

# Relaciones entre la estructura urbana y la movilidad cotidiana en Ciudad Juárez, Chihuahua, México

Relations between urban structure and daily mobility in Ciudad Juárez, Chihuahua, Mexico

Isaac Chaparro Hernández<sup>1</sup>

*Recibido 8 de agosto de 2022; aceptado 24 de septiembre de 2022*

## RESUMEN

La investigación describe y explica los patrones, costos y límites de la movilidad cotidiana causados por la estructura urbana de Ciudad Juárez. La concatenación de las teorías clásicas y contemporáneas de localización, estructura urbana y movilidad fundamentaron los procesos de análisis y resultados de este estudio. Metodológicamente se implementaron las técnicas de autocorrelación espacial I de Moran y G de Getis-Ord para el análisis de los censos económicos del INEGI, que identificaron espacialmente los subcentros de empleo total, manufactura y terciario en los periodos 1993, 2004, 2009 y 2014. Por otro lado, se realizó un levantamiento bietápico de datos en toda la ciudad por medio de encuestas origen-destino, las cuales mostraron, desde una escala macro, los patrones de movilidad en términos de tiempo, distancia, orígenes, destinos, cantidad de viajes, preferencias de transporte, motivos, edades y costos económicos. En una escala micro, la teoría de grafos y el análisis de redes permitieron modelar espacialmente cada viaje intraurbano, los resultados se detallan en un Atlas de Movilidad que incluye cada una de las 64 unidades territoriales en que se dividió la ciudad. La investigación propone una metodología replicable, además provee información relevante y actual de la ciudad, útiles para otros estudios, toma de decisiones y políticas públicas de estructuración y movilidad urbana.

*Palabras clave: Movilidad urbana, patrones de movilidad, estructura urbana, autocorrelación espacial.*

1 Universidad Autónoma de Ciudad de Juárez, México, correo electrónico: isaac.chaparro@uacj.mx. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6448-4433>

## ABSTRACT

The research describes and explains the patterns, costs and limits of daily mobility caused by the urban structure of Ciudad Juárez. The concatenation of classical and contemporary theories of location, urban structure and mobility underpinned the analysis processes and results of this study. Methodologically, Moran's I and Getis-Ord's G spatial autocorrelation techniques were implemented for the analysis of INEGI's economic censuses, which spatially identified the sub-centers of total, manufacturing and tertiary employment in the periods 1993, 2004, 2009 and 2014. On the other hand, a two-stage data survey was conducted throughout the city by means of origin-destination surveys, which showed, from a macro scale, mobility patterns in terms of time, distance, origins, destinations, number of trips, transportation preferences, motives, ages and economic costs. At a micro scale, graph theory and network analysis allowed spatial modeling of each intra-urban trip, the results of which are detailed in a Mobility Atlas that includes each of the 64 territorial units into which the city was divided. The research proposes a replicable methodology and provides relevant and current information about the city, useful for other studies, decision making and public policies on urban structuring and mobility.

*Key words: Urban mobility, mobility patterns, urban structure, spatial autocorrelation.*

## 1. Introducción

Por su naturaleza, las dinámicas urbanas modernas son amplias y complejas, desde entender la organización espacial de actividades, hasta el movimiento de personas y bienes dentro de la misma ciudad. Por tal motivo, se debería enfocar cualquier estudio a explorar, caracterizar y explicar los subcentros urbanos, para dejar de producir discusiones que se centran en temas y resultados estancados desde hace mucho tiempo (Garrocho & Campos, 2007). Por tal motivo, el propósito de esta investigación es conocer la relación que genera la estructura urbana de la ciudad con la movilidad cotidiana de las personas, entendido desde los costos y límites que conlleva desplazarse por las vialidades existentes, para llegar a lugares específicos y solventar necesidades como el trabajo, la educación, salud, adquirir productos, servicios, entre otros. La importancia de este estudio no es sólo definir el vínculo entre la distribución de servicios en la ciudad con los desplazamientos urbanos, sino explicar y reflexionar los efectos, desde una perspectiva individual por parte del usuario que viaja, así como desde una escala mayor para ser considerado en la toma de decisiones y en la generación de política pública.

Es claro que existe una relación proporcional entre la población concentrada y el costo de la movilidad (Gakenheimer, 1998). En el contexto de Ciudad Juárez, dicha relación se manifiesta con el 151.6% de expansión de la mancha urbana y un crecimiento de población de 64.6% de 1990 al 2015 (López & Peña, 2017). También la distribución de la industria maquiladora a partir de la década de 1960, que como dato reciente, desde el 2015 al 2017 ha crecido 5%, incluso el parque de vehículos motorizados registrados en circulación también se ha

incrementado 10.7% en el mismo periodo (Plan Estratégico de Juárez, A.C, 2018). Estos fenómenos en crecimiento hacen una estructura urbana dinámica, que necesita ser explorada y caracterizada. En este sentido, dicha reestructuración va de la mano con los costos de congestión, por lo que también los patrones de movilidad cotidiana cambian, pero no pueden ser analizados por la ausencia de información actualizada.

Por lo anterior, se establecieron los siguientes objetivos específicos: El primero buscó identificar las áreas más importantes de empleo, lo que definirá en mayor medida la estructura actual de la ciudad. Para este objetivo, se analizaron los censos económicos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) con las técnicas de dependencia espacial. El segundo objetivo es determinar los patrones, costos y límites de la movilidad cotidiana, con datos adquiridos por medio de encuestas origen-destino a nivel vivienda aplicadas en toda la ciudad, y analizados con estadística tradicional y sistemas de información geográfica. Por último, definir un modelo que combine la estructura urbana y la movilidad, construido con la sobreposición de resultados.

El antecedente del problema surge a partir de la competencia del mercado por las mejores localizaciones, la centralidad ha sido la razón principal que reorganiza los centros económicos (Alegría, 1989). Desde el enfoque de los estudios urbanos, no hay evidencia para rechazar la hipótesis acerca de que existe una limitación en la movilidad cotidiana provocada por los costos de congestión causados por la estructura urbana, considerando la teoría de localización como vínculo entre ambas esferas.

Otro problema fundamental es la poca o restringida información de movilidad en la ciudad, incluso la actualización, frecuencia y profundidad de los datos recabados por instituciones, se consideran parte de la problemática, debido a que podría ser un insumo importante que también describiría la estructura urbana, sus dinámicas económicas y la interacción interna. Los efectos de desconocer los patrones de desplazamientos intraurbanos se materializan en una movilidad restringida, y puede ser abordado como una restricción de los derechos humanos para los habitantes de la ciudad (Borja, 2013), en el sentido que todos los costos que absorbe el usuario, han deteriorado las condiciones de la vida cotidiana de la población en general. Respecto a lo anterior, la Comisión de Derechos Humanos del Distrito Federal define el término derecho a la movilidad como: “el derecho de toda persona y de la colectividad a disponer de un sistema integral de movilidad de calidad y aceptable, suficiente y accesible que, en condiciones de igualdad y sostenibilidad, permita el efectivo desplazamiento de todas las personas en un territorio para la satisfacción de sus necesidades y pleno desarrollo” (Comisión Nacional de los Derechos Humanos, 2016, p. 3). Sin duda, la reflexión acerca de la situación actual de la movilidad urbana favorecerá a mejorar las estrategias de planeación y de inversión para un beneficio social.

## 2. Antecedentes

Las teorías de estructura urbana, así como las de localización, tienen un vínculo fundamental con los procesos económicos, cambiantes por la forma de mercantilización de bienes y servicios dependiendo del continente, país o ciudad con su característica propia de sustentabilidad económica. Los modelos clásicos que provienen de Europa y Estados Unidos, tienen aportaciones que dan origen a los cimientos para intentar identificar patrones de empleo y de movilidad. En comparación de los procesos de cambio que experimentan las ciudades europeas o norteamericanas, en Latinoamérica presentan una mayor rapidez de crecimiento y expansión territorial (Ford, 1996), escenario constante sobre todo en las zonas metropolitanas de México.

### 2.1 Modelos de estructura urbana en América Latina

Históricamente las ciudades han evolucionado por lo que es factible hacer una revisión en lapsos de tiempo, (Borsdorf, 2003) hace precisamente un comparativo de la estructura urbana desde la colonización hasta la era moderna con características de fragmentación. Los estudios en Latinoamérica han sido abordados por investigadores europeos que han mostrado interés en comprender la configuración y evolución de las estructuras urbanas. Específicamente se han elaborado en países como Chile (Meyer & Bähr, 2004) y Argentina (Janoschka, 2002), sin embargo, es de interés abordar investigaciones en México y observar si existe alguna relación con los modelos generales de Latinoamérica, los estadounidenses de la Escuela de Chicago o los europeos.

En México se han hecho investigaciones de estructuras urbanas en áreas metropolitanas, con mayor frecuencia en la Ciudad de México, los ejemplos más relevantes son de Aguilar y Alvarado (2004), donde se discute si la ciudad tiene o tendrá una composición multinodal. Graizbord (2008) define la estructura de la misma ciudad por medio de análisis de movilidad urbana. También los análisis de reestructuración y organización de los centros de servicios (Sobrino, 2006) y el análisis de accesibilidad, ingreso y localización residencial (Suárez & Delgado, 2007). Incluso el área metropolitana de Toluca ha tenido interesantes investigaciones referentes a este tema, se distingue la investigación de (Garrocho & Campos, 2007) donde profundizan y proponen alternativas metodológicas para discutir y estudiar la estructura urbana.

El estudio de la estructura urbana en Ciudad Juárez, es relativamente nuevo. Las primeras investigaciones describen los cambios históricos desde la década de 1950. En 1994 ya se discutía la transición de monocéntrica a multicéntrica de la estructura del empleo en la ciudad (Fuentes C., 2001, p. 105). Finalmente, la más reciente investigación de estructura urbana en la ciudad fue de Fuentes y Hernández (2015), donde hacen una identificación de los subcentros de empleo en el periodo de 1994 al 2004.

## 2.2 Estudios de movilidad cotidiana

Una de las herramientas para conocer a detalle los patrones de movilidad y a su vez la demanda de los diferentes tipos de transporte son las encuestas origen-destino (Casado, 2008), con la característica particular del alto costo, motivo fuerte por el cual existe escasa información (INEGI, 2017). En un contexto internacional, estudios relevantes de movilidad con esta metodología se encuentra en países como Chile con el proyecto de EOD Santiago 2012 (Universidad Alberto Hurtado, 2012), y España con el proyecto MOVILIA, desarrollado desde la década de los 80 dejó bases sólidas para el análisis de la movilidad obligada (Ministerio de Fomento del Gobierno de España, 2007).

Los países europeos han realizado este tipo de investigaciones con mayor frecuencia, Miralles-Guasch & Cebollada (2009) explican de forma resumida los siguientes proyectos: *National Travel Survey* en el Reino Unido; Suiza con el proyecto *Swiss Travel Survey*; En Alemania se desarrolla *Mobility in German*; Y Francia con *Enquêtes Ménages Déplacements*. Por otra parte en México está dentro de los países latinoamericanos con información significativa a nivel mundial (Miralles-Guasch & Cebollada, 2009). En la que destaca el INEGI y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) con las encuestas origen-destino del Valle de México en el 2017. Por otra parte, han existido otras investigaciones en las que no participa el INEGI, como el caso de Puebla en 1976 y 1983, la Ciudad de México en 1979 y 1984, Monterrey en 1983, Guadalajara en 1985, Tampico-Madero-Altamira en 1998, San Luis Potosí en el 2000 y Distrito Federal en 2004 (Casado, 2008).

En Ciudad Juárez fue hasta mediados de 1992 en que se hizo un estudio vial y de transporte urbano formalmente por parte del Instituto Municipal de Investigación y Planeación (IMIP). No obstante, la información acerca de proyectos donde han utilizado encuestas origen-destino es muy poca. Se tienen datos acerca de una aplicación en 1997 y 2006 por parte del IMIP, con el objetivo de crear el plan de movilidad ciclista de Ciudad Juárez y el estudio integral de transporte 2006. La más reciente investigación de movilidad encontrada fue de Ortiz (2018), quien discute el impacto que ha ocasionado el BRT en términos de accesibilidad y percepción del usuario.

## 2.3 Modelos de localización

En la actualidad, los modelos y análisis de localización tienen referencias al modelo monocéntrico de Von Thünen (1826), quien recurrentemente es citado en los modernos estudios de la economía urbana, siendo los más significativos el de Wingo (1961) y Lowry (1964), pero con mayor relevancia por Alonso (1960, 1964) quien hace discusiones sobre los primeros estudios de la economía de la tierra urbana, he hizo modificaciones sustituyendo a los viajeros de cercanías por agricultores, y el DCN por una ciudad aislada (Fujita, 2012).

Los estudios más influyentes sobre la economía del uso de la tierra y la renta son de Ricardo (1821) y Von Thünen (1826). La teoría de Ricardo acerca de la renta de la tierra agrícola, se centra en la fertilidad y el suministro fijo de la tierra,

es decir, el valor de la tierra es proporcional a su producción. En contraste, la teoría de Von Thünen basa el valor de la renta de la tierra agrícola en la distancia del mercado. En este sentido, para efectos de esta investigación es relevante la segunda teoría debido a que participa la variable distancia (Parr, 2015), la cual puede ser vinculada con los estudios de movilidad urbana. Hotelling (1929) desde otra perspectiva considera la competencia de mercados, en el que las atracciones por parte de los compradores son afectadas por la localización y la distancia. Por el contrario, el modelo de Christaller (1966) se refiere a la conexión y relación interurbana.

Los estudios de Isard (1956), Beckman (1965) y Wingo (1961) prepararon las bases en las formulaciones respecto al modelo de Von Thünen, pero aplicado en el contexto urbano, emergiendo una nueva escuela llamada "nueva economía urbana" (Capello, 2011). Al entrar la era industrial, las zonas agrícolas ubicadas en zonas rurales tuvieron un equivalente industrial, que también buscaron optimizar sus costos de distribución de productos, por lo que la participación de Weber (1909) fue clave en la época. Por otra parte, Walter Isard (1949, 1956) buscó la relación que existe entre la localización de los sectores de producción con la zona de mercados, idea que lo postuló como un pionero en tratar el concepto del "costo del transporte" o el "problema del transporte" (Chang, 2004), con el que se busca la minimización de costos durante los flujos entre diferentes regiones.

## 2.4 Movilidad, distancia y fricción

La relación entre la estructura urbana, caracterizada por localizaciones de objetos de estudio, y el transporte tradicionalmente ha sido vista como causalidad, con una idea de que un concepto predetermina a otro (Cerdá & Marmolejo, 2010). Al profundizar Miralles-Guasch (2002) sostiene que la estructura física de la ciudad produce una demanda de movilidad, pero simultáneamente la oferta del transporte impacta en la localización de las actividades. Se observa desde las teorías de la localización cómo la distancia es un factor importante para encontrar una posición estratégica que beneficien las utilidades económicas para empresas e industrias, no obstante, este escenario es posible extenderlo hacia el hogar y la movilidad particular desde su localización.

En la revisión bibliográfica se encontraron estudios de ciudades desarrolladas, con alta densidad de población, problemas de movilidad y de contaminación, por ejemplo: Londres, Madrid, Ciudad de México (Rivas *et al.*, 2007), Perú, Chile, Nigeria, Tanzania, Tailandia y Colombia (Hidalgo D., 2005), Copenhague (Naess, 2006). Incluso en Ciudad Juárez se ha hecho este tipo de estudios por parte del IMIP y otras instituciones dedicadas al transporte (Ortega, 2016), también por académicos e investigadores se han desarrollado estudios de accidentes viales (Hernández, 2012) (Hernández-Hernández & De Haro-De León, 2014) (Hernández & Fuentes, 2014) y flujo vehicular de la industria (Avelar-Sosa *et al.*, 2014).

## 2.5 Movilidad cotidiana

El concepto ha cambiado con el paso del tiempo, sin dejar a un lado la esencia del movimiento de las personas de un lugar a otro abordado desde la etnología con el término de nómada. De manera general existen dos formas de realizar este tipo de investigaciones: la primera consiste en un análisis enfocado a la migración donde las personas cambian su lugar de residencia por largos periodos de tiempo; mientras que el segundo se concentra en movimientos repetitivos respecto a tiempos cortos y definidos, incluso se realizan varios desplazamientos en un mismo día, conocida como movilidad cotidiana (Zelinsky, 1971). Con lo anterior, es posible construir modelos de movilidad que permiten relacionar los modos de transporte cotidianos, tiempo, costo, motivos y horarios, dentro de una caracterización social (Miralles-Guasch & Cebollada, 2009).

Los métodos de análisis encontrados, tienen diferentes enfoques, donde destacan: la construcción y operación, que estudia la relación de los transportes, las rutas y las formas físicas de conexión, con énfasis en el costo de construcción, adecuación, mantenimiento y costos subsecuentes de operación (White, 1977). Otro método es el estudio de los principios conductistas de los usuarios en una operación vial, la cual incorpora teorías de toma de decisiones, oferta-demanda y psicosociales durante la ejecución de un viaje (Warner & Aberg, 2006) y (Morales-Soto *et al.*, 2010). Desde el enfoque histórico, que explica la expansión de los sistemas de transporte, vías terrestres, evolución económica y social en un tiempo prolongado (Tolley & Turton, 2013). Finalmente, los modelos o métodos cuantitativos incorporan estudios geográficos sobre el transporte, análisis de redes y buscan entender la forma y la complejidad del sistema con fundamento matemático y estadístico, con la posibilidad de crear simulaciones (Rodríguez M., 2000).

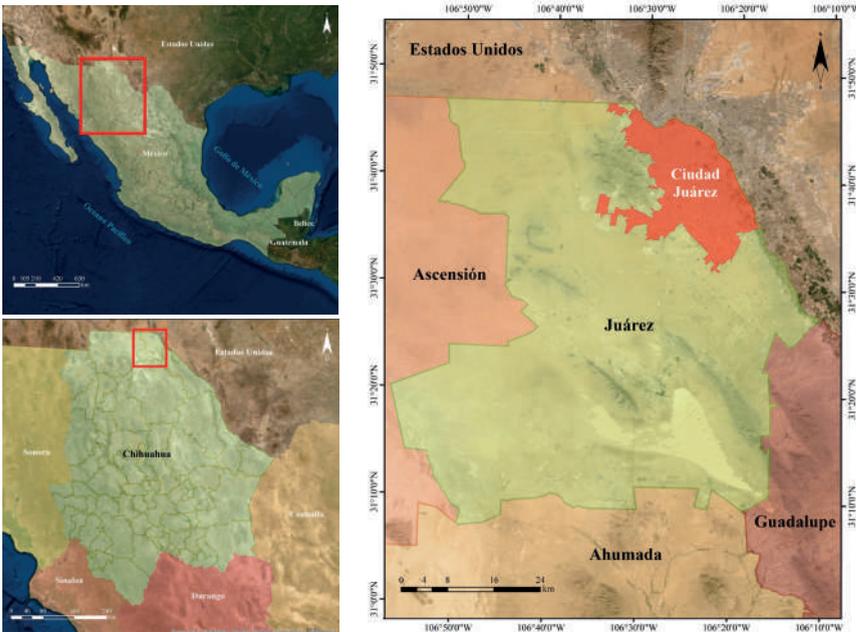
## 3. Metodología

Se propone una combinación de técnicas y métodos que no se han vislumbrado en otras investigaciones consultadas, por lo que se espera que uno de los aportes novedosos sea lo expuesto en este apartado. Cabe resaltar que las técnicas de análisis espacial, recopilación de información en campo y modelos se han utilizado por separado en investigaciones anteriores, por lo tanto, el fundamento original de cada procedimiento se mantiene, solo se ajustaron detalles para alcanzar los objetivos de este trabajo aplicado en el contexto de Ciudad Juárez.

### 3.1 Área de estudio

Ciudad Juárez es parte de la localidad de Juárez, tiene la concentración de población más grande del estado de Chihuahua con 1,391,180 habitantes según datos intercensales, donde el 99% de la población total del municipio está asentada en la zona urbana, además, a nivel nacional es la séptima zona metropolitana con mayor población (INEGI, 2015). Geográficamente se localiza

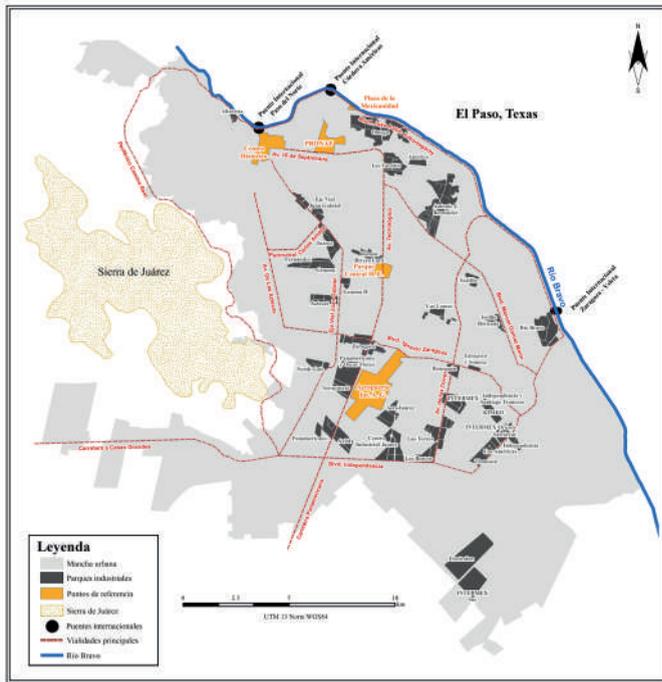
entre las coordenadas  $106^{\circ} 12'$  y  $106^{\circ} 16'$  de longitud oeste a  $31^{\circ} 30'$  y  $31^{\circ} 46'$  de latitud norte. Debido a la ubicación estratégica fronteriza, la ciudad colinda con los estados de Texas y Nuevo México de los Estados Unidos, delimitado por el Río Bravo (véase Figura 1). Debido a su posición geográfica binacional, Juárez cuenta con una composición económica en tres grandes sectores: el industrial con 59%, el comercio y servicios con 37%, y la construcción con 4% (Instituto Municipal de Investigación y Planeación, 2010), por lo que se deduce que Ciudad Juárez es industrializada, evidenciado con las 335 empresas manufactureras en funcionamiento durante el 2017 (Plan Estratégico de Juárez, A.C, 2018, p. 49).



**Figura 1.** Ubicación de Ciudad Juárez, Chihuahua, México.

Fuente: elaboración propia con información del INEGI (2015).

Desde la década de 1990 la expansión de la ciudad se vio acelerada hacia el suroriente debido a la localización de nuevas empresas maquiladoras y asentamientos de migrantes provenientes del sur de la república, el fenómeno provocó un crecimiento de la mancha urbana del 52%, es decir, de 233 km<sup>2</sup> en 1995 a 353 km<sup>2</sup> en el 2010 según datos del INEGI (1995, 2010), lo que ha ocasionado un aumento de distancias y tráfico que impacta en la movilidad cotidiana de los habitantes. También a partir de 1990 es notorio el incremento de más del doble del área urbana, influenciado por localización estratégica de nuevas empresas maquiladoras. Para el año 2017 existían 38 centros, áreas y parques industriales ubicados en intersecciones o vialidades primarias, que contenían 335 establecimientos y personal ocupado de 264,490, dedicados específicamente a la industria manufacturera, expuestos en la Figura 2.



**Figura 2.** Puntos de referencia y parques industriales de Ciudad Juárez.  
Fuente: elaboración propia.

Durante el 2018 en el contexto internacional, Ciudad Juárez se ubica en la posición 11 de mayor congestión vehicular en el país y el lugar 581 a nivel mundial, con una velocidad promedio por viaje de 40.2 km/h. En comparación con la Ciudad de México, la cual es la más congestionada del país y la tercera a nivel mundial, se observa una diferencia positiva de 20.9 km/h respecto a los 19.3 km/h en promedio que se invierte dentro de la capital del país, aunque en la comparación se deben considerar las diferencias entre ambas ciudades, como la cantidad de población, extensión territorial, actividad económica y la ubicación geográfica. Como dato relevante, Bogotá, Colombia, es la ciudad más congestionada del mundo con una velocidad de 14.5 km/h de viaje (INRIX, 2020). Para el 2015 se realizaban en el país cerca de 130 millones de viajes cotidianos, con tiempo de promedio de 44 minutos (Suárez & Delgado, 2015, p. 114).

### 3.2 Identificación de subcentros por dependencia espacial

Garrocho y Campos (2007) hacen una revisión extensa y listan cinco métodos para la identificación de subcentros de empleo donde destaca las técnicas de econometría espacial, donde podrían emplearse las autocorrelaciones espaciales. Para llevar a cabo la investigación en Ciudad Juárez, es de interés utilizar las metodologías de movilidad y las técnicas de econometría espacial, específicamente autocorrelaciones espaciales globales y locales.

El análisis de datos estadísticos se llevó a cabo por medio de censos económicos que levanta el INEGI cada 5 años, los cuales cuentan con totales de empleo a nivel AGEB (Área Geoestadística Básica). Por otro lado, se obtuvieron los últimos tres censos económicos desglosados en empleos de manufactura, comercios y servicios de los años 2004, 2009 y 2014. El indicador de densidad empleo por AGEB se describe en la Ecuación 1:

$$E_i = \frac{\text{Total de empleo}}{\text{Hectáreas}} \quad (1)$$

### 3.2.1 Autocorrelación espacial I de Moran

La autocorrelación espacial además de evitar o disminuir los problemas antes descritos, es utilizado para realizar una comparación simultánea de un grupo de datos espaciales representados en polígonos y de los datos contenidos, ejecuta un análisis de patrones y concluye si existe un agrupamiento o no de entidades. El resultado representado con un índice entre -1 a 1 permite determinar el grado de autocorrelación espacial. En el grado en que el índice se inclina hacia el 1 positivo indica una similitud entre entidades colindantes, también conocido como valores calientes o alto-alto; en caso de estar los valores cercanos a cero, se entiende que los patrones mantienen un comportamiento aleatorio o atípico, nombrados bajo-alto o alto-bajo. Por último, entre más se acerque el índice a -1, se idealiza una dispersión o nula similitud entre las zonas vecinas, llamado bajo-bajo.

La Ecuación 2 de I de Moran global es la siguiente:

$$I = \frac{\left(\frac{n}{S_0}\right) \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} z_i z_j}{\sum_{i=1}^n z_i^2} \quad (2)$$

Donde  $S_0 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}$  conocida típicamente como la suma de los elementos de la matriz de pesos. Las observaciones  $z$  se refiere a las desviaciones de la media tanto para  $x_i$  como para  $x_j$ ,  $X$  es la variable de la localización de los vecinos. La matriz de pesos está representada por  $W_{ij}$ . En resumen, el I de Moran es la suma de las unidades locales (Celemín, 2009).

### 3.2.2 Autocorrelación espacial G de Getis-Ord

El método es muy semejante a I de Moran global, el cual realiza un análisis de cada unidad territorial con las entidades vecinas, pero con la diferencia en identificar agrupamientos altos y bajos. De esa forma, se realiza una sumatoria de los valores de la unidad de análisis con sus vecinos y se compara con la suma total de todas las identidades que participan en el estudio. Finalmente se identifican los valores más diferenciados que no estén dentro de un parámetro de azar, por lo que adquiere una significancia estadística que da claridad a la relevancia del resultado (Getis,

2007). Existe una tercera interpretación donde el índice no identifica unidades espaciales con vecinos semejantes y las etiqueta con valores bajo-alto o alto-bajo. En la Ecuación 3 se expone la versión global G, en ella se aprecia que la unidad central de análisis no se considera, restricción definida en  $i$  es diferente a  $j$ :

$$G = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} x_i x_j}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_i x_j} ; i \neq j \quad (3)$$

### 3.3 Encuesta origen-destino

La diferencia entre el levantamiento del INEGI (2017) con la que se plantea en este documento radica en la escala de la movilidad, es decir, en el proyecto de la Zona Metropolitana del Valle de México se analizan los viajes desde los municipios conurbados hacia la Ciudad de México y viceversa, mientras que en la propuesta para el estudio de Ciudad Juárez se levantó información a nivel intraurbano y observar la movilidad entre sectores internos de la ciudad llamados Unidades Territoriales de Análisis, determinados por una investigación que se detallará más adelante. En ese sentido, las unidades de observación contemplan únicamente las viviendas habitadas de la ciudad, dentro de cada vivienda es posible encontrar uno o varios hogares que comparten el mismo gasto familiar. Por último, dentro de cada hogar se analizan los integrantes, quienes hacen varios viajes a lo largo del día para realizar sus actividades cotidianas.

#### 3.3.1 Muestra localización y factores de expansión

El tamaño de la muestra se calcula a partir del Censo de la Población del 2010 del INEGI para Ciudad Juárez, donde se cuentan 361,470 viviendas habitadas particulares y colectivas, distribuidas de forma irregular dentro de los 637 AGEB. La cantidad de viviendas se considera como población finita, dato incorporado dentro de la fórmula estadística para calcular el tamaño de la muestra a levantar (Ecuación 4):

$$n = \frac{N \times Z_a^2 \times p \times q}{d^2 \times (N-1) + Z_a^2 \times p \times q} \quad (4)$$

Donde:

$n$  = Muestra

$N$  = Población finita

$Z_a^2$  = Nivel de confianza

$p$  = Probabilidad a favor

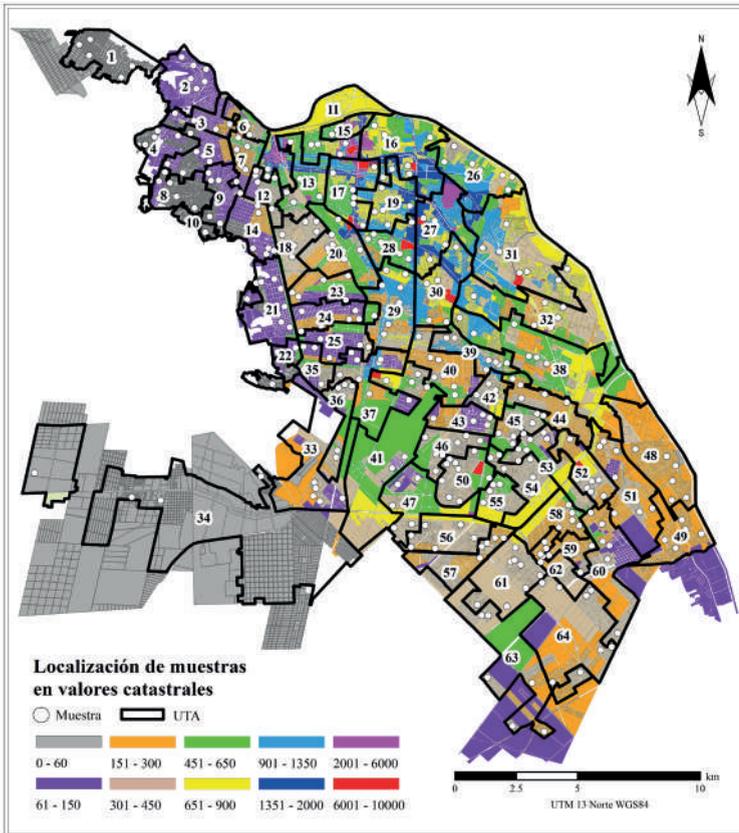
$q$  = Probabilidad en contra

$d^2$  = Margen de error

Se realizaron varios escenarios para determinar la cantidad de muestras y evaluar el recurso tanto económico como de tiempo para ejecutar el levantamiento en campo de datos, por lo que se optó por utilizar un nivel de confianza del 95% equivalente a un valor  $z$  de 1.96 y un margen de error de 5%. Debido a que no se tiene información previa de probabilidades a favor y en

contra, se toma el valor crítico para ambos, de 0.5 o 50% de aleatoriedad. De esta forma resulta un tamaño de muestra de 384 viviendas habitadas a visitar como mínimo, para cumplir con una cobertura geográfica en toda la ciudad.

La formación de las UTA surge en una investigación acerca de la medición multidimensional de la pobreza en Ciudad Juárez, donde se analizan las características de las viviendas y se refleja en una serie de agrupaciones por su similitud. Los estratos contienen características sociodemográficas determinadas a partir del ingreso (Fuentes *et al.*, 2018). El resultado es la división de la ciudad en 64 UTA (véase la Figura 3). Una vez definida la estratificación, se desglosan las 361,470 viviendas habitadas por cada AGEB (INEGI, 2010), posteriormente se suman los valores para obtener la cantidad de viviendas por UTA. Después se calculó el porcentaje que representa cada UTA respecto al total de viviendas habitadas y por último se distribuyen los 384 domicilios de la muestra con base al porcentaje de representatividad como se indica en la Figura 3.



**Figura 3.** Localización de zonas de muestreo a partir de valores de suelo por UTA. Fuente: elaboración propia.

Por último, en el análisis de los datos se requerirá extrapolar los resultados de las encuestas a cantidades aproximadas a la realidad, por lo que es necesario utilizar factores de expansión que multiplican a cada variable obtenida en el muestreo dentro de cada UTA. La expresión aplicada es la Ecuación 5:

$$FE = \frac{Vh}{m} \quad (5)$$

Donde:

FE = Factor de expansión

Vh = Viviendas habitadas dentro de la UTA

m = Muestra estadística dentro de la UTA

### 3.4 Algoritmo de Dijkstra

Los datos fueron capturados en ArcMap 10.6 para determinar líneas de deseo e isócronas de tiempo con la implementación de análisis de redes. ArcMap se basa en el algoritmo de Dijkstra para analizar las líneas de deseo e isócronas (ESRI, 2019). Los pasos secuenciales determinan la obtención de los caminos más cortos según los atributos y restricciones que definen el grafo (Dijkstra, 1959). El insumo principal para realizar el análisis fue la red vial de la ciudad, obtenida de la base de datos libre OpenStreetMap (Mikou *et al.*, 2019). Los parámetros se actualizaron mediante la consulta de Google Maps y Google Street, se le asignó la velocidad máxima, tiempo de recorrido, sentidos de desplazamiento, jerarquía y restricciones a los 74,237 vectores que compone la red vial de Ciudad Juárez. El modelo se calibró con los resultados de las encuestas y con ello se determinaron los tiempos y distancias reales de cada viaje modelado.

### 3.5 Líneas de deseo e isócronas de tiempo

Dentro del estudio de líneas de deseo se analiza la centralidad y la conectividad del origen con los destinos (Vecslir *et al.*, 2017), así mismo se incluyen la cantidad de viajes en porcentaje que surgen a partir del centroide de cada UTA con la impedancia de distancia (Seguí *et al.*, 2003). El análisis de isócronas asocia las particularidades de la red vial para determinar el tiempo en que tardaría una persona en desplazarse dentro de la mancha urbana y su área de alcance (López & Peña, 2017). Con la opción New OD Cost Matrix dentro de la herramienta Network Analyst, se configuraron las propiedades del viaje, donde se le asignó la impedancia distancia y que tome en cuenta la jerarquía y los sentidos de cada vialidad. Por otra parte, las isócronas fueron generadas con la opción New Service Area también dentro de la herramienta Network Analyst con la misma configuración que las líneas de deseo.

## 4. Resultados y discusión

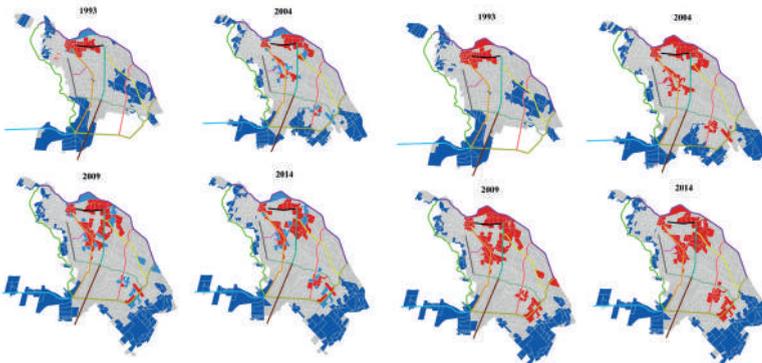
La aplicación de I de Moran global y G de Getis-Ord fue para cada censo económico, con la intención de conocer cada periodo de manera particular y posteriormente compararlos entre sí. Los resultados se muestran en la Tabla 1 para el análisis de empleos totales:

**Tabla 1.** Resultados de I de Moran global para densidad de empleo total

	1993	2004	2009	2014
I de Moran	0.569	0.176	0.189	0.266
Valor esperado	-0.001	-0.002	-0.002	-0.002
Valor z	26.335	2.921	2.405	2.876
p-valor	0.000	0.003	0.016	0.004
Patrón	Agrupado	Agrupado	Agrupado	Agrupado
G de Getis-Ord	0.048	0.023	0.023	0.037
Valor esperado	0.007	0.010	0.009	0.009
Valor z	4.025	9.195	11.132	6.125
p-valor	0.000	0.000	0.000	0.000
Patrón	Agrupado	Agrupado	Agrupado	Agrupado

**Fuente:** elaboración propia.

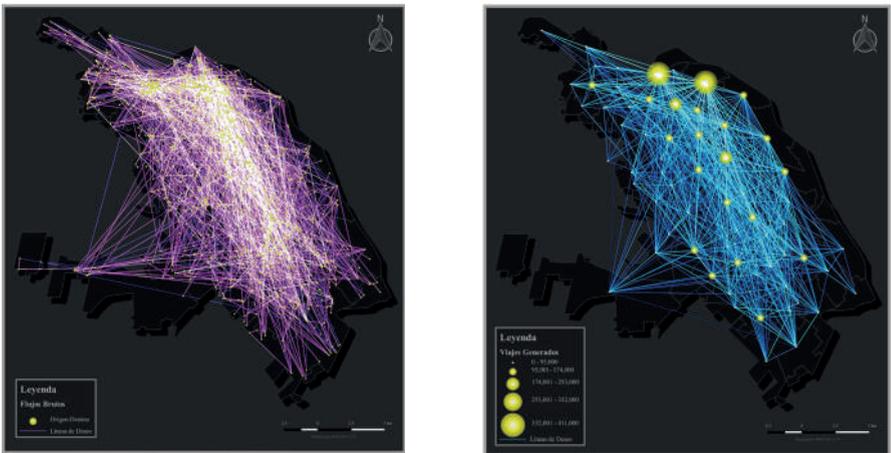
En el año 1993 se obtuvo un índice de 0.569, lo cual indica la existencia de una alta agrupación de empleos totales en la ciudad. En contraste, los años 2004, 2009 y 2014 resultan muy por debajo al de 1993: 0.172, 0.189 y 0.266 respectivamente. En comparación, los resultados del indicador G de Getis-presentan también un patrón agrupado para cada periodo con un p-valor menor a 0.05, incluso confirma que el año 1993 muestra una mejor autocorrelación global que los posteriores. En resumen, ambos métodos en su versión global, afirman que existen agrupaciones de empleo total, terciario y manufacturero. Lo sobresaliente es que los cuatro índices en ambas técnicas son considerados como agrupados, además tienen un p-valor menor 0.05, por lo tanto, existe suficiente evidencia estadística para afirmar que existen concentraciones de empleo en la ciudad dentro de todos los años estudiados. En la Figura 4 se exponen los resultados de la aplicación del análisis espacial por medio del indicador  $G_i$  de Getis-Ord:

**Figura 4.** Resultados I de Moran y  $G_i$  para densidad de empleo total.

Fuente: elaboración propia

### 4.1 Análisis de límites, costos y patrones de la movilidad cotidiana

Como primera aproximación, se modelaron los orígenes y destinos que se obtuvieron en las encuestas, unidos por una línea de deseo que representa el flujo de movilidad entre semana y en fin de semana. En la Figura 5 se muestran del lado izquierdo las localizaciones georreferenciadas con puntos de color amarillo y sus conexiones. En primera instancia, es relevante destacar que se obtuvieron datos en toda la mancha urbana, además, resalta la alta densidad tanto de puntos como de líneas en la parte central de la ciudad, formando una diagonal de norte a sur. Con el fin de simplificar los desplazamientos, en el mapa de la derecha se aglomeraron todos los orígenes y destinos de cada UTA, localizados en el centroide geográfico, representado por el tamaño de los puntos amarillos según la cantidad de viajes generados. Se aprecia que existen dos círculos al norte que distinguen las dos UTA con mayor importancia de atracción de movilidad (120,000 a 420,000 viajes).



**Figura 5.** Conectividad de viajes, georreferenciado y sintetizado.  
Fuente: elaboración propia.

La totalidad de registros por UTA se extrapolaron con la aplicación de factores de expansión con la fórmula 5, los resultados globales indican que se realizan 3,248,570 viajes en un día entre semana y 2,594,081 para un día del fin de semana, estas cifras consideran todos los motivos y modalidades de transporte. En este sentido, los valores de movilidad cotidiana entre semana se pueden comparar con lo mostrado en el PDUS del 2016, el cual indica que en Ciudad Juárez se realizan 3,900,000 viajes diarios, sin embargo, no se especifica mayores detalles de cómo se obtuvieron esos resultados. De manera general, 57.73% de los desplazamientos los realizan mujeres, mientras que los hombres 48.27%. Las encuestas dieron patrones acerca de los viajes entre semana que son realizados por motivos de movilidad obligatoria, como ir a trabajar y estudiar. Por el contrario, los viajes hechos en fin de semana se enfocan a

realizar actividades que no requieren horarios obligatorios como entre semana, tal es el caso de viajar para ir de compras o realizar actividades de recreación.

A manera de resumen, la Tabla 2 promedia los resultados de tiempo y distancia real por viaje, además del gasto semanal y el porcentaje del gasto destinado a la movilidad que representa del ingreso familiar, aplicado en cada modalidad. Los promedios dan un panorama diferente pero también válido para entender las dinámicas de movilidad en la ciudad. En términos de tiempo y distancia, cotidianamente caminar tiene un promedio de 12 minutos en distancias de 910 metros, mientras que el mayor tiempo invertido se realiza en camión escolar con 42 minutos en 13.78 km, incluso se utiliza el transporte de personal que en promedio utiliza 36 minutos en 10.31 km. Estos tres tipos de modalidades están íntimamente relacionadas a las actividades escolares y laborales, los cuales se ven afectados por las horas pico, periodo de tiempo donde la demanda de movilidad se incrementa y repercute en el aumento de tiempo en el trayecto, tal y como se discutió anteriormente.

**Tabla 2.** Inversión promedio por modalidad de transporte

Modalidad	Tiempo de un viaje (minutos)	Distancia de un viaje (km)	Gasto semanal en transporte	Porcentaje del ingreso	Ingreso semanal
Automóvil	22	7.40	\$342.59	12.82%	\$2 672.87
Bicicleta	23	4.92	Sin registro	Sin registro	Sin registro
Caminar	12	0.91	Sin registro	Sin registro	Sin registro
Camión escolar	42	13.78	Sin registro	Sin registro	Sin registro
Camión ruta	34	8.94	\$123.77	12.84%	\$964.04
Motocicleta	27	9.35	\$241.62	20.47%	\$1 180.57
Taxi	19	4.44	\$183.33	10.27%	\$1 785.71
Transporte de personal	36	10.31	Sin registro	Sin registro	Sin registro
Uber	19	6.61	\$206.81	11.93%	\$1 733.16
ViveBús-Ecobús	25	7.55	\$219.24	11.03%	\$1 987.91

**Fuente:** elaboración propia.

El gasto del transporte que repercute en el ingreso familiar es muy parecido en los medios motorizados, a excepción de la motocicleta. Al relacionar el gasto semanal con la afectación del ingreso se deduce que, en promedio, los que cuentan con automóvil tienen una mayor solvencia económica frente a los que utilizan los demás modos de transporte. En contraparte, las personas que utilizan el camión o ruta, motocicleta, bicicleta, transporte de personal y caminan tienen recursos económicos limitados que no les facilita poseer y mantener un automóvil. Por supuesto, estos argumentos son desde una visión general, seguramente existen casos que salen del escenario expuesto. Con este análisis se confirman los argumentos de Haig (1926), Isard (1956), Naess (2006) y Valdivia *et al.* (2009), que efectivamente, el simple hecho de viajar tiene un impacto en el presupuesto económico, tiempo y tipo de transporte del consumidor, y su grado de movilidad dependerá de su capacidad económica, de energía y herramientas disponibles. En este sentido, al combinar estas tres

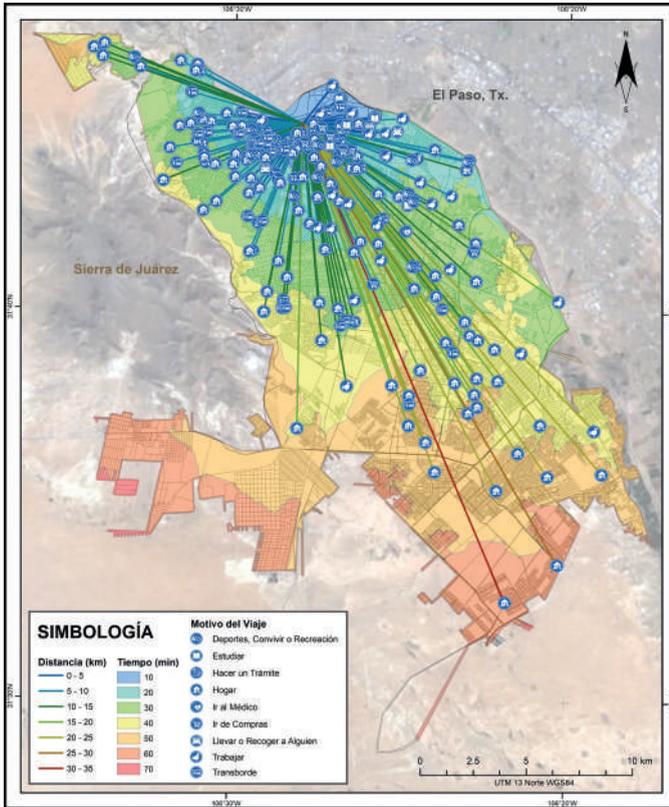
variables junto a la localización del hogar conforman la columna vertebral de la dinámica de la movilidad intraurbana, si bien en la teoría se habla de analizar fricciones de manera individual, con estos resultados se enfatiza que se deben combinar y analizar en conjunto para obtener una aproximación hacia la realidad de los desplazamientos.

## 5. Conclusiones

Definir una estructura urbana a partir de la movilidad cotidiana es posible desde dos escalas, la macro donde se analizan de forma global los resultados y se buscan patrones que describan las dinámicas de desplazamientos, así como los puntos más importantes de la ciudad, con la característica de tener una mayor atracción y/o generación de viajes. La segunda escala se enfoca a lo micro, en el estudio de las características de la zonificación propuesta, en este caso las unidades territoriales de análisis. Por lo tanto, las dinámicas de movilidad cotidiana se observan con mayor detalle y solo describe la zona en específico, que seguramente será diferente a las demás. Se invita al lector a consultar el Anexo A del documento original (Chaparro, 2020), referente al Atlas de Movilidad generado a partir del algoritmo de Dijkstra calibrado, donde se muestra para cada UTA un mapa de isócronas de tiempo y líneas de deseo, que representan las distancias recorridas cotidianamente por las personas para llegar a sus destinos, un ejemplo de ello se expone en la Figura 6.

El planteamiento de la hipótesis se discute desde dos perspectivas: la micro expone que la mayoría de las UTA tienen un comportamiento de movilidad más activo dentro de la misma, donde la mayoría de las personas buscan realizar las actividades esenciales lo más cercano posible a sus hogares. En datos numéricos, esto se comprueba por el tiempo que dedica cada persona en moverse y la distancia que está dispuesta a recorrer, según los modos de transporte disponibles. En la escala macro se observa la ventaja de la localización de la vivienda respecto a los centros de empleo de la autocorrelación espacial y de las áreas de mayor movilidad, por lo que las viviendas que se encuentran en el eje vertical de mayor movilidad tendrán ventaja en la cercanía de lugares donde pueden solventar sus necesidades. Por el contrario, las viviendas localizadas en la periferia tendrán que realizar viajes más largos. En términos económicos, las localizaciones dentro de áreas de mayor movilidad tendrán una renta mayor con un costo bajo en los desplazamientos, mientras que los más alejados, tendrán una renta menor que aumenta el costo del transporte.

Seleccionar y analizar la misma variable con índices de I de Moran y G de Getis-Ord, generó una discusión interesante en torno a la similitud de los resultados y sus diferencias metodológicas, pero con el argumento del complemento. Se concluye que utilizar más de una técnica de autocorrelación espacial mostrará un panorama más completo en agrupaciones de la variable analizada. Sin duda, se recomienda e invita a no restringirse en el uso de una sola técnica, así buscar relaciones entre ellas y construir un solo resultado explicativo.



**Figura 6.** Patrones de movilidad UTA 11 del atlas de movilidad.  
Fuente: elaboración propia.

Una vez planteadas las limitaciones y alcances de utilizar encuestas origen-destino, para definir una estructura urbana autores como Garrocho & Campos (2007), Fuentes & Hernández (2015), Siabato & Guzmán-Manrique (2019), Chaparro & Hernández (2020), entre otros, proponen el uso de la autocorrelación espacial, que efectivamente su adquisición de información es por mucho, más sencilla y barata que la aplicación de encuestas. Los hallazgos en esta investigación refutan a Ford (1996) referente a que el modelo monocéntrico impera en las ciudades latinoamericanas, indicativo que no es una estructura constante ni totalmente monocéntrica como lo sugerían Von Thünen (1826), Burgess (1925), Alonso (1964) y otros. Sin embargo se encuentran algunas similitudes con los modelos clásicos de Hoyt (1966) y Harris & Hullman (1945) en términos de sectores y dispersión. Recordar que estos modelos están más relacionados con las propuestas latinoamericanas modernas que exponen Mertins (2000) y Janoschka (2002), quienes muestran un DCN principal con una descentralización de la estructura urbana.

En términos de patrones de movilidad cotidiana, se descubrieron interesantes fenómenos, por ejemplo, el uso irracional del automóvil, que se evidencia por el tiempo y la distancia en viajes cortos; por otra parte, la segunda forma de movilidad es caminar, esto podría retomarse como discusión dentro de los temas de la ciudad caminable y el mejoramiento de la infraestructura peatonal; en el tercer lugar de importancia se encontró el servicio de transporte público, figurando como indispensable para las personas que no cuentan con suficientes ingresos para adquirir y mantener un vehículo propio, por lo tanto, los resultados que describen a este modo de transporte podrían ser utilizados para mejorar el sistema de transporte público actual.

Los costos, en términos económicos, de tiempo y distancias reales dan un panorama de la situación que atraviesan las personas según la ubicación de su vivienda y las actividades obligatorias que realizan cotidianamente. El tema asume mayor relevancia para la población que vive en la periferia, debido a que invierten mayor costo de tiempo y distancia, aunado a la calidad del servicio de transporte público, por tales motivos, los resultados aquí encontrados serían de utilidad en la creación o mejoramiento de políticas públicas destinadas al transporte público, infraestructura y planificación urbana, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de los usuarios.

En Ciudad Juárez no existe un programa que trate exclusivamente de movilidad, por lo que se propone crear o buscar ejemplos como el Programa Integral de Movilidad del D.F. 2013-2018, el cual tiene las bases para implementar política pública con fundamentos ecológicos, de accesibilidad, seguridad, inclusión, calidad y tecnología, tanto para movilidad particular como para mercancías. Lo anterior podría ajustarse a las necesidades locales, incluso ser mejorado para orientar e implementar acciones en el marco de la planeación, centrada en las múltiples formas en las que otros estudios de movilidad contribuyan y complementen el aquí mostrado, por ejemplo, en el área de movilidad de grupos vulnerables, turísticos, *commuting* internacional, normatividad, seguridad, entre otros.

Para cerrar, se busca que esta investigación aporte a los estudios urbanos y contribuya a investigaciones en otras áreas de conocimiento diferentes, por mencionar algunos ejemplos, se pueden relacionar los temas de salud, por su importancia actual ya que la movilidad es la forma de transmisión del COVID-19; proyectos de transporte urbano como la segunda ruta troncal del BRT; ecológicos por la contaminación causada de los vehículos motorizados; segregación residencial y sus dinámicas de movilidad; comercios informales y su influencia en los desplazamientos locales; planificación urbana; diagnóstico y mejoramiento de servicios de transporte público, entre otros, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de la ciudadanía y puedan participar dentro del derecho a la movilidad como lo plantea (Borja, 2013), el cual es el medio para acceder a otros derechos fundamentales como al trabajo, la educación y esparcimiento.

## Bibliografía

- Aguilar, A. G., & Alvarado, C. (2004). La reestructuración del espacio urbano de la Ciudad de México: ¿Hacia la metrópoli multinodal?, en Adrián Guillermo Aguilar (coord.), *Procesos metropolitanos y grandes ciudades*. México: Instituto de Geografía, UNAM/Miguel Ángel Porrúa.
- Alegría, T. (1989). La ciudad y los procesos transfronterizos entre México y Estados Unidos. *Frontera Norte*, 1 (2), 7-37. <https://doi.org/10.17428/rfn.v1i2.1654>
- Alonso, W. (1964). *Location and Land Use*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Avelar-Sosa, L., García-Alcaraz, J., Cedillo-Campos, M., & Adarme-Jaimes, W. (agosto de 2014). Effects of regional infrastructure and offered services in the supply chains performance: Case Ciudad Juárez. *DYNA*, 81(186), 208-217. <https://doi.org/10.15446/dyna.v81n186.39958>
- Beckman, N., & Ingraham, P. (1965). The states and urban areas. *JSTOR*, 76-102. <https://doi.org/10.2307/1190686>
- Borja, J. (2013). *Revolución urbana y derechos ciudadanos*. Madrid: Alianza.
- Borsdorf, A. (2003). Cómo modelar el desarrollo y la dinámica de la ciudad latinoamericana. *Revista Eure*, XXIX (86), 37-49. <https://doi.org/10.4067/S0250-71612003008600002>
- Burgess, E. (1925). The growth of the city: an introduction to a research project. *The Trend of Population*, 35-41. [https://doi.org/10.1007/978-0-387-73412-5\\_5](https://doi.org/10.1007/978-0-387-73412-5_5)
- Capello, R. (2011). Location, Regional Growth and Local Development Theories. *AESTIMUM* 58, 1-25. <https://doi.org/10.1400/179189>
- Celemín, J. (2009). Autocorrelación espacial e indicadores locales de asociación espacial. Importancia, estructura y aplicación. *Revista Universitaria de Geografía*, 18, 11-31.
- Cerda, J., & Marmolejo, C. (2010). De la accesibilidad a la funcionalidad del territorio: una nueva dimensión para entender la estructura urbano-residencial de las áreas metropolitanas de Santiago (Chile) y Barcelona (España). *Revista de Geografía Norte Grande* (46), 5-27. <https://doi.org/10.4067/S0718-34022010000200001>
- Chang, S. E. (2004). Transportation geography: The influence of Walter Isard and regional science. *Journal of Geograph Systems* (6), 55-69. <https://doi.org/10.1007/s10109-003-0122-z>
- Chaparro (2020). *Impacto de la estructura urbana en la movilidad cotidiana de Ciudad Juárez, Chihuahua*. (Tesis). Ciudad Juárez, Chihuahua: Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Recuperado de <http://erecursos.uacj.mx/handle/20.500.11961/5733>
- Chaparro, I., & Hernández, V. (2020). La reconfiguración de los subcentros de empleo en Ciudad Juárez, Chihuahua, 2004-2014. *Región y sociedad*, 32, 1-48. <https://doi.org/10.22198/rys2020/32/1268>
- Christaller, W. (1966). *Central Places in Southern Germany*. (C. Baskin, Trad.) New Jersey: PRETINCE-HALL.
- Comisión Nacional de los Derechos Humanos. (2016). *Movilidad, vivienda y derechos humanos*. México.
- Dijkstra, E. (1959). A note on two problems in connexion with graphs. *Numerische Mathematik*, 269-271.
- ESRI. (2019). *Algoritmos utilizados por Extensión ArcGIS Network Analyst*. (ESRI, Ed.) Recuperado de ArcMap | ArcGIS Desktop:

- <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/extensions/network-analyst/algorithm>
- Ford, L. (1996). A New and Improved Model of Latin American City Structure. *Latin American Geography*, LXXXVI (3), 437-440. <https://doi.org/10.2307/215506>
- Fotheringham, S. (1981). Spatial Structure and Distance-Decay Parameters. *Annals of the Association of American Geographers*, LXXI (3), 425-436. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8306.1981.tb01367.x>
- Fuentes, C. (2001). Los cambios en la estructura intraurbana de Ciudad Juárez, Chihuahua, de monocéntrica a multicéntrica. *Frontera Norte*, 13 (25).
- 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*, XXX (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), 1-25. <https://doi.org/10.21670/ref.1801001>
- Fujita, M. (2012). Thünen and the New Economic Geography. *Regional Science and Urban Economics* (42), 907-912. <https://doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2011.12.002>
- Gakenheimer, R. (1998). Los problemas de la movilidad en el mundo en desarrollo. *EURE (Santiago)*, XXIV (72), 33-52. <https://doi.org/10.4067/S0250-71611998007200002>
- Garrocho, C., & Campos, J. (2007). Dinámica de la estructura policéntrica del empleo terciario en el área metropolitana de Toluca, 1994-2004. *Papeles de Población* (52), 110-135.
- Getis, A. (2007). Reflections on Spatial Autocorrelation. *Regional Science and Urban Economics*, 37(4), 491-496. <https://doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2007.04.005>
- Graizbord, B. (2008). *Geografía del transporte en el área metropolitana de la Ciudad de México* (Primera ed.). México, D.F.: El Colegio de México.
- Haig, R. (1926). Towards an Understanding of the Metropolis: II The Assignment of Activities to Areas in Urban Regions. *Quarterly Journal of Economics*, 402-434. <https://doi.org/10.2307/1885172>
- Harris, C., & Ullman, E. (1945). The Nature of Cities. *The Annals of the American Academy of Political and Social Science*, 242, 7-17.
- Harvey, D. (1989). *The urban experience*. Oxford: Basil Blackwell.
- Hernández, V. (2012). Análisis exploratorio espacial de los accidentes de tránsito en Ciudad Juárez, México. *Rev Panam Salud Publica*, 31(5), 396-402.
- Hernández, V., & Fuentes, C. (2014). Estudio de los accidentes de tránsito usando modelos de regresión locales para la planificación de la seguridad en el transporte. *Ciencias Administrativas y Sociales, Handbook T-IV: Congreso Interdisciplinario de Cuerpos Académicos*. ECORFAN, 293-305.
- Hernández-Hernández, V., & De Haro-De León, L. (2014). La relación entre la centralidad urbana y los atropellamientos en Ciudad Juárez, México. *Revista Hacia la Promoción de la Salud*, XIX (2), 81-94.
- Hidalgo, D. (Mayo de 2005). Comparación de alternativas de transporte público masivo - Una aproximación conceptual. Dossier *Revista de Ingeniería*, 94-103. <https://doi.org/10.16924/revinge.21.10>
- Hotelling, H. (1929). Stability in Competition. *The Economic Journal*, XXXIX (153), 41-57. <https://doi.org/10.2307/1911955>

- Hoyt, H. (1939). *The Structure and Growth of Residential Neighborhoods in American Cities*. Washington, D.C.: Federal Housing Administration.
- Hoyt, H. (1966). *According to Hoyt: fifty years of Homer Hoyt*. Washington, DC.: Homer Hoyt.
- INRIX. (2020). INRIX 2018 Global Traffic Scorecard. <https://inrix.com/scorecard/>
- Instituto Municipal de Investigación y Planeación. (2010). *Plan de Desarrollo Urbano*. PDU. Ciudad Juárez, Chihuahua, México: Ayuntamiento de Juárez.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2015). INEGI. <http://www.inegi.org.mx>
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (2010). XIII Censo de Población y Vivienda. México
- Isard, W. (1949). The General Theory of Location and Space-Economy. *The Quarterly Journal of Economics*, LXIII (4), 476-506. <https://doi.org/10.2307/1882135>
- Isard, W. (1956). *Location and Space-Economy: A General Theory Relating to industrial location, Market Areas, Land Use, Trade and Urban Structure*. New York: The Technology Press of Massachusetts Institute of Technology and John Wiley & Sons, Inc.
- Janoschka, M. (2002). El nuevo modelo de la ciudad latinoamericana: fragmentación y privatización. *Revista Eure*, XXVIII (85), 11-29. <https://doi.org/10.4067/S0250-71612002008500002>
- López, J. A., & Peña, S. (2017). La segregación socioespacial en Ciudad Juárez, Chihuahua, 1990-2010. *Región y sociedad* (68), 115-152. <https://doi.org/10.22198/rys.2017.68.a210>
- Lowry, I. (1964). *A model of metropolises*. Santa Monica, California: The Rand Corporation.
- Mertins, G. (2000). Ciudades medianas en América Latina: criterios, indicadores y el intento de un modelo de su diferenciación socio-espacial y funcional. *Espacio y Desarrollo* (12), 11-23.
- Meyer, K., & Bähr, J. (2004). La difusión de condominios en las metrópolis latinoamericanas. *Revista de Geografía Norte Grande* (32), 39-53.
- Mikou, M., Rozenberg, J., Koks, E., Fox, C., & Peralta, T. (2019). *Assessing Rural Accessibility and Rural Roads Investment Needs Using Open Source Data*. Policy Research Working Paper.
- Miralles-Guasch, C. (2002). *Ciudad y transporte*. El binomio imperfecto. Barcelona: Ariel Geografía.
- Miralles-Guasch, C., & Cebollada, Á. (2009). Movilidad Cotidiana y Sostenibilidad, una Interpretación desde la Geografía Humana. *Boletín de la A.G.E.* (50), 193-216.
- Morales-Soto, N., Alfaro-Basso, D., & Gálvez-Rivero, W. (2010). Aspectos psicosociales y accidentes en el transporte terrestre. *Rev Peru Med Exp Salud Pública*, XXII(2), 267-272.
- Naess, P. (2006). *Urban Structure Matters: Residential location, car dependence and travel behavior*. New York: Routledge.
- Ortega, V. (2016). El sistema Bus Rapid Transit en Ciudad Juárez y el derecho a la ciudad. *Chihuahua Hoy*, 455-478.
- Ortiz, K. (2018). *La movilidad urbana como un derecho a la ciudad*. Caso BRT en Ciudad Juárez Chihuahua, 2010-2016 (tesis). Ciudad Juárez, Chihuahua: El Colegio de la Frontera Norte.
- Parr, J. (2015). Exploring the urban system of von Thünen's isolated state. *Regional Science*, XCIV (1), 161-176. <https://doi.org/10.1111/pirs.12057>
- Plan Estratégico de Juárez, A.C. (2018). Informe *Así Estamos Juárez 2018*. Ciudad Juárez, México. Recuperado de <https://asiestamosjuarez.org/informes/informe-asi-estamos-juarez-2018/>

- Ricardo, D. (1821). *On the Principles of Political Economy and Taxation*. Londres: Everyman Library.
- Rivas, L., Chávez, J., & Maldonado, B. (diciembre de 2007). Incentivos y desincentivos en los sistemas de transporte público en Londres, Madrid y Ciudad de México. *Rev. Innovar*, 17 (30), 113-132.
- Rodríguez, M. (2000). *Modelos socio-demográficos. Atlas social de la ciudad de Alicante*. Alicante: Universidad de Alicante.
- Seguí, J., Ruiz, M., Guaita, F., Escalas, F., & Bauzá, A. (2003). La Planeación de Rutas de Transporte Escolar a Través de un SIG: El Proyecto SIGTEBAL. *GeoFocus* (3), 58-76. <https://geofocus.org/index.php/geofocus/article/view/23>
- Siabato, W., & Guzmán-Manrique, J. (2019). La autocorrelación espacial y el desarrollo de la geografía cuantitativa. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 28(1), 1-22. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v28n1.76919>
- Sobrino, L. J. (2006). Macroestructuración especial del sector servicios en la Ciudad de México", en Gustavo Garza (coord.), *La organización espacial del sector servicios en México*. México: El Colegio de México.
- Suárez, M., & Delgado, G. (2015). Entre mi casa y mi destino. Movilidad y transporte en México. Encuesta Nacional de Movilidad y Transporte. México: UNAM.
- Suárez, M., & Delgado, J. (2007). Estructura y eficiencia urbana: accesibilidad a empleos, localización residencial e ingreso en la zona metropolitana de la Ciudad de México (1990-2000). *Economía, Sociedad y Territorio*, VII(23), 693-724.
- Tolley, R., & Turton, B. (2013). *Transport Systems, Policy and Planning: A Geographical Approach*. New York: Routledge.
- Vecslir et al., L. (2017). Reestructuración de la centralidad y movilidad cotidiana en el sur de la Región Metropolitana de Buenos Aires. *Revista Transporte y Territorio* (17), 267-287. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=333053372013>
- Von Thünen, J. (1826). *Isolated State* C. Wartenberg (Trans). New York, NY: Pergamon Press.
- Warner, H., & Aberg, L. (2006). Drivers' decision to speed: A study inspired by the theory of planned behavior. *Transportation Research Part F* 9, 427-433. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2006.03.004>
- Weber, A. (1909). *Theory of The Location of Industries* (Reimpreso en 1971 ed.). (C. Friederich, Trad.) Chicago Illinois: The University of Chicago Press.
- White, H. (1977). The Geographical Approach to Transport Studies. *Discussion Pappers in Geography* (1).
- Wingo, L. (1961). *Transportation and urban land*. Baltimore, MD: John Hopkins University Press.
- Zelinsky, W. (1971). The Hypothesis of the Mobility Transition. *Geographical Review*, 61(2), 219-249. <https://doi.org/10.2307/213996>