

## Propuestas de análisis de la dispersión urbana Proposals for analysis of urban sprawl

M. A. González-Loza<sup>a\*</sup> , A. D. Juárez-Sedano<sup>b</sup> , J. G. González-Loza<sup>c</sup> , M. R. Dolores-Mijangos<sup>b</sup> 

<sup>a</sup> Área de Matemáticas, Escuela Normal Superior Pública del Estado de Hidalgo, 42080, Pachuca, Hidalgo, México.

<sup>b</sup> Área Académica de Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 42184, Pachuca, Hidalgo, México.

<sup>c</sup> Área de Matemáticas, Escuela Normal Superior Pública del Estado de Hidalgo, 42080, Pachuca, Hidalgo, México.

### Resumen

La ciudad contemporánea se caracteriza por ser sumamente extensa, dispersa. Es de gran importancia, conocer modelos que permitan cuantificar dicha dispersión. El presente trabajo analiza cinco propuestas sobre cómo medir la dispersión territorial en distintas tipologías de ciudades. Se espera que estas propuestas aporten elementos para la construcción de una metodología propia que pueda aplicarse al caso mexicano. Primeramente, se revisa el planteamiento de Muñiz y García-López (2013) desde la región metropolitana de Barcelona. Posteriormente, se abordan las etapas de metropolitanismo de Sobrino (2006) en ciudades mexicanas. Tsai (2005) define su trabajo como una investigación que emprende un enfoque diferente de la mayoría de estudios. Finalmente, se estudia la ciudad norteamericana desde: la postura de Galster y otros, (2001) y a través de trabajos clave como *Measuring Sprawl 2014* (Ewing y Hamidi, 2014). Algunos de los aportes, resultado del trabajo, son: conforme se extiende la región metropolitana, se consolidan las áreas más cercanas al municipio central, mientras que las áreas periféricas surgen siempre de manera discontinua; una manera de medir la discontinuidad es a partir de la relación entre superficie y número de bolsas en un periodo de tiempo; así como entender la dispersión como una condición que deriva de la suma de varias mediciones y no de una sola.

**Palabras Clave:** Dispersión, índice.

### Abstract

The contemporary city is characterized by being extremely extensive, dispersed. It is of great importance to know models that allow quantifying said dispersion. This work analyzes five proposals on how to measure territorial dispersion in different types of cities. These proposals are expected to provide elements for the construction of an own methodology that can be applied to the Mexican case. Firstly, the approach of Muñiz and García-López (2013) from the metropolitan region of Barcelona is reviewed. Subsequently, the stages of Sobrino's (2006) metropolitanism in Mexican cities are discussed. Tsai (2005) defines his work as research that takes a different approach from most studies. Finally, the North American city is studied from: the position of Galster et al., (2001) and through key works such as *Measuring Sprawl 2014* (Ewing and Hamidi, 2014). Some of the contributions, as a result of the work, are: as the metropolitan region expands, the areas closest to the central municipality are consolidated, while the peripheral areas always appear discontinuously; One way to measure discontinuity is from the relationship between surface and number of bags in a period of time; as well as understanding dispersion as a condition that derives from the sum of several measurements and not just one.

**Keywords:** Dispersion, index.

### 1. Introducción

Como dijo Berry (1976) en la década de los 70, la experiencia urbana ha alcanzado un punto de inflexión. La contraurbanización ha reemplazado a la urbanización como la forma dominante de los patrones de asentamiento. Desde entonces, se advierte sobre una expansión desbordada de las ciudades. Por su parte, Soja (2008) también refiere cambios significativos de la ciudad de finales del siglo XX, describiéndola como: 'constelación discontinua de fragmentos' (p. 339). De ahí la importancia de estudiar modelos de cuantificación de la dispersión.

En este trabajo se analizan cinco propuestas de gran relevancia en materia de medición de la dispersión. Se espera que dichas propuestas aporten elementos para la construcción de una metodología, con la cual sea posible valorar la dispersión de las ciudades mexicanas.

Cada propuesta en sí, representa cada uno de los apartados que conforman el documento. El nombre de ellos fue tomado de los títulos de las publicaciones que se analizan.

El primer apartado analiza la Región Metropolitana de Barcelona; el segundo apartado revisa las zonas metropolitanas de

\*Autor para la correspondencia: [loza\\_miguel@ensupeh.edu.mx](mailto:loza_miguel@ensupeh.edu.mx)

Correo electrónico: [loza\\_miguel@ensupeh.edu.mx](mailto:loza_miguel@ensupeh.edu.mx) (Miguel González), [ajuarez@uaeh.edu.mx](mailto:ajuarez@uaeh.edu.mx) (Alma Juárez), [jloza@ensupeh.edu.mx](mailto:jloza@ensupeh.edu.mx) (José González), [mrdolores@uaeh.edu.mx](mailto:mrdolores@uaeh.edu.mx) (Rosario Dolores)

México; el tercero y cuarto son propuestas teóricas; y el quinto, estudia la morfología de las ciudades norteamericanas.

Cabe mencionar que el eje del presente documento se sustenta en uno de los capítulos de la tesis de doctorado, en curso, titulada *Dispersión territorial de ciudades mexicanas*.

## 2. Continuidad

Muñiz y García-López (2013) describen “de forma homogénea, sistemática y lo más completa posible, el proceso de dispersión de la población y del empleo” (p. 198). Para ello, utilizan cinco indicadores: la descentralización, la concentración, la densidad, la discontinuidad y la desestructuración. Estos indicadores son medidos en dos fechas, 1986 y 2001. Los resultados son comparados y la diferencia de éstos permite construir explicaciones sobre el fenómeno de la dispersión en Barcelona.

Cabe mencionar que el objeto de estudio de estos autores es la Región Metropolitana de Barcelona (RMB). Como ciudad central se tomó el municipio de Barcelona.

Respecto del primer indicador, la descentralización, son considerados: la población, los puestos de trabajo, la superficie urbanizada y la distancia media ponderada respecto del Distrito Central de Negocios (CBD).

	1986	2001	Aumento (%)
Población (Hab.)	4'229,422	4'390,413	3.8
Puestos de trabajo	1'063,283	1'822,819	71.4
Sup urbanizada (Has.)	42,496	67,999	60.0
Distancia (Km.)	10.2	12.1	

**Tabla 1. Variables de la descentralización.**

Puede verse que el consumo del suelo ha sido mayor que el crecimiento de la población. Fenómeno recurrente en todo el planeta: las ciudades ocupan cada vez más territorio para alojar menor cantidad de personas por unidad de superficie. Sin embargo, esta ocupación del suelo, a pesar de presentar un crecimiento importante, no supera el crecimiento mostrado de los puestos de trabajo.

De acuerdo con Muñiz y García-López (2013), el hecho de que la distancia media ponderada haya aumentado, indica “una clara tendencia hacia la descentralización” (p. 202). Lo que realmente nos dice, es que la ciudad continúa extendiéndose.

Respecto del indicador concentración, se construye un índice de Gini. Se comparan los municipios más poblados con los menos poblados, y los municipios con más empleos con los municipios con menos empleos. El resultado es que, la diferencia se reduce en 2001 respecto del año 1986, al igual que el índice de Gini. Ello “refleja la desconcentración de los agentes del territorio [...] [es decir,] la población ha tendido a distribuirse de forma más equilibrada” (Muñiz y García-López, 2013, p. 202).

El tercer indicador corresponde a la densidad. Sobre ésta se llevó a cabo un análisis de dos tipos: la densidad demográfica y la densidad laboral (puestos de trabajo). Los datos muestran que la población aumentó pocos puntos porcentuales y la ocupación del suelo aumentó bastante. La densidad demográfica disminuye de 148.2 Hab/Ha a 96.2 Hab/Ha. Caso contrario sucede con el empleo, éste pasa de 39.4 puestos de trabajo por hectárea a 67.2 puestos de trabajo por hectárea. Este último dato obedece a que el empleo no se ha reubicado, sino que ha crecido en los mismos sitios, es decir, sólo se ha dado un uso más intenso.

El siguiente indicador es, por mucho, el más importante sobre dispersión, pues tiene una relación directa privilegiada con los intereses propios con la morfología urbana. Se refiere a la

discontinuidad. Para ello, Muñiz y García-López parten de un dato nada común en América Latina: las “bolsas urbanas”. Estas “bolsas”, según los autores, son islas de construcción edificada. Es decir, un espacio edificado “continuo”. En la RMB, se tenían registradas 3,105 bolsas en el año 1987; para el año 2002, se tenían registradas 2,468 bolsas. Lo que claramente sugiere una gran consolidación de dichas bolsas, poco más del 20% de las que había en 1987. El análisis muestra que los territorios cercanos al municipio central, se consolidan; mientras que los territorios más alejados del municipio central (los territorios cercanos al borde de la RMB), generan un mayor número de bolsas. Los autores recomiendan que, para analizar la evolución de la continuidad, se debe

calcular el ratio [razón] del número de bolsas respecto del suelo urbanizado total (excepto las infraestructuras) [...] Para el caso de la RMB, dicho ratio ha pasado de 0.059 en 1987 a 0.043 en 2002 [...] [de lo que puede concluirse que la RMB] no ha tendido a dispersarse de forma discontinua, sino todo lo contrario. (Muñiz y García-López, 2013, p. 206)

Como último indicador, se tiene la desestructuración. Éste

Se estima contrastando si la distancia ponderada a la infraestructura de transporte y a los accesos ha aumentado. Adicionalmente se estima la concentración de población y empleo en subcentros en 1986 y 2001. Si su peso descendiera, indicaría un menor policentrismo y, por tanto, una mayor dispersión (Muñiz y García-López, 2013, p. 201).

Los resultados en el estudio citado sobre este indicador son los siguientes: el número de subcentros aumentó, pasando de 6 en 1986, a 9 subcentros en 2001. El análisis de las distancias, tanto de la población como del empleo, mostró una mayor intensidad en las cercanías de los accesos a las infraestructuras; reduciendo de 3.6 Km a 2.68 Km la distancia para la población, y de 3.7 Km a 2.6 Km para el empleo. Hecho consistente con varios ejemplos que se viven en territorio mexicano: la ciudad se expande a partir de infraestructuras existentes; o, como lo dijera Caniggia (1975), a lo largo de los trayectos.

Este modelo de descentralización concentrada del empleo, ha permitido organizar la dispersión residencial alrededor de los subcentros. Se trata, por tanto, de un proceso de dispersión fuertemente articulado a partir de una estructura básica conformada por CBD, subcentros y ejes de transporte (Muñiz y García-López, 2013, p. 210)

Este indicador demostró que, tanto la población como el empleo, se ha concentrado en torno a un mayor número de puntos (subcentros); y que la distancia de estos polígonos (subcentros), respecto de vialidades importantes, se ha reducido.

## 3. Patrones de dispersión

Quien trabaja el tema de la dispersión, en territorio mexicano, es Sobrino (2006). Para ello, parte de las etapas de metropolitanismo y los estadios de la demanda ocupacional.

El autor considera como unidades de análisis cada uno de los municipios que conforman las ocho zonas metropolitanas de estudio. Toma un municipio central en cada zona, y el resto de los municipios son considerados “periferia”.

Su análisis le permite determinar la forma en que la dispersión configura la estructura de las zonas metropolitanas (monocéntricas, intermedias y policéntricas); pero no “¿qué tan

dispersas son las zonas metropolitanas de México?" (Sobrinó, 2006, p. 583)

Entre las aportaciones del autor, se encuentran los descubrimientos sobre la estrecha relación entre población y empleo, además que

El crecimiento demográfico [...] es producto de la combinación del componente natural y del componente social. El natural no presenta gran variación a lo largo del tejido metropolitano, por lo que el crecimiento social (migración y movilidad residencial) opera como el principal mecanismo de la suburbanización (Sobrinó, 2006, p. 596).

Sobrinó propone que una mayor velocidad en la suburbanización es sinónimo de una mayor dispersión poblacional. Para él, los municipios representan puntos (un punto es municipio central y el resto de puntos son municipios periféricos). Si la mayor cantidad de población permanecía en el punto central, entonces la población no estaba dispersa, estaba concentrada. Por el contrario, si la mayor cantidad de población se ubica en varios puntos (periféricos), entonces la población se dispersa.

Aunado a conocer dónde habita la población, el índice de entropía es el método con el cual Sobrinó mide qué tan concentrada es la demanda ocupacional en cada sector (industria, comercio y servicios). Estos resultados, sumados a los viajes por motivo de trabajo, muestran la, ya mencionada, muy estrecha relación entre lugar de residencia y lugar de trabajo.

Cabe mencionar que parte del trabajo de Sobrinó abordó la densidad. De ahí conviene rescatar el gradiente de densidad, pues se convierte en una fuerte opción para medir la dispersión territorial en las ciudades mexicanas.

Algunos trabajos sobre gradiente de densidad pueden encontrarse en Mayor Fernández y Hernández Muñiz (2000), Álvarez de la Torre (2011), y Córdova Bojórquez (2006).

Para trabajar el gradiente de densidad, se aplica el cálculo estadístico de regresiones lineales simples.

El método estadístico de regresión lineal simple permite medir el grado de asociación entre dos variables, de investigar la naturaleza de la relación y construir modelos con el propósito de predecir el comportamiento de una de ellas a partir de valores de la otra (Álvarez de la Torre, 2011, p. 102).

Imaginemos una ciudad compuesta por 11 áreas geoespaciales básicas (AGEB's).

El coeficiente de correlación  $R^2$  puede decirnos si la relación que se busca puede ser explicada o no, mediante el planteamiento hecho. En este caso, en particular, el valor de  $R^2$  es 0.0307. Lo que indica, con suficiente claridad, que la distancia no guarda una relación directa con la densidad. Es decir, en este ejemplo no es posible sostener que, a mayor distancia del centro, la densidad aumenta; o, en su defecto, la densidad disminuye.

Considerando un segundo ejercicio, casi idéntico al anterior. La diferencia está en que cuatro AGEB's se ubican de forma discontinua al resto del área urbana.

El coeficiente de correlación  $R^2$  es casi idéntico en valor al anterior, 0.0337. Por lo tanto, no es posible explicar ninguna relación entre distancia y densidad.

#### 4. Cuantificando la forma urbana

El trabajo de Yu-Hsin Tsai (2005) aporta muchos elementos al análisis de la dispersión. Inicia advirtiendo que la forma urbana puede ser vista desde diferentes escalas geográficas: área

metropolitana, ciudad y vecindario. Asimismo, aclara que algunas variables de la forma urbana operan sólo en ciertos niveles y que dichas variables pueden tener diferentes significados en cada una de las escalas en que son analizadas.

Al igual que otros trabajos (Muñiz y García-López, 2013), Tsai acepta que tanto el término "disperso" como el de "compacto" no están universalmente acordados, y que se han propuesto un gran número de dimensiones e índices cuantitativos de la forma urbana (generalmente a nivel metropolitano) para ambos. A partir de los cuales pueden agruparse los siguientes:

- Tamaño metropolitano. Con base en la idea de que la dispersión es una forma de ocupación del suelo que utiliza una mayor cantidad de suelo, el tamaño (superficie) del emplazamiento puede considerarse como una dimensión de la dispersión. Aunque no necesariamente un índice en sí mismo.
- Densidad. Se han desarrollado numerosas mediciones que tienen como base la densidad, como clasificaciones a partir de umbrales preestablecidos, la densidad medida en percentiles, entre otros. La forma de ocupación del territorio (baja o alta intensidad) es una de las cualidades obligadas que deben considerarse para medir la dispersión, afirma Tsai (2005).
- Distribución desigual. Ésta mide el grado en que el desarrollo es concentrado en algunas partes del territorio. Tsai (2005) menciona que existen cerca de 50 índices que caracterizan la distribución desigual. La entropía de Shannon, dice, se encuentra por encima de otros, ya que no se ve afectada por el tamaño, ni la forma o el número de unidades geográficas al calcular sus valores. Propone que la distribución desigual puede ser concebida como una cualidad de la forma urbana, pero no como una cualidad de la dispersión.
- Centralidad. Tsai (2005) hace referencia al trabajo *Wrestling Sprawl to the Ground*, donde se considera la centralidad para establecer si un territorio es caracterizado por una forma monocéntrica o una forma policéntrica. Advierte que los índices utilizados para medir la centralidad tienen un problema fundamental inherente. Un método predominante para caracterizar la centralidad es la función de densidad exponencial negativa que, además, es capaz de diferenciar las formas monocéntricas de las policéntricas.
- Continuidad. Nuevamente Tsai (2005) refiere al trabajo *Wrestling Sprawl to the Ground* donde sólo se mide el tamaño de los desarrollos discontinuos. Respecto del trabajo denominado *Measuring 'sprawl': alternative measures of urban form in U.S. metropolitan areas*, sostiene que no es totalmente cierto que  $R^2$ , de la función de densidad exponencial, logre medir el grado de discontinuidad, ya que otros patrones de desarrollo, como el policentrismo y el desarrollo radial, también pueden contribuir a un valor  $R^2$  bajo (Tsai, 2005, p. 144).

El trabajo de Tsai (2005) se define a sí mismo como una investigación que emprende un enfoque diferente de la mayoría de estudios. Primero, divide la forma urbana en cuatro dimensiones: tamaño, densidad, grado de igual distribución y grado de agrupación. Después, examina la combinación de éstas para caracterizar los patrones de dispersión, al realizar una simulación de formas urbanas.

Para cada dimensión se desarrollan variables cuantitativas. La tercera dimensión (grado de igual distribución) explora el grado en que las actividades se distribuyen igual o desigualmente dentro de un territorio. Para caracterizar cuantitativamente éste, los índices pueden pedirse prestados de los utilizados comúnmente para medir la desigualdad de la distribución del ingreso. La

entropía relativa de Shannon puede aplicarse para medir la desigualdad en la distribución de población o empleo y es, considerada por Tsai (2005), la mejor alternativa, pues no se ve afectada por el número de unidades geográficas.

Junto con la entropía relativa de Shannon, el coeficiente de Gini se aplica para medir la desigualdad de la población o la distribución del empleo. Un coeficiente de Gini cercano a cero significa que la población (o el empleo) está distribuida uniformemente en el territorio. Un coeficiente de Gini cercano a uno, significa que la población no está distribuida uniformemente en el territorio.

La cuarta y última dimensión mencionada es el grado de agrupación. Para ésta, se plantea que son los coeficientes globales de Moran y Geary los que pueden estimar el nivel de agrupamiento.

Antes de llevar a cabo la simulación, Tsai (2005) plantea los siguientes puntos de partida: la forma compacta puede contener tres situaciones, formas monocéntricas, formas policéntricas y alta densidad; la forma dispersa puede contener, una forma dispersa descentralizada y baja densidad, además, discontinuidad y algunas franjas comerciales.

Cabe mencionar que los esquemas construidos por Tsai (2005), se presentan en dos y tres dimensiones. Pues, como lo refiere él mismo, en muchas ocasiones, la diferencia entre una correcta interpretación y una totalmente equivocada, puede radicar en un comportamiento que sólo se muestra en una tercera dimensión.

La ponderación en el cálculo del coeficiente de Moran es la distancia inversa entre los centroides de dos celdas (áreas geográficas analizadas), ya que los criterios basados en la distancia son más sensibles y precisos en la caracterización de las formas urbanas, afirma Tsai (2005).

Aunque la escala del coeficiente de Moran nos diga que valores cercanos a +1, signifiquen alta agrupación; valores cercanos a 0, signifiquen dispersión aleatoria; y valores negativos, signifiquen un patrón de tablero de ajedrez (Tsai, 2005, p. 148); las cuatro simulaciones nos dejan ver que los valores calculados están muy lejos de llegar a +1, y que “valores cercanos a 0” es un umbral muy difícil de precisar.

Tsai (2005) advierte que a pesar de que las ventajas de las variables cuantitativas de la forma urbana sean muchas, es difícil capturar la condición original basada en dichas variables. Ejemplo de ello es el caso en que dos territorios posean el mismo coeficiente de Moran y, sin embargo, se traten de configuraciones espaciales muy distintas.

Para determinar el índice de Moran el método fue mucho más complejo. Primeramente, conviene explicar lo correspondiente a este índice.

Celemín (2009, pág. 13) nos dice que “el concepto de autocorrelación espacial tiene sustento en el principio de Tobler que plantea que en el espacio geográfico todo se encuentra relacionado con todo, pero los espacios más cercanos están más relacionados entre sí”. Cuando se mide la autocorrelación que una variable tiene en varias unidades geográficas, como lo pueden ser las AGEBS, el resultado puede ser una autocorrelación espacial positiva, una autocorrelación espacial negativa, o en su defecto, puede no existir autocorrelación.

Como explica Celemín (2009), existen distintos tipos de estadísticos o índices que permiten medir la autocorrelación espacial a partir de una estructura general. Con base en ésta, se han creado nuevos estadísticos, por ejemplo, el I de Moran o la C de Geary. De ellos, el más utilizado es el primero. Además, recientemente se han creado medidas que permiten capturar indicadores locales de autocorrelación espacial (*Local Indicators of Spatial Association*, LISA).

El método LISA descompone el índice I de Moran y verifica en cuánto contribuye cada unidad espacial a la formación del valor general, permitiendo obtener un valor de significancia para cada cluster formado por los valores similares de cada unidad espacial y sus vecinos. Chasco citado en Celemín (2009, p. 17)

La autocorrelación espacial LISA muestra los resultados en dos tipos de mapas, mapa de significancia y mapa de *cluster* o agrupamiento. El primero se refiere a la probabilidad que cada una de las unidades geográficas de estudio tiene de que sus relaciones de contigüidad se produzcan de manera aleatoria. El segundo indica cómo cada unidad geográfica de estudio puede diferenciarse de las unidades vecinas, según el tipo de autocorrelación espacial que posee.

Dentro de LISA debe tenerse en cuenta el elemento *randomization* o de aleatorización. Éste es un proceso donde las unidades geográficas de estudio se intercambian al azar, con la finalidad de obtener nuevos valores y comparar éstos con el valor obtenido originalmente. En dicha comparación, el p-valor se convierte en la referencia que determinará si la aleatorización es significativa (que puede modificar el resultado), o no. Este p-valor corresponde a un porcentaje límite de variación de los resultados, que va desde el 1% hasta el 5%.

La medición da lugar a una de tres posibilidades: autocorrelación espacial positiva: las unidades espaciales vecinas presentan valores próximos, indica una tendencia al agrupamiento de las unidades espaciales; autocorrelación espacial negativa: las unidades espaciales vecinas presentan valores muy disímiles, indica una tendencia a la dispersión de las unidades espaciales; y sin autocorrelación: no ocurre ninguna de las dos situaciones anteriores.

## 5. Definir y medir la dispersión

Uno de los trabajos que más han contribuido a concientizar sobre la complejidad de definir y medir la dispersión urbana es la publicación de Galster, y otros, (2001).

Su aportación inicia con diferenciar que “dispersión” puede abordarse como un proceso, como una consecuencia o simplemente como un adjetivo. Propone que las definiciones desarrolladas en distinta bibliografía pueden resumirse en seis categorías generales.

1. Sprawl is defined by an example, which is seen to embody the characteristics of sprawl, such as Los Angeles.
2. Sprawl is used as an aesthetic judgment about a general urban development pattern.
3. Sprawl is a cause of an externality, such as high dependence on the automobile, isolation of the poor in the inner city, the spatial mismatch between jobs and housing, or loss of environmental qualities.
4. Sprawl is the consequence or effect of some independent variable, such as fragmented local government, poor planning, or exclusionary zoning.
5. Sprawl is defined as one or more existing patterns of development. Those most frequently mentioned are low density, leapfrogging, distance to central facilities, dispersion of employment and residential development, and continuous strip development.
6. Sprawl is defined as a process of development that occurs over some period of time as an urban area expands. (Galster, y otros, 2001, p. 682)

Galster, y otros, (2001) plantean una definición propia “*Sprawl* (n.) is a pattern of land use in a UA that exhibits low levels of some combination of eight distinct dimensions: density, continuity,

*concentration, clustering, centrality, nuclearity, mixed uses, and proximity*". (p. 685) Ésta nos deja ver que la dispersión, al ser una suma de valores de diferentes dimensiones, puede resultar también en diferentes tipos de dispersión. Y, aunque, no definan la dispersión como un proceso, queda claro que si la valoración de dichas dimensiones se lleva a cabo en diferentes momentos (por ejemplo, en el 2000 y 2010), los resultados pueden mostrar, sí, a la dispersión como tal, como un proceso.

El sentido que Galster, y otros, (2001) dan al concepto dispersión es completamente como sustantivo. Es decir, asumen que la dispersión es una cualidad que presenta el territorio. Dicha cualidad es la suma de 8 dimensiones físicas: densidad, continuidad, concentración, agrupación, centralidad, nuclearidad, usos mixtos y proximidad.

Al igual que Tsai (2005), Galster, y otros, (2001) construyen esquemas teóricos de comportamiento espacial a partir de cada una de las ocho dimensiones mencionadas.

En su trabajo, se propusieron llevar a cabo un análisis factorial para determinar cuáles son las dimensiones de mayor coincidencia en la dispersión. Sin embargo, "*Inasmuch as our sample of 13 UAs is not large enough to permit factor analysis, we created a series of 'Z scores'*" (Galster, y otros, 2001, p. 705). Así que se decidió construir un Índice de Dispersión Compuesto, asignando puntajes a cada dimensión y, posteriormente, sumándolos para determinar el puntaje total de cada ciudad.

Cabe mencionar que los mayores puntajes corresponden a un grado menor de dispersión, y los puntajes menores corresponden a un grado mayor de dispersión.

El estudio realizado se puso a prueba en 13 áreas urbanas de los Estados Unidos. Resultando la ciudad de Nueva York como la menos dispersa, y la ciudad de Atlanta como la más dispersa. Resultados idénticos a los trabajos de Ewing y Hamidi (2013, 2014).

También, es importante subrayar que los diferentes puntajes en las dimensiones correspondientes se obtuvieron con métodos estadísticos mencionados en otros trabajos, por estos y otros autores. Así, para la centralidad, se utilizó la distancia media ponderada; para la concentración, se empleó el índice Delta; como ninguna de las operacionalizaciones propuestas funcionó bien para la nuclearidad, se optó por una segunda operacionalización que resultó en una medida útil de la mononuclearidad residencial: el porcentaje de todas las unidades de vivienda en el 2% de las redes más densas en área urbana que se encuentran en el nodo central; y para la proximidad, se utilizó la medida dentro del uso.

Es sumamente creativa la propuesta de Galster, y otros, (2001) pues demuestran las diferentes dimensiones a partir de las cuales es posible determinar la dispersión de una ciudad, y por ende, que dicha dispersión puede ser de diferentes formas, tipos o grados.

Otra aportación es el "suelo desarrollable". Estos autores distinguen los diferentes usos de suelo y advierten sobre la imprecisión en la que puede caerse al tratar, por igual, suelo que no puede ser "desarrollable", como cuerpos de agua, bosques, laderas, reservas, etc.; o aquellas que sí los son, pero cuya valoración debe ser analizada con cuidado, como autopistas, instalaciones públicas, parques, incluso centros comerciales, etc.

A pesar de que el trabajo de Galster, y otros, (2001) se vea como un excelente ejercicio real sobre la dispersión en ciudades (norteamericanas en su caso), no establece umbrales a partir de los cuales pueda considerarse a una ciudad como dispersa o no. Mucho menos para categorizarla en muy dispersa o de baja dispersión (por dar un ejemplo).

## 6. Midiendo la dispersión

Por último, dos trabajos de mucha relevancia son *Measuring Sprawl 2014* (Ewing y Hamidi, 2014) y *Measuring Urban Sprawl and Validating Sprawl Measures* (Ewing y Hamidi, 2013). Ambos, son propuestas sobre distintos criterios para la identificación de la forma urbana en ciudades norteamericanas. Básicamente, se abordan dos morfologías específicas, la morfología compacta y la morfología dispersa.

*Measuring Sprawl 2014* (Ewing y Hamidi, 2014) es un informe sobre las áreas metropolitanas más compactas en Estados Unidos, y las más dispersas. Fue el resultado de una serie de investigaciones (Bereitschaft y Debbage, 2013) (Ewing, A. Schieber, y V. Zegeer, 2003) (Ewing, C. Brownson, y Berrigan, 2006) (Ewing, Meakins, Hamidi, y C. Nelson, 2014) cuyo propósito consistía en conocer la relación entre el tipo de aglomeración (dispersa o compacta) y la calidad de vida de sus habitantes. Llamaban la atención los beneficios que tiene un tipo de aglomeración, contra las desventajas que tiene el otro tipo de aglomeración.

The researchers found that several quality of life factors improve as index scores rise. Individuals in compact, connected metro areas have greater economic mobility. Individuals in these areas spend less on the combined cost of housing and transportation, and have greater options for the type of transportation to take. In addition, individuals in compact, connected metro areas tend to live longer, safer, healthier lives than their peers in metro areas with sprawl. Obesity is less prevalent in compact counties, and fatal car crashes are less common. (Ewing y Hamidi, 2014, p. iv)

Asimismo, el informe evalúa cuatro dimensiones para determinar si un área metropolitana es compacta o dispersa: densidad, usos de suelo, centralización de la actividad y accesibilidad vial. A su vez, cada dimensión integra diferentes variables.

La densidad mide seis variables: densidad total, porcentaje de la población que vive en zonas de baja densidad, porcentaje de la población que vive en zonas de media y alta densidad, densidad dentro del suelo total construido, concentración relativa de densidad alrededor del centro del área metropolitana y la densidad laboral.

La segunda dimensión, uso de suelo, se mide a través de: el balance de puestos de trabajo sobre la población total y la combinación de tipos de trabajos dentro de un grupo de manzanas, más el *walkscore* (registro de distancias caminables) del centro a cada grupo de manzanas censadas.

Por su parte, la centralización de la actividad es medida por el rango del tamaño de la población y el empleo en diferentes grupos de manzanas. Las áreas metropolitanas con mayor variación, es decir, una diferencia más amplia entre grupos de manzanas con una población alta y una baja, tienen mayor centralización de la actividad.

La cuarta y última dimensión, la accesibilidad vial, es resultado de una combinación de factores como: la longitud media de la manzana, la media del tamaño de la manzana, el porcentaje de manzanas de un tamaño delimitado, la densidad de intersecciones viales, y el porcentaje de intersecciones viales de cuatro vías o más.

Una vez que se miden las variables en cada una de las cuatro dimensiones, se obtiene un puntaje. Al sumarlos, el resultado es un índice de dispersión compuesto. El informe reporta el índice de dispersión compuesto de 221 áreas metropolitanas de los Estados Unidos. Para clasificar las áreas más compactas y las más dispersas, primero se dividen éstas por tamaño de población. Por un lado, se agrupan las áreas metropolitanas grandes, aquellas que

superan el millón de habitantes. Por el otro, se agrupan las áreas metropolitanas medianas, aquellas que poseen entre medio millón y un millón de habitantes. Mientras que las áreas metropolitanas pequeñas son aquellas que cuentan con menos de 500 mil habitantes.

De esta manera, el informe clasifica las áreas metropolitanas estadounidenses en compactas y dispersas (grandes, medianas y pequeñas).

*Measuring Urban Sprawl and Validating Sprawl Measures* (Ewing y Hamidi, 2013) es un análisis detallado sobre la construcción de diferentes índices de dispersión. *Measuring Sprawl 2014* (Ewing y Hamidi, 2014) toma uno de estos para hacer su publicación.

El primer índice que describen Ewing y Hamidi (2013) se llama Índice de Dispersión por Condados. Se construye a partir de seis dimensiones: densidad total, porcentaje de la población que vive en condados de baja densidad (entre 100 y 1,500 habitantes por milla cuadrada), porcentaje de la población que vive en condados de media y alta densidad (más de 12,500 habitantes por milla cuadrada), densidad media urbana según el *National Resources Inventory of the U.S. Department of Agriculture*, el tamaño promedio de las manzanas y el porcentaje de manzanas menores a 0.01 de una milla cuadrada.

Para determinar el grado de dispersión al interior de un condado, se construye un solo factor a partir de la combinación de puntajes de las diversas dimensiones. La técnica estadística empleada para lograrlo es a través de un análisis por componentes principales. Por último, se transforma el componente principal, que tenía una media de 0 y una desviación estándar de 1, a una escala con una media de 100 y desviación estándar de 25. Esta transformación produjo una métrica más sencilla y sólo así se asegura que todos los valores sean positivos.

Con esta transformación, los condados más compactos tienen valores de índice superiores a 100, mientras que los más dispersos tienen valores por debajo de 100.

Ewing, Pendall, y Chen (2002) construyeron una propuesta, que llamaremos Índice Original de Dispersión por Condados. En un segundo momento del documento (Ewing y Hamidi, 2013), se describe cómo enriquecer este Índice Original. La propuesta de mejora consiste en incluir 4 dimensiones (el Índice Original sólo consideraba dos dimensiones de la forma urbana: densidad residencial y accesibilidad vial) con las que se estima, se caracteriza toda la complejidad de la dispersión al interior de los condados, afirman los autores.

Estas cuatro dimensiones son la densidad, los usos de suelo, lo centrado, y la accesibilidad vial. Tal como se hizo en el índice de dispersión por condados, cada una de estas cuatro dimensiones se compone a su vez de la combinación de variables. La densidad, por ejemplo, se construye a partir de cinco variables: densidad total, porcentaje de la población que vive en condados de baja densidad, porcentaje de la población que vive en condados de media y alta densidad, densidad media urbana según el *National Land Cover Database*, y la densidad de empleo.

Para la dimensión de uso de suelo, las primeras dos variables se calcularon por grupos de manzanas, usando datos de población a nivel manzana del Censo de 2010, y los datos de empleo a nivel manzana de la base de datos del *Local Employment Dynamics* (LED) 2010. La primera variable fue el saldo promedio del empleo del condado. Para ello se dibujaron circunferencias de una milla de diámetro. Los totales de trabajo y población resultantes se utilizaron para calcular una media entre el empleo y la población. Se asignó un 1 para los grupos de manzanas con la misma proporción de empleos a habitantes dentro de la circunferencia, y un 0 donde sólo se contaba con uno de los dos agentes (habitantes o empleos).

La segunda variable, de la dimensión uso de suelo, fue el grado de empleo combinado del condado (entropía). Al igual que en la anterior, el territorio se dividió en áreas a partir de circunferencias de una milla de diámetro; posteriormente, se buscó la proporcionalidad de los empleos entre 5 distintos sectores: comercio local, entretenimiento, salud, educación y servicios personales.

Una tercera variable utiliza datos del *Walk Score, Inc.* (registro de distancias caminables) para medir la proximidad a los servicios. Se establece una ponderación y, a medida que la distancia aumenta, esa ponderación se ve afectada. A partir de una milla y media ya no se considera una distancia accesible a pie, por lo que ya no se asigna ponderación. Con ello se obtiene el tercer factor: *Walk Score* promedio del condado.

El trabajo analizado menciona que el Índice Original medía únicamente lo centrado en términos de concentración alrededor del Distrito Central de Negocios (CBD), y que dicha medición no tiene sentido en la actualidad, debido a que los condados poseen varios subcentros a lo largo de su territorio.

El siguiente obstáculo, como comentan los autores, era el cómo combinar correctamente diversas medidas, de diversas dimensiones, en un solo índice. “*The next issue we had to wrestle with was how to combine the four factors into a single sprawl index. A priori, there is no ‘right’ way to do so, only ways that have more or less face validity*” (Ewing y Hamidi, 2013, p. 18).

Una cuestión que conviene destacar aquí, hecha por los mismos autores, es el peso que debe asignarse a cada dimensión “*Should the four factors be weighted equally, or should one or another be given more weight than the others?*” (Ewing y Hamidi, 2013, p. 18). Sin embargo, al final, deciden asignar el mismo peso a cada dimensión y obtener un Índice por la suma de puntajes en cada dimensión.

Al igual que sucedió en el Índice Original, para obtener un valor de cada una de las cuatro dimensiones, y que al mismo tiempo tome en cuenta cada una de las variables, se emplea la técnica estadística de análisis por componentes principales. Es decir, en cada dimensión se obtiene un vector principal con valores específicos. Nuevamente, como en la construcción del Índice Original, se transforma el componente principal (que tenía una media de 0 y una desviación estándar de 1) a una escala con una media de 100 y desviación estándar de 25. Por último, se suman los valores de cada componente principal, que corresponde a cada dimensión (densidad, usos de suelo, lo centrado, y accesibilidad vial), y se obtiene así un Índice de Dispersión Renovado por Condados.

Cuando el Índice de Dispersión se construye por áreas urbanas, los valores de los vectores principales son los más altos en todas las dimensiones, comparados con el Índice por condados o el Índice por áreas metropolitanas.

## 7. Conclusiones

Cada una de las propuestas revisadas aportó elementos con los cuales es posible construir una metodología propia para medir la dispersión de las ciudades mexicanas.

De Muñiz y García-López se rescata el indicador discontinuidad, medida a partir de la relación entre superficie y número de bolsas en un periodo de tiempo. El posible obstáculo sería: contar con el número de bolsas en todas las ciudades en estudio, en las mismas fechas de comparación, tal como se hizo en la Región Metropolitana de Barcelona.

También de Muñiz y García-López puede concluirse que, entre 1986 y 2001, la RMB continuó creciendo y que el patrón de crecimiento mostrado fue el siguiente: una distribución (de población y empleo) más homogénea, en torno a un cada vez

mayor número de subcentros. Sin embargo, eso no desmiente una morfología que permanece siendo dispersa. Lo que sí deja ver, es que dicha morfología dispersa va recorriéndose y permanece constante en los bordes de la RMB. Es decir, conforme se extiende la RMB, se consolidan las áreas más cercanas al(os) municipio(s) central(es), mientras que las áreas periféricas surgen siempre de manera discontinua; éstas se consolidarán con el paso del tiempo y se seguirá extendiendo la Región Metropolitana, dando origen a nuevas áreas periféricas, también discontinuas, dispersas.

Coincidimos totalmente con Tsai (2005) y Galster y otros (2001) en asumir que la dispersión no es una condición que derive de una medición única, sino de la suma de varias mediciones. Ello puede contribuir a construir un concepto y una explicación propia del caso mexicano sobre dispersión, como una forma urbana bajo cualidades específicas y en grados distintos cada una.

Conviene, también, retomar el método de Tsai (2005): crear esquemas “hipotéticos” de diversas formas territoriales. A partir de los cuales se podrían elaborar predicciones sobre los resultados de los diferentes índices.

Consideramos que el propósito del trabajo se cumplió, ya que fue posible identificar métodos que se han utilizado en distintas regiones, así como los índices en cada caso, dependiendo de las variables en estudio.

Sin embargo, se abre una nueva tarea. El trabajo que deberá continuar será conocer cuáles son estas varias mediciones: ¿Las mismas ocho dimensiones, planteadas por Galster y otros (2001), podrían utilizarse en ciudades mexicanas? ¿Qué valor se le asignaría a cada una para obtener la suma de todas? ¿Podrán clasificarse en distintos tipos o grados de dispersión, las ciudades mexicanas?

## Referencias

Álvarez de la Torre, G. (2011). Estructura y temporalidad urbana de las ciudades intermedias en México. *Frontera Norte*, 91-124.

- Caniggia, G. F. (1975). Aglomeraciones como determinación de tejidos típicos. En G. F. Caniggia, *Tipología de la edificación* (pp. 80-144). Madrid: Celeste.
- Celemín, J. P. (2009). Autocorrelación espacial e indicadores locales de asociación espacial. Importancia, estructura y aplicación. *Revista Universitaria de Geografía*, 18, 11-31.
- Ewing, R., y Hamidi, S. (2013). *Measuring Urban Sprawl and Validating Sprawl Measures*. Salt Lake City, Utah: Metropolitan Research Center.
- Ewing, R., y Hamidi, S. (2014). *Measuring Sprawl 2014*. Washington, DC.: Smart Growth America, National Institutes of Health y Ford Foundation.
- Ewing, R., A. Schieber, R., y V. Zegeer, C. (2003). Urban Sprawl as a Risk Factor in Motor Vehicle Occupant and Pedestrian Fatalities. *American Journal of Public Health*, 93, 1541-1545.
- Ewing, R., C. Brownson, R., y Berrigan, D. (2006). Relationship Between Urban Sprawl and Weight of U.S. Youth. *American Journal of Preventive Medicine*, 31, 464-474.
- Ewing, R., Meakins, G., Hamidi, S., y C. Nelson, A. (2014). Relationship Between Urban Sprawl and Physical Activity, Obesity, and Morbidity. *Health & Place*, 26, 118-126.
- Ewing, R., Pendall, R., y Chen, D. (2002). *Measuring Sprawl and Its Impacts*. Washington, DC: Smart Growth America.
- Galster, G., Hanson, R., R. Ratcliffe, M., Wolman, H., Coleman, S., y Freihage, J. (2001). Wrestling Sprawl to the Ground: Defining and measuring an elusive concept. *Housing Policy Debate*, 681-717.
- L. Berry, B. (1976). The Counterurbanization Process: Urban America Since 1970. En B. L. Berry, *Urbanization and Counterurbanization*. Beverly Hills, London: Sage publications.
- Mayor Fernández, M., y Hernández Muñiz, M. (2000). Anales de Economía Aplicada. XIV Reunión ASEPELT-España. *Una aproximación al gradiente de densidad de población* (pp. 1-18). Oviedo: Universidad de Oviedo.
- Muñiz, I., y García-López, M. Á. (2013). Anatomía de la dispersión urbana en Barcelona. *EURE*, 189-219.
- Sobriño, J. (2006). Patrones de dispersión intrametropolitana en México. *Estudios demográficos y urbanos*, 583-617.
- Tsai, Y.-H. (2005). Quantifying Urban Form: Compactness versus ‘Sprawl’. *Urban Studies*, 42(1), 141-161.
- W. Soja, E. (2008). *Postmetrópolis. Estudios críticos sobre las ciudades y las regiones*. Madrid: Traficantes de sueños.