvese en el Cuadro 3 que un desbordamiento espacial indirecto del empleo y del valor catastral tiene signo negativo, implican que un aumento del empleo y del valor catastral en la unidad i (propia) disminuye la generación de viajes en las unidades j (vecinas), es decir, se reduce la necesidad de salir de la unidad y recorrer largas distancias para acudir a trabajar, debido a que el puesto laboral se encuentra dentro de la misma unidad donde se encuentra el hogar. Los resultados obtenidos con los efectos indirectos también indica que, si se mantiene constante el valor catastral, un incremento de una unidad en el empleo de una determinada zona de la ciudad reduce

de 2.25 a 1.95 unidades en la generación de viajes de las zonas vecinas. Asimismo, si se mantiene constante el empleo, el aumento de una unidad del valor catastral de una determinada zona reduciría de 58.36 a 58.72 unidades la generación de viajes de las zonas vecinas. La explicación consiste que los niveles más altos de empleo en cada unidad territorial de análisis reducirían la necesidad o el incentivo para desplazarse en busca de empleo a otras unidades. Aunado a lo anterior, en la medida que los usos de suelo de las unidades propias (*i*) tiendan a aumentar su valor (generalmente diferentes al residencial), la generación de viajes tenderá a disminuir en la unidad vecina (*j*). Los efectos indirectos capturan el cambio en la variable dependiente en las zonas vecinas, como consecuencia de un cambio en una variable exógena en una determinada zona (LeSage & Pace, 2011).

Cuadro 3. Efectos directos e indirectos modelos SLX y SDM generación de viajes, empleo total y valores catastrales. Fuente: Elaboración propia con datos del Gobierno del Estado de Chihuahua (2018), INEGI (2019) y Chaparro (2020).

Impactos	Modelo SLX			Modelo SDM		
	Directos	Indirectos	Totales	Directos	Indirectos	Totales
Empleos	4.20372	-2.256141	1.94758	4.114411	-1.958579	2.155832
Valor catastral	209.0283	-58.362839	150.66546*	209.905605	-58.720998	151.184607*
<i>p</i> -valor	*<0.05	*<0.05	*<0.05	*<0.05	*<0.05	*<0.05

Todo lo anterior tiene sentido, ya que las zonas de la ciudad con alto índice de accesibilidad al empleo favorecen a las personas que viven en esa zona; mientras que las personas que residen lejos de los empleos solo se beneficiarían trasladándose a las zonas con ofertas de empleo, y por falta de puestos laborales cercanos, tienden a hacer desplazamientos de mayor duración en tiempo y distancia. Los resultados de este modelo son consistentes con los patrones de subcentros de empleo en la ciudad, identificados en trabajos revisados (Fuentes, 2008, 2009; Fuentes & Hernández, 2015; Chaparro & Hernández, 2020), incluso aportaría más evidencias concernientes a la ubicación de los subcentros de empleo y su vínculo con la movilidad, que se traduce en más viajes hacia las zonas con valores catastrales altos.

El análisis de la influencia espacial del valor catastral sobre la ejecución de viajes pone de manifiesto que el hecho que las zonas que incrementan el valor catastral en la zona *j* impactan positivamente la generación de viajes de la zona *i*. Esta externalización del valor catastral es una forma de desbordamiento espacial y tiene implicaciones en la forma de gestión de los usos de suelo en las áreas urbanas. Además, queda comprobado que se atrae una mayor cantidad de viajes conforme se incrementa el valor del suelo, este hecho concuerda con las zonas de mayor accesibilidad indicadas en investigaciones previas.

Incluir un rezago espacial en la variable endógena (dependiente) se justifica porque significa que la interacción o cantidad de viajes generados en *i* afectan potencialmente la cantidad de viajes generados en *j*, efecto capturado en los modelos SAR y SDM, además, el modelo SLX toma en cuenta el rezago de las variables exógenas. Una vez más ponemos a discusión que la combinación de estos modelos ayuda substancialmente a la explicación de los viajes intraurbanos valorando tanto los efectos directos causados por las unidades vecinas. Finalmente, los impactos totales se definen como el efecto en la variable dependiente (cantidad de viajes) derivado de un cambio en las variables explicativas (empleo y valor catastral) en toda la zona de estudio (LeSage & Pace, 2011). Por último, se verifica que para Ciudad Juárez un incremento de una unidad del valor catastral, si se mantiene constante el empleo, aumenta de 150.66 a 151.18 unidades la

ejecución de viajes. De ese total, sube de 209.02 a 209.90 unidades que corresponden al efecto directo, y el incremento de 58.36 a 58.72 unidades se refiere al desbordamiento espacial de los viajes realizados dentro de la ciudad.

Modelo tiempo de viaje al trabajo, carencias sociales y accesibilidad al empleo

Primero se estimaron dos modelos de referencia (MCO), en este caso los resultados se muestran en las tablas 4 y 6. La dirección de los signos son los esperados: el signo positivo, para el caso del promedio de carencias, significa que en medida que el promedio de carencias crezca también se incrementará el tiempo de traslado al empleo. Por el contrario, el signo negativo de los coeficientes del IAE, indica que conforme el potencial de atracción disminuye (empleo) el tiempo de traslado se incrementa. En segundo lugar, el coeficiente del promedio de carencias en el modelo de transporte público es superior al privado (5.98 vs 1.44), lo cual empíricamente se relaciona con el hecho de que los grupos sociales en desventaja tienden a invertir más tiempo en el transporte público hacia el empleo. En tercer lugar, el valor del coeficiente del IAE es similar en ambos modelos -3.55 para el modelo de transporte público y -2.93 para el transporte privado. Por lo tanto, parece prudente mencionar que tiene mayor peso el nivel de carencias, en términos de tiempo de viaje al trabajo, que el acceso al empleo. En cuarto lugar, los coeficientes del modelo de transporte público son estadísticamente significativos; mientras que para el modelo de transporte privado sólo el coeficiente del índice de accesibilidad al empleo es significativo. Por último, con la valoración del tipo de interacción espacial en el modelo de cantidad de viajes, se encontró que la probabilidad estadística de las pruebas LM-lag sugieren la estimación de un modelo SAR.

El valor de la R^2 ajustada del modelo clásico del tiempo invertido en viajes con transporte público (Cuadro 4) indica una explicación de la varianza de 22.6 por ciento, el valor se incrementa ligeramente al tomar en cuenta el efecto de rezago en las variables independientes, con un 32.5 por ciento de explicación de varianza considerando el modelo SAR. En cambio, la R^2 ajustada del modelo de transporte privado muestra una importante mejora (de 13.4 del modelo MCO a 27.5 por ciento del modelo SLX) tomando en cuenta los efectos espaciales (véase tabla 6). Según el criterio del AIC el mejor modelo tanto para el transporte público y privado es el SLX, como en el modelo de cantidad de viajes, por lo que se consideraron los modelos SLX y SDM.

Cuadro 4. Resultados de los modelos de tiempo de viaje en transporte público, índice de accesibilidad y promedio de carencias sociales. Fuente: *Elaboración propia con datos de Fuentes, et al (2018), INEGI (2019) y Chaparro (2020).*

	MCO	SAR	SLX	SDM
Carencias sociales	5.98* (2.27)	4.41 (1.77)	2.47 (0.87)	2.24 (0.82)
IAE	-3.55* (-2.87)	-2.53* (-2.16)	-1.81 (-1.40)	-1.67 (-1.34)
R^2 ajustada	0.226	0.325	0.321	
Rho		0.35* (2.45)		0.13 (0.53)
W x carencias sociales			6.46 (0.13)	6.03 (1.42)
W x IAE			-3.95* (-2.25)	-3.25 (-1.81)

CONCLUSIONES

Este estudio propone un método para explorar las relaciones que varían en el espacio y capturar los efectos del desbordamiento espacial entre el tiempo de viaje al empleo entre las diferentes zonas intraurbanas de Ciudad Juárez. Los resultados estadísticos confirman el efecto de desbordamiento espacial a nivel intraurbano. Estos resultados son consistentes con los hallazgos de estudios anteriores. Li y otros (2020) mencionan que considerar los efectos de desbordamientos espaciales ayuda a gestionar de mejor manera la demanda del sistema de transporte urbano. Por otra parte, identificar los efectos espaciales tiene importantes implicaciones en materia de inversión pública, un buen ejemplo en este tema se muestra en el trabajo de Gutiérrez y otros (2010), quienes generaron una matriz de desbordamientos para analizar el aumento o disminución de inversión directa en comparación de la infraestructura del transporte existente, en este caso la metodología hace transparente que regiones se benefician más de la inversión, sin importar el lugar de producción.

Los indicios de la relación entre las variables de transporte, valor del suelo y accesibilidad expuestas en las teorías de estructura urbana y localización, fueron fundamentales para la selección de variables y dar un enfoque diferente de estudio, con el objetivo de visualizar el impacto que ejercen zonas vecinas en una zona específica de observación. Además, se procuró determinar el nivel de sensibilidad de la cantidad de viajes a los cambios de los valores catastrales y el total de empleo por zonas; también la sensibilidad en el tiempo de traslado con los cambios en las carencias sociales y el índice de accesibilidad al empleo. En este sentido los resultados de este trabajo son consistentes con las evidencias empíricas de trabajos previos, los cuales encontraron que la localización de las actividades económicas incrementa la renta del suelo y hace inaccesible los terrenos cercanos para un gran sector de los trabajadores (Fuentes, 2008:74).

Para ello se utilizó una metodología capaz de abarcar las características de vecindad del área de estudio. A partir de las interacciones espaciales se verificó la existencia de efectos indirectos del valor catastral en los viajes intraurbanos; también de las carencias sociales y del IAE en el tiempo de traslado al trabajo en transporte público, mientras que el índice de accesibilidad mostró efectos indirectos en el tiempo de traslado al trabajo en transporte privado. Los resultados de esta investigación muestran la utilidad de considerar los efectos de desbordamiento en los modelos de regresión espacial y un avance relevante en el tema de estudio. Estos hallazgos coinciden con el crecimiento de la zona urbana que ha generado un patrón geográfico disperso, con indicios de una descentralización del empleo (Fuentes, 2008, 2009; Fuentes y Hernández, 2013, 2015; Chaparro y Hernández, 2020) y en consecuencia los cambios en la estructura urbana han ocasionado incremento en los viajes y tiempos promedios de traslados.

La contribución metodológica al aplicar los modelos de regresión múltiple y espacial permitieron la comparación de resultados entre los métodos y favorecieron a la explicación de los desbordamientos espaciales asociados a la accesibilidad al empleo, valor catastral y carencias sociales con efectos en la movilidad urbana. Por la naturaleza estadística de los modelos de regresión, se consideran una importante herramienta, capaz de dar validez estadística a los resultados y su replicabilidad en otras investigaciones relacionadas con temas urbanos. Una de las conclusiones de este trabajo es que en lugar de centrarse en la estimación de modelos con un solo rezago; por ejemplo, los modelos SAR y SEM, es muy conveniente aplicar los modelos SLX y SDM con múltiples rezagos espaciales.

Como se discutió anteriormente, la ventaja no es limitarse a la estimación de los parámetros correspondientes, sino considerar todos los efectos del desbordamiento espacial. El modelo SLX tiene la propiedad de que las estimaciones de los parámetros asociados

a los rezagos espaciales de las variables exógenas (independientes W X) coinciden con los efectos de desbordamiento espacial (efectos indirectos), propiedad interesante como punto de partida en estudios empíricos (Elhorst y Halleck, 2017: 48). Por su parte, el modelo SDM, además de la estimación de los desbordamientos incluye rezagos tanto en la variable endógena como en las exógenas.

Con base en los resultados, los niveles más altos del potencial de atracción de las unidades vecinas j a una unidad i tienden a mejorar los tiempos de desplazamiento; en contraste, los resultados de desbordamiento espacial de las carencias sociales no tienen consecuencias generales considerando el transporte privado. En este sentido, una política urbana que impacte en la mejora de las condiciones sociales tendría un efecto en la reducción de los tiempos de traslado. Una medida oportuna será fomentar mejores condiciones de transporte público para las zonas menos favorecidas de la ciudad. Aunado a lo anterior, seguir concentrado y reforzar el potencial y accesibilidad del empleo reduciría el tiempo de viaje, pero para las zonas vecinas a las unidades con valores altos de accesibilidad, es decir, este comportamiento solo tiene impactos a escalas locales. La desconcentración de los lugares de trabajo favorece a mejorar los índices de accesibilidad y generaría patrones menos diferenciados o más homogéneos de viajes al empleo con sus respectivas ganancias de costes en tiempo y distancia. Por lo que se puede afirmar que la distribución espacial del empleo tiene un impacto directo y medible en el tiempo de traslado.

Aunque los modelos propuestos son capaces de dar una respuesta favorable a los objetivos de este trabajo y son útiles para analizar las relaciones que varían en el espacio urbano, algunos retos deben afrontarse e investigar más a fondo. 1) mejorar la precisión de los modelos mediante la incorporación de otras variables que capturen la dinámica de la estructura urbana. 2) El modelo no incluyó las características y elementos de los vínculos físicos de la zona de estudio, que manifestará las impedancias de viaje en el modelo. Por lo tanto, las pautas para investigaciones futuras pueden incluir: la extensión del modelo aprovechando el conocimiento previo de algunos parámetros ya estimados en este trabajo; modelar otras relaciones considerando patrones que varíen tanto en el tiempo como en el espacio. Finalmente, a partir de los resultados y la consideración del concepto de accesibilidad recomendamos que se retomen en futuros trabajos la noción de accesibilidad urbana con el objetivo de determinar la facilidad de acceso que tiene la población a ciertos bienes y servicios a distintas escalas urbanas. En este sentido, no se busca promover desplazamientos en menores tiempos; sino que las personas puedan solventar sus necesidades cotidianas en su escala inmediata —barrio, colonia, sector urbano—. Entre las ventajas podemos mencionar disminuir la carga en los sistemas de transporte, reducir las desigualdades socioespaciales, generar intervenciones puntuales en términos de dotación de fuentes de empleo, en comercios y espacios públicos o servicios en un espacio particular de la ciudad, al contrario de promover que las personas tengan que trasladarse a otra parte de la ciudad para realizar dichas actividades.

BIBLIOGRAFÍA

- » Alonso, W. (1960) A Theory of the urban land market. *Papers in Regional Science*, 6(1), 149–157.
- » Alonso, W. (1964) *Location and land use. Toward a general theory of land rent*. Harvard University Press.
- » Altamirano, M. & Flamand, L. (Eds.) (2018). *Desigualdades en México / 2018* (1a ed.). El Colegio de México.
- » Anselin, L. & Rey, S. (1991) Properties of Tests for Spatial Dependence in Linear Regression Models. *Geographical Analysis*, 23(2), 112–131. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1991.tb00228.x>
- » Ben-Akiva, M. & Lerman, S. (1985) *Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand*. The MIT Press.
- » Bera, A. K. & Yoon, M. J. (1993) Specification Testing with Locally Misspecified Alternatives. *Econometric Theory*, 9(4), 649–658. <https://doi.org/10.2307/3532679>
- » Black, J. & Conroy, M. (1977) Accessibility Measures and the Social Evaluation of Urban Structure. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 9(9), 1013–1031. <https://doi.org/10.1068/a091013>
- » Castañeda-Olvera, D. (2020) Movilidad y desigualdad social. Reflexiones sobre la Ciudad de México. *Quívera. Revista de Estudios Territoriales*, 22(2), 85–103.
- » Cepal (2013) El transporte, la pobreza y el avance hacia sociedades con bajas emisiones de carbono. *Boletín FAL*, 318(2).
- » Cervero, R. (1988) Land-Use Mixing and Suburban Mobility. *Transportation Quarterly*, 42(3), 429–446.
- » Cervero, R. (1991) Land Uses and Travel at Suburban Activity Centers. *Transportation Quarterly*, 45(4), 479–491.
- » Cervero, R. (1996) Mixed land-uses and commuting: Evidence from the American Housing Survey *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 30(5), 361–377.
- » Cervero, R. & Wu, K.-L. (1997) Polycentrism, Commuting, and Residential Location in the San Francisco Bay Area. *Environmental and Planning A: Economy and Space*, 29(5), 865–886. <https://doi.org/doi: 10.1068/a290865>
- » Chaparro, I. (2020) *El impacto de la estructura urbana en la movilidad cotidiana de Ciudad Juárez*. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.
- » Chaparro, I., & Hernández, V. (2020) La reconfiguración de los subcentros de empleo en Ciudad Juárez, Chihuahua, 2004-2014. In *Región y Sociedad* (Vol. 32). <https://doi.org/10.22198/rys2020/32/1268>
- » Coneval. (2021) *Índice de rezago social 2020 a nivel nacional, estatal, municipal y localidad*. https://www.coneval.org.mx/Medicion/IRS/Paginas/Indice_Rezago_Social_2020.aspx
- » Crotte, A. & Nazareno, J. (2020) *Cambio de paradigma: de la movilidad a la accesibilidad urbana*. <https://blogs.iadb.org/transporte/es/cambio-de-paradigma-de-la-movilidad-a-la-accesibilidad-urbana>

- » Cueto, C. (2016) *Modelo de generación de viajes de la ciudad de Santander utilizando técnicas de elección discreta*. Universidad de Cantabria.
- » Elhorst, J. P. (2014) *Spatial Econometrics. From Cross-Sectional Data to Spatial Panel*. Springer.
- » Elhorst, J. P., & Halleck, S. (2017) El modelo SLX: ampliación de la forma general y sensibilidad de los desbordamientos espaciales a la especificación de la W. *Papeles de Economía Española*, 152, 34–50.
- » Ewing, R. Deanna, M., & Li, S.-C. (1996). Land Use Impacts on Trip Generation Rates. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1518(1), 1–6. <https://doi.org/10.1177/0361198196151800101>
- » Ewing, R., Haliyur, P., & Page, G. W. (2004) Getting around a traditional city, a suburban planned unit development, and everything in between. *Transportation Research Record*, 53–62.
- » Ewing, R., Pendall, R. & Chen, D. (2003) Measuring Sprawl and Its Transportation Impacts. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1831(1), 175–183. <https://doi.org/10.3141/1831-20>
- » Fuentes, C. (2001) Los cambios en la estructura intraurbana de Ciudad Juárez, Chihuahua, de monocéntrica a multicéntrica. *Frontera Norte*, 13(25), 95–118.
- » Fuentes, C. (2008) La estructura urbana y las diferencias espaciales en el tiempo de traslado del viaje al trabajo en Ciudad Juárez, Chihuahua. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 23(1), 55–81.
- » Fuentes, C. (2009) La estructura espacial urbana y accesibilidad diferenciada a centros de empleo en Ciudad Juárez, Chihuahua. *Región y Sociedad*, XXI(44), 117–144.
- » Fuentes, C. & Hernández, V. (2013) Segregación socioespacial y accesibilidad al empleo en Ciudad Juárez, Chihuahua (2000-2004). *Región y Sociedad*, XXV(56), 43–74. <https://doi.org/10.22198/rys.2013.56.a99>
- » Fuentes, C. & Hernández, V. (2015) La evolución espacial de los subcentros de empleo en Ciudad Juárez, Chihuahua (1994-2004): un análisis con indicadores de autocorrelación espacial global y local. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 30(2), 433–467.
- » Fuentes, C., Peña, S. & Hernández, V. (2018) La medición multidimensional de la pobreza a nivel intraurbano en Ciudad Juárez, Chihuahua (2012). *Estudios Fronterizos*, 19. <https://doi.org/https://doi.org/10.21670/ref.1801001>
- » Geurs, K. & van Eck, R. (2001). *Accessibility measure: review and applications. Evaluation of accessibility impacts of lands-use transport scenarios, and related social and economic impacts*. <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/408505006.pdf>
- » Giuliano, G. & Small, K. A. (1991) Subcenters in the Los Angeles region. *Regional Science and Urban Economics*, 21(2), 163–182. [https://doi.org/10.1016/0166-0462\(91\)90032-l](https://doi.org/10.1016/0166-0462(91)90032-l)
- » Gobierno del Estado de Chihuahua (2019) *Chihuahua Gobierno del Estado*. <http://www.chihuahua.gob.mx/contenidos/juarez-es-tercera-ciudad-con-mayor-captacion-de-inversion-extranjera-nivel-nacional>
- » Gobierno del Estado de Chihuahua (2020) *3 Informe de Gobierno 2016-2021*.
- » Gordon, P. & Richardson, H. W. (1996) Beyond Polycentricity: The Dispersed Metropolis, Los Angeles, 1970-1990. *Journal of the American Planning Association*,

- 62(3), 289–295. <https://doi.org/10.1080/01944369608975695>
- » Gordon, P., Richardson, H. W. & Jun, M.-J. (1991) The Commuting Paradox Evidence from the Top Twenty. *Journal of the American Planning Association*, 57(4), 416–420. <https://doi.org/10.1080/01944369108975516>
 - » Guy, C. M. (1983) The assessment of access to local shopping opportunities: a comparison of accessibility measures (Reading, UK). *Environment & Planning B*, 10(2), 219–237. <https://doi.org/10.1068/b100219>
 - » Hall, P. (1966) *Von Thünen Isolated State*. Pergamon Press.
 - » Handy, S. L. & Niemeier, D. A. (1997) Measuring Accessibility: An Exploration of Issues and Alternatives. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 29(7), 1175–1194. <https://doi.org/10.1068/a291175>
 - » Handy, S. L. (1992) Regional Versus Local Accessibility: Neo-Traditional Development and its Implications for Non-work Travel. *Built Environment*, 18(4), 253–267.
 - » Hansen, W. G. (1959) How Accessibility Shapes Land Use. *Journal of the American Planning Association*, 25(2), 73–76. <https://doi.org/10.1080/01944365908978307>
 - » Hanson, S. & Schwab, M. (1987) Accessibility and intraurban travel. *Environment & Planning A*, 19(6), 735–748. <https://doi.org/10.1068/a190735>
 - » Huff, D. L. (1963). A Probabilistic Analysis of Shopping Center Trade Areas. *Land Economics*, 39(1), 81. <https://doi.org/10.2307/3144521>
 - » INEGI (2016) *Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH)*.
 - » INEGI (2020) *Censos Económicos 2014*. <https://www.inegi.org.mx/app/saich>
 - » Le Gallo, J., López, F. A. & Chasco, C. (2020) Testing for spatial group-wise heteroskedasticity in spatial autocorrelation regression models: Lagrange multiplier scan tests. *Annals of Regional Science*, 64(2), 287–312. <https://doi.org/10.1007/s00168-019-00919-w>
 - » LeSage, J. P. & Pace, R. K. (2009) *Introduction to spatial econometrics*. CRC Press.
 - » LeSage, J. & Pace, R. (2011) Pitfalls in Higher Order Model Extensions of Basic Spatial Regression Methodology. *The Review of Regional Studies*, 41, 13–26.
 - » Marmolejo, C., Aguirre, C. & Roca, J. (2010) Revisiting employment density as a way to detect metropolitan subcentres: an analysis for Barcelona & Madrid. *50th Congress of the European Regional Science Association: “Sustainable Regional Growth and Development in the Creative Knowledge Economy.”*
 - » Marmolejo, C., Aguirre, C. & Roca, J. (2013) Revisiting employment density as a means to detect metropolitan sub-centres: an analysis for Barcelona and Madrid. *ACE: Architecture, City and Environment = Arquitectura, Ciudad y Entorno*, 8(23), 33–64.
 - » Martínez, W. (2013) Dinámica demográfica y crisis socioeconómica en Ciudad Juárez, México, 2000-2010. *Estudios Regionales En Economía, Población y Desarrollo*, (13), 1–30.
 - » McDonald, J. (1987) The identification of urban employment subcenters. *Journal of Urban Economics*, 21(2), 242–258. [https://doi.org/10.1016/0094-1190\(87\)90017-9](https://doi.org/10.1016/0094-1190(87)90017-9)
 - » McDonald, J. & McMillen, D. (1990) Employment Subcenters and Land Values in a Polycentric Urban Area: The Case of Chicago. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 22(12), 1561–1574. <https://doi.org/10.1068/a221561>

- » McMillen, D. P. (2003) Identifying Sub-centres Using Contiguity Matrices. *Urban Studies*, 40(1), 57–69. <https://doi.org/10.1080/00420980220080161>
- » Miller, E. J. (2018) Accessibility: measurement and application in transportation planning. In *Transport Reviews*, Vol. 38, Issue 5, pp. 551–555. <https://doi.org/10.1080/01441647.2018.1492778>
- » Mills, E. (1972) *Studies in the Structure of the Urban Economy*. The John Hopkins Press.
- » Muth, R. (1969) *Cities and Housing. The spatial pattern of urban residential land use*. The University of Chicago Press.
- » ONU (2017) *Tendencias del desarrollo urbano en México*. <https://onuhabitat.org.mx/index.php/tendencias-del-desarrollo-urbano-en-mexico>
- » Reilly, W. (1931) *The Law of Retail Gravitation*. Knickerbocker Press.
- » Roca Cladera, J., Marmolejo Duarte, C. R. & Moix, M. (2009) Urban Structure and Polycentrism: Towards a Redefinition of the Sub-centre Concept. *Urban Studies*, 46(13), 2841–2868. <https://doi.org/10.1177/0042098009346329>
- » Vickerman, R. W. (1974) Accessibility, Attraction, and Potential: A Review of Some Concepts and Their Use in Determining Mobility. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 6(6), 675–691. <https://doi.org/10.1068/a060675>
- » Wilson, A. G. (1971) A Family of Spatial Interaction Models, and Associated Developments. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 3(1), 1–32. <https://doi.org/10.1068/a030001>
- » Wingo, L. (2016). *Transportation and Urban Land*. Routledge.

Vladimir Hernández Hernández / vladimir.hernandez@uacj.mx

Dr. en Ciencias Sociales con estudios de Maestría en Desarrollo Regional (El colegio de la Frontera Norte) y Licenciatura en Geografía (Universidad Nacional Autónoma de México). Profesor-investigador en el Dpto. de Arquitectura en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Integrante del Sistema Nacional de Investigadores Nivel 1.

Isaac Chaparro Hernández / isaac.chaparro@uacj.mx

Ingeniero civil y maestro en estructuras (UACJ). Dr. en Estudios Urbanos (UACJ). Ha participado en temas de movilidad cotidiana y laboral dentro del Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Ciudad Juárez 2021. Publicaciones de movilidad cotidiana y estructura urbana. Actividad académica como docente para arquitectura y diseño urbano y del paisaje.