



## [AVERMA] Decisión del editor/a

1 mensaje

<averma@asades.org.ar>

mié, 5 de oct de 2022 a la hora 12:35

Responder a: Jesica Belen Esparza <jesicaesparza@hotmail.com>

Para: María Belén María <mbs.arq@gmail.com>, Erica Correa <ecorrea@mendoza-conicet.gob.ar>, María Alicia Cantón <macanton@mendoza-conicet.gob.ar>

María Belén María, Erica Correa, María Alicia Cantón:

La edición de su envío, "REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA PARA CARACTERIZAR, CUANTIFICAR Y ANALIZAR LA FORMA URBANA, Y SU RELACIÓN CON EL COMPORTAMIENTO TÉRMICO EXTERIOR," se ha completado. Ahora lo enviaremos a producción.

Submission URL: <https://avermaexa.unsa.edu.ar/index.php/averma/authorDashboard/submission/558>

Todos los trabajos aceptados deberán ser expuestos durante la Semana Catamarca Sustentable en las Sesiones Técnicas (ST), del 30 de octubre al 3 de noviembre de 2022 en día y horario a confirmar.

Los revisores han recomendado su trabajo para **PUBLICACIÓN EN ACTAS DE CONGRESO Y REVISTA AVERMA** de acuerdo a la valoración del artículo en los siguientes aspectos: escritura, originalidad y calidad.

En cuanto a la instancia de presentación al Congreso, le comunico que:

- Todas las presentaciones de trabajos en las ST serán orales con un tiempo total asignado de 10 minutos (10 minutos de presentación y 5 minutos máximo de preguntas).
- Por cada trabajo aceptado se abonará un derecho de publicación:
- ACTAS y AVERMA: \$2000 para Socios y \$3400 para No Socios mediante transferencia bancaria. Los montos para pago con tarjeta son: \$2200 para Socios y \$3700 para no Socios. En este último caso deben pedir el link para pagar por Mercado Pago a [asades@gmail.com](mailto:asades@gmail.com)
- Los trabajos que se publican en revista ERMA abonan \$2240 Socio y \$4480 No Socios con transferencia bancaria. Para pago con tarjeta: \$2500 Socio y \$470 NO Socios. En este último caso deben pedir el link para pagar por Mercado Pago a [asades@gmail.com](mailto:asades@gmail.com)
- Si hay mayoría simple de autores socios se paga como Socio y si hay mayoría simple de autores no socios se paga como no socio. Si hay tantos autores Socios como No Socios, se paga como Socios. Se considera a la autoría de trabajo en forma personal, por lo tanto NO SE ACEPTARÁN LAS MEMEBRESÍAS INSTITUCIONALES para contabilizar si un autor es socio o no de ASADES. Es decir que los autores son considerados Socios si han cumplido en forma personal e individual los requisitos estatutarios, entre ellos el pago de la cuota anual personal de cada autor.
- Datos de la cuenta para la transferencia bancaria:

### **Banco Ciudad de Buenos Aires**

ASOCIACIÓN ARGENTINA DE ENERGÍAS RENOVABLES Y AMBIENTE – ASADES

CUIT: 30677913092

Nro. CC: 000000080000017576

Alias: ASADES-BancoCiudad

CBU: 0290008700000000175764

Una vez realizado el depósito correspondiente se deberá enviar un correo electrónico a: [tesoreria.asades@gmail.com](mailto:tesoreria.asades@gmail.com) con copia a [info@asades.org.ar](mailto:info@asades.org.ar).

**El correo electrónico deberá contener la siguiente información:** Título del Trabajo y Tema, copia del comprobante de transferencia emitido por el banco, Nombre del Socio o del Autor, Numero de CUIT/CUIL, Información necesaria para la emisión del recibo.

Muchas Gracias,

Quedamos a su disposición por cualquier consulta.

EQUIPO EDITORIAL TEMA 1

ASADES 2022

---

[Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente](#)

## **Tema 1 – Arquitectura ambientalmente consciente y hábitat**

### **REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA PARA CARACTERIZAR, CUANTIFICAR Y ANALIZAR LA FORMA URBANA, Y SU RELACIÓN CON EL COMPORTAMIENTO TÉRMICO EXTERIOR.**

**M. B. Sosa<sup>1</sup>, E. Correa<sup>1</sup>, M. A. Cantón<sup>1</sup>**

Instituto de Ambiente, Hábitat y Energía (INAHE), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Centro Científico y Tecnológico – CCT C.P. 5500 – Mendoza. Tel. 0261-5244310 – e-mail: msosa@mendoza-conicet.gob.ar

**RESUMEN:** El estudio de la forma urbana es un campo significativo y multidisciplinario, que contribuye a comprender el entorno construido como un objeto físico complejo. En la actualidad, la mejora de la capacidad informática y las herramientas matemáticas permiten una adecuada introducción al paradigma de la complejidad en el estudio de la forma. Los académicos comenzaron a enfocarse en la conexión entre el comportamiento ambiental y la forma urbana, siendo uno de los temas las alteraciones térmicas a diferentes escalas climáticas. El trabajo realiza una revisión bibliográfica de índices, indicadores y coeficientes, para determinar cuáles de éstos contribuirían a caracterizar, cuantificar y analizar la forma urbana. Para determinar en estudios posteriores, si existen correlaciones entre el método utilizado y el comportamiento térmico exterior tanto para el Área Metropolitana de Mendoza como para otras ciudades. El trabajo realizó una revisión bibliográfica de 30 estudios seleccionados por 3 palabras claves, en castellano e inglés. Se detectó que el 60% de los trabajos utiliza metodologías cuantitativas, que entre los términos más utilizados existen confusiones en cuanto a su uso, cálculo y clasificación, y en cuanto a la relación entre variables climáticas resulta conveniente utilizar el coeficiente de Moran, o los índices de dimensión fractal.

**Palabras clave:** revisión bibliográfica, forma urbana, comportamiento térmico exterior

**ABSTRACT:** The study of urban form is a significant and multidisciplinary field, contributing to an understanding of the built environment as a complex physical object. Nowadays, the improvement of informatics capacity and mathematical tools allow an adequate introduction of the paradigm of complexity in the study of form. Scholars began to focus on the connection between environmental behavior and urban form, being one of the topics thermal disturbances at different climatic scales. The work carries out a bibliographic review of indices, indicators and coefficients, to determine which of these would contribute to characterize, quantify and analyze the urban form. Then determine in subsequent studies, if there are correlations between the method applied and the outdoor thermal behaviour, so much for the Metropolitan Area of Mendoza or for other cities. The work made a bibliographic review of 30 studies selected by 3 keywords, in Spanish and English. It was detected that 60% of the works use quantitative methodologies. Also, there are confusions among the most used terms regarding their use, calculation and classification. Finally, considering the relationship between climatic variables, the methodology addressed by the Moran coefficient or the fractal dimension indices are the most convenient.

**Keywords:** bibliographic review, urban form, outdoor thermal confort

#### **INTRODUCCIÓN**

El abordaje y estudio de la forma urbana es un campo cada vez más significativo y multidisciplinario (Whitehand, 2016), y su objetivo es contribuir a comprender el entorno construido como un objeto físico complejo (Kropf, 2017). Una mejor comprensión de la forma urbana contribuye a disponer de análisis, medidas y modelos, que ayudan a hacer previsiones efectivas donde se puede conducir a tomar decisiones (Sosa et al., 2020). Al analizar las ciudades siempre se encuentra un conjunto de elementos, cada uno de los cuales cumple una determinada función. Las diversas posiciones de los

elementos en el conjunto configuran la trama y las relaciones que se establecen en virtud de ello, define una estructura, todo ello tiene una expresión física a la que se le denomina forma.

La tradición del estudio morfológico estuvo arraigada entre los geógrafos europeos interesados en las formas del diseño urbano de los siglos XIX y XX (D'Acci, 2018). Los estudios morfológicos en el diseño urbano comenzaron en las décadas de 1950 y 1960 en Italia y Francia como un intento de explicar la continuidad estructural de las ciudades tradicionales, después del fracaso del movimiento moderno. En América del Norte todavía durante la segunda mitad del siglo XX, los estudios de la forma urbana se centraban en la estética o la economía, donde algunos historiadores de la arquitectura hicieron algunos progresos tempranos en el estudio de las formas urbanas (Rashid, 2017).

En la actualidad, la disponibilidad de datos, junto con la mejora de la capacidad informática y las herramientas matemáticas permiten una adecuada introducción del paradigma de la complejidad en el estudio de las ciudades desde el aspecto de la forma. Entre varios ejemplos, la modelización para simular interacciones cuyas retroalimentaciones positivas o negativas que inducen a fenómenos emergentes donde diferentes formas urbanas causan diversas consecuencias sociales y ambientales (Hillier, 2016).

Los académicos comenzaron a enfocarse en la conexión entre el comportamiento ambiental y la forma urbana, siendo uno de los temas las alteraciones térmicas a diferentes escalas climáticas. A escala de ciudad, las islas de calor, y el sobrecalentamiento urbano son los fenómenos más observados y medidos en todo el mundo (Tsoka et al. 2017; Middel et al. 2014; Mills et al. 2010; Correa, 2006). Ambos impactan sobre las condiciones térmicas exteriores e interiores de los edificios, aumentando el consumo de energía para acondicionamiento térmico de verano y deterioran la calidad del ambiente exterior, entre otras alteraciones (Salamanca et al. 2014; Kleerekoper, et al., 2012; Lin et al. 2011).

En este sentido, la forma urbana debe abordarse debido a la creciente extensión e importancia global de las ciudades, y porque las ciudades y las regiones urbanas exhiben constantemente nuevas formas, especialmente en áreas de alto crecimiento (Taubenböck et al., 2018). La forma urbana es un elemento clave para entender los sistemas urbanos, ya que revela la eficiencia de cómo se configuran el uso del suelo, los recursos, el transporte y la infraestructura, así como la influencia de las actividades humanas en el entorno (Grimm et al., 2016; Fang et al., 2015). La posibilidad de calcular los límites de áreas urbanas de manera sistemática y matemática abre nuevas vías teóricas empíricas en la investigación del uso del suelo y la forma urbana (Tellier, 2021). El tratamiento matemático de las formas urbanas se ha vuelto cada vez más sofisticado y, en términos generales, las matemáticas han demostrado ser un lenguaje eficiente para abordar el objetivo de los estudios urbanos que consiste en generar una teoría de la forma urbana de carácter científico (D'Acci, 2018).

Dentro de este contexto, el objetivo del trabajo es realizar una revisión bibliográfica de estudios que utilicen índices, indicadores y coeficientes, a fin de determinar cuales de éstos contribuirían en mayor medida a caracterizar, cuantificar y analizar la forma urbana. Siendo este objetivo el insumo necesario para determinar, en estudios posteriores, si existen correlaciones entre el método utilizado para caracterizar y cuantificar la forma urbana y el comportamiento térmico exterior, tanto para el Área Metropolitana de Mendoza (AMM) como así también para aplicarse para analizar otras ciudades.

## **METODOLOGÍA**

El desarrollo metodológico del trabajo se realizó en 2 etapas: (i) búsqueda bibliográfica y de antecedentes, (ii) sistematización de la información.

### **Búsqueda bibliográfica y de antecedentes**

Para la búsqueda de información se utilizó el buscador de Google académico donde se consultaron fuentes de tipo primarias, artículos científicos y capítulos de libro originales publicados por editoriales con referato, tesis de maestría y doctorales, reportes e informes emitidos por organismos reconocidos. Para la búsqueda se utilizaron tres palabras claves, tanto en castellano como en inglés: “*caracterizar la forma urbana - characterizing urban form*”, “*cuantificar la forma urbana - quantifying urban form*”, y “*analizar la forma urbana - analyzing urban form*”. Se seleccionaron como filtros en el motor de búsqueda el orden por relevancia y no se determinó intervalo temporal. Se utilizó como línea de corte

para la lectura y análisis a los primeros 5 trabajos encontrados por cada palabra clave, obteniendo un total de 30 trabajos que cumplen con los requisitos anteriormente descritos. La Figura 1 muestra la cantidad total de trabajos encontrados por palabra clave diferenciados por idioma, siendo notoriamente menor la cantidad encontrada en castellano utilizando el término “cuantificar la forma urbana” (2% del total - 98.100 trabajos), y sumando el 50% del total de trabajos el término “analyzing urban form” (2.380.000 trabajos). En cuanto a las otras 4 palabras utilizadas, los resultados encontrados fueron muy similares, del orden entre 11 a 13% (546.000 a 600.000 trabajos).

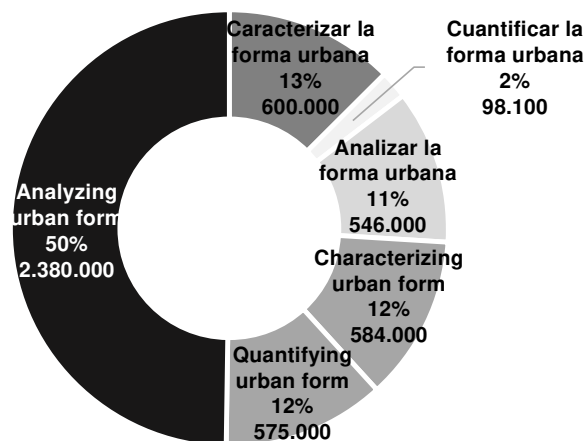


Figura 1: Trabajos por palabra clave, encontrada al día 19/09/2022 en el sitio web Google académico.

### Sistematización de la información

Luego de realizada la búsqueda de los trabajos científicos se procede a sistematizar la información en relación a cada una de las seis palabras claves utilizadas. En primer lugar se generó una figura que contiene a los 30 trabajos donde se volcó el año de publicación, los autores, la revista o editorial y el tipo de trabajo, diferenciada por palabra clave (ver Fig. 2). Luego se describió y analizó la metodología utilizada en cada trabajo seleccionado para diferenciar los enfoques cualitativos de los cuantitativos. Por último, se realizó una nube de palabras utilizando los términos utilizados en los trabajos con metodología cuantitativa (ver Figura 3 y 4 en sección resultados).

Palabra clave	Año	Autores	Tipo de trabajo
Caracterizar la forma urbana	2019	González Arellano y Larralde Corona	Artículo
	2012	Carrión y Erazo Espinosa	Artículo
	2011	Jirón	Tesis doctoral
	2016	Capel	Artículo
	2011	Bellet	Artículo
Characterizing urban form	2021	Tellier	Artículo
	1992	Nelson	Artículo
	2020	Zhao et al.	Artículo
	2020	Jatayu et al.	Artículo
	2014	Jacques y El-Geneidy	Artículo
Cuantificar la forma urbana	2019	Aguilera-Benavente, y García	Artículo
	2011	Bellet	Artículo
	2017	Sosa et al.	Artículo
	2016	Andrés y Barragán Muñoz	Artículo
	2019	Castillo et al.	Artículo
Quantifying urban form	2005	Tsai	Artículo
	2006	Lee y Moudon	Artículo
	2009	Kashem et al.	Artículo
	2019	Sun et al.	Artículo
	2021	Zou et al.	Artículo
Analizar la forma urbana	2019	González Arellano y Larralde Corona	Artículo
	2019	Jaramillo Rojas	Tesis doctoral
	2020	Baez Gil	Artículo
	2020	Barahona AVECILLA et al.	Artículo
	2011	Budría	Capítulo de libro
Analyzing urban form	2003	Vandersmissen et al.	Artículo
	2019	Dong et al.	Artículo
	2001	Boarnet y Crane	Libro
	2017	Xia et al.	Artículo
	2018	Wentz et al.	Artículo

Figura 2: Trabajos analizados diferenciados por palabra clave.

### ***Caracterizar la forma urbana***

González Arellano y Larralde Corona (2019) analizaron de manera cuantitativa aspectos de la morfología urbana de las zonas metropolitanas de México; eligieron siete atributos para caracterizar la forma urbana: (i) superficie urbana, (ii) índice de policentralidad, (iii) índice de compacidad, (iv) densidad media urbana, (v) índice de distribución del empleo, (vi) índice de diversidad, y (vii) traza urbana. La metodología que utilizaron se basó en calcular varios índices, para la policentralidad utilizaron el índice de asociación espacial local (LISA), para el índice de compacidad calcularon el Equal Area Circle (EAC), el valor de densidad media urbana la obtuvieron dividiendo la población entre la superficie urbana, para el índice de distribución del empleo se utilizó el coeficiente de Moran, el índice de diversidad se estimó a través de un índice de densidad de número de empleos por residente local, la diversidad urbana la obtuvieron por el índice de diversidad relativa que expresa el grado de distribución y mezcla de los distintos grupos, por último para la traza urbana los autores estimaron la longitud total de calles, el número total de tramos de calles, y calcularon la relación área/perímetro de cada manzana. Carrión y Erazo Espinosa (2012), aportan una estructura expositiva para reconstruir las transformaciones históricas del contexto urbano de Quito. Enfatizan los rasgos más sobresalientes de manera cualitativa, presentando esquemas de como la forma de organización territorial fue variando de radial concéntrica a territorial longitudinal y polinuclear, hasta consolidar el área metropolitana. Jirón (2011), investigó el comportamiento energético de tejidos urbanos residenciales contemporáneos. Para ello utilizó y calculó rasgos espaciales como la estructura parcelaria, la proporción del espacio público medido en un ratio altura/ancho, el factor de cielo visible, el coeficiente de ocupación de suelo, el factor forma y la densidad volumétrica. Capel (2016), presenta una reflexión sobre las diferentes dimensiones de la ciudad: la ciudad física construida con su morfología (la urbs), la ciudad de los ciudadanos y sus comportamientos (la civitas), y la organización administrativa y política (la polis). En términos de cuantificar aspectos de la forma urbana, el autor no utiliza índices ni coeficientes, sino que realiza el análisis de manera cualitativa. Bellet (2011) estudia la relación espacial entre la ciudad y la universidad española a través del análisis histórico del proceso de implantación y de su peso en la configuración de la estructura urbana; el resultado final ha sido el de una implantación dispersa en lo urbano, abordando a esta conclusión de manera cualitativa.

### ***Characterizing urban form***

Tellier (2021), utiliza el sistema métrico urbano (UMS) como un índice de expansión urbana que se puede implementar a escala global, ya que permite calcular los límites del área urbana y representar sistemas urbanos por medio de curvas de nivel. Zhao et al., (2020), caracterizaron la evolución de forma urbana y sus transformaciones en la ciudad de Austin, Texas. Para ello, utilizan imágenes satelitales Lidar que les permiten identificar y diferenciar varias propiedades geométricas y superficiales, como: superficies edificadas, superficies permeables, altura de las edificaciones, factor de visión de cielo, relación altura y ancho de calle (H/W), y rugosidad. Jatayu et al., (2020), realizan una zonificación cuantitativa para caracterizar la expansión y dinámica urbana del norte de Cianjur, Indonesia. El estudio lo desarrollaron a través de generar agrupamientos espaciales y de utilizar métricas espaciales: densidad (PLAND -Percentage of Landscape- y PD -Patch Density-), continuidad (COHESION y CONTIG -Contiguity Index-), agrupamiento (MESH y SPLIT), y forma (SHAPE -Shape Index-), utilizando el software FRAGSTATS. Jacques y El-Geneidy (2014), abordan si analizar el comportamiento de viaje caracteriza de manera más precisa distintas áreas dentro de Montreal, a diferencia de solamente considerar el entorno construido. El estudio utiliza un análisis factorial de conglomerados sobre numerosas medidas de forma urbana para caracterizar diferentes área: densidad (densidad de población/personas, promedio de numero de personas por vivienda, promedio de numero de personas por habitación, porcentaje de viviendas aisladas, apartamentos), uso de suelo (porcentaje de uso residencial, porcentaje de uso comercial, porcentaje de uso industrial, porcentaje de uso institucional y cívico, porcentaje de parques, porcentaje de espacio abierto), diseño de calles y manzanas (longitud promedio de manzana, superficie promedio de manzana, porcentaje de pequeñas manzanas, número de intersecciones, número de cul-de-sac), accesibilidad (distancia promedio al distrito central financiero, accesibilidad en auto al empleo, accesibilidad en transporte público al empleo, accesibilidad en auto al comercio -mercados y restaurantes-, accesibilidad en transporte público al comercio -mercados y restaurantes-), vivienda (porcentaje de propietarios, porcentaje de inquilinos, ingreso medio por vivienda, año de construcción), y comportamiento de viajes (porcentaje a pie, porcentaje en bicicleta, porcentaje en transporte público, porcentaje en vehículo privado, promedio de distancia recorrida a pie, promedio de distancia recorrida en bicicleta, promedio de

distancia de viaje en transporte público, distancia de viaje en vehículo privado, distancia de viaje en transporte público, número de vehículos por hogar, número de paradas de autobús). Nelson (1992), analiza el fenómeno de exurbanización, revisa las razones por las que millones de hogares eligen habitar en el campo, sugiere las orientaciones socioculturales de los exurbanitas y analiza las implicaciones de la exurbanización para las teorías de la forma urbana y la política urbana. Sus argumentos se basan en una mirada cualitativa, indicando que existe la necesidad de una definición de exurbia que permita un análisis estadístico conveniente.

### ***Cuantificar la forma urbana***

Aguilera-Benavente y García (2019), caracterizan los patrones espaciales de ocupación urbana de 46 Áreas Metropolitanas en España mediante métricas espaciales en tres fechas diferentes. Las métricas utilizadas fueron: área total de la categoría, porcentaje de paisaje, número de teselas, densidad de teselas, índice de la tesela más grande, longitud de borde, densidad de bordes, área media de las teselas, área media ponderada por el área de las teselas, índice de forma medio, índice de forma medio ponderado por el área, índice de dimensión fractal medio, distancia media a la tesela más próxima, distancia media a la tesela más próxima ponderada por el área. Sosa et al., (2017) identifican formas urbanas que reducen el efecto de la isla de calor en Mendoza mediante el análisis y comparación del comportamiento térmico de 10 canales viales urbanos durante el periodo de verano. Para caracterizar los casos de estudio utilizaron una serie de descriptores e indicadores: ancho de calle, material de calle, superficie edificada promedio por lote, altura media de las casas, relación altura media edificada sobre ancho de calle (H/W), material fachada, ancho de vereda, material de vereda y especie forestal, largo calle, ancho calle, superficie del canal vial, azimut, eje de orientación, cantidad viviendas, superficie total construida, volumen total construido, compacidad, factor de visión de cielo, número de árboles, porcentaje de superficie sellada, porcentaje de superficie permeable, rugosidad del suelo y clase climática (LCZ). Andrés y Barragán Muñoz (2016), cuantificaron las ciudades costeras en el mundo a través de un análisis de todas las ciudades con más de 100.000 habitantes desde 1945 a la actualidad. Utilizaron como categorías al entorno físico-natural (diferenciado en cuatro ambientes marinos), al entorno socioeconómico (diferenciado en tres infraestructuras de servicio), y al entorno administrativo (diferenciado en dos escalas). Si bien la metodología empleada fue de carácter cuantitativo no se emplearon índices ni coeficientes para caracterizar la forma urbana de esas ciudades. Por último, Castillo et al., (2019), analizaron la interacción entre parámetros microclimáticos y variables geomorfológicas que definen el comportamiento térmico de los espacios urbanos. Para ello utilizaron tres categorías de indicadores: (i) geomorfológicos (altitud y azimut), (ii) morfológicos (largo, ancho, superficie de canal vial urbano, relación altura de viviendas con ancho de canal, superficie total construida, superficie total de patios, superficie de patios perimetrales, superficie de patios centrales, relación entre patios perimetrales y centrales, compacidad, volumen total construido, densidad edilicia, factor de ocupación de superficie, horas sol), y (iii) tecnológicos (factor de visión de cielo, número de forestales y albedo).

### ***Quantifying urban form***

Tsao (2005), desarrolla un conjunto de variables cuantitativas para caracterizar las formas urbanas a nivel metropolitano y, en particular, para distinguir la compacidad de la dispersión. En el estudio se identifican un conjunto de cuatro dimensiones de forma metropolitana (tamaño metropolitano, densidad, grado de distribución equitativa y grado de agrupación). Para ello utiliza y calcula cinco coeficientes: entropía relativa de Shannon, Gini, Moran, Geary, y Geary ajustado. Lee y Moudon (2006), analizan el uso del suelo a nivel micro y las variables de forma urbana en relación con caminar, el estudio se centra en medidas del entorno medidas objetivamente, individualmente observables y desagregadas. En la metodología utilizaron variables ambientales y socio-demográficas basadas en encuestas, generando un modelo en GIS, que no considera de manera prioritaria a la forma urbana. Kashem et al., (2009), definieron y cuantificaron la forma urbana de la ciudad de Rajshahi en Bangladesh. Para ello, seleccionaron el coeficiente de Gini y el coeficiente de Moran, y utilizaron el software GeoDa para calcular Moran. Sun et al., (2019), estudian el impacto de las características físicas de la forma urbana sobre la temperatura de la superficie terrestre, en Ningbo, China. Consideraron cinco grupos de indicadores, siendo: actividad humana (intensidad de luz nocturna), morfología del edificio (densidad del edificio y relación de superficie construida), sistema de transporte (densidad vial), infraestructura pública (densidad de puntos de interés), e infraestructura ecológica (superficies de agua y grado de enverdecimiento). Zou et al. (2021), utilizan los avances en

la detección biométrica para medir las respuestas psicofisiológicas a una variedad de formas urbanas utilizando entornos virtuales altamente controlados, en lugar de entornos de la vida real costosos y difíciles de controlar. El objetivo es probar la hipótesis de que ciertas características de la forma urbana impactan en la psicofisiología humana. Para hacerlo, medieron la electroencefalografía en 35 participantes que exploraban entornos virtuales que variaban en la altura de los edificios y la presencia de vegetación, y descubrieron según las métricas de la electroencefalografía que los entornos urbanos con vegetación y edificios de menor altura se asociaron con menos estrés.

### ***Analizar la forma urbana***

González Arellano y Larralde Corona (2019), el trabajo fue descrito en la sección “caracterizar la forma urbana”, siendo de carácter cuantitativo. Jaramillo Rojas (2019), analizó y categorizó cinco tejidos predominantes de Ecuador necesarios de regular e impulsar para mejorar la conectividad, habitabilidad y sostenibilidad. La metodología empleada fue de tipo descriptiva a través de un análisis visual, sin utilizar ni calcular índices ni coeficientes. Baez Gil (2020), trata conceptualmente las implicaciones que tiene denominar a la ciudad de Puebla como barroca y moderna a través de analizar de manera cualitativa las transformaciones que ha sufrido la ciudad en su forma urbana y en sus formas de vida. Barahona AVECILLA et al., (2020), explican con información estadística y fórmulas matemáticas las transformaciones de la ciudad de Riobamba-Ecuador. La metodología empleada calcula el radio de la circunferencia y el coeficiente de proporcionalidad. Budría (2011), elabora indicadores de forma urbana mediante SIG y compara algunos de estos en dos ciudades con parámetros diferentes tanto en su estructura como en su forma urbana: Santiago y Zaragoza, España. En su metodología utiliza una serie de indicadores, siendo: cohesión, proximidad, spin, rho de Bertaud y Malpezzi, dispersión, perímetro, profundidad, perímetro/área, circunvalar, atravesar, accesibilidad al transporte público, índice de apertura, densidad de calles.

### ***Analyzing urban form***

Vandersmissen et al., (2003) identifican los factores espaciales y sociales responsables de los cambios de los viajes urbano en el área metropolitana de Québec. Para ello, desarrollaron un modelo desagregado de duración de viaje estimado sobre la base de grandes muestras derivadas de encuestas de viaje comparables a lo largo del tiempo, el análisis indica que una vez que se controlan el modo de viaje y los factores sociales clave, el cambio de una forma de ciudad monocéntrica a una ciudad dispersa es responsable del aumento del tiempo de viaje. Dong et al., (2019), cuantificaron las formas urbanas en función de la distribución de la densidad del área construida (dimensión de centralidad y la dimensión de compacidad), tomando como ejemplo 27 grandes ciudades de Estados Unidos, Europa y China. Para las dos dimensiones de la forma, calcularon la proporción de tres partes: área del núcleo urbano, área urbana interior, y los suburbios. El área urbana es la combinación de área central, área urbana interior y suburbios, para ello utilizaron una fórmula de ajuste de la densidad de la superficie construida urbana (Jiao, 2015), “Regla de la forma de S inversa”. La fórmula incluye la densidad del área edificada urbana, la distancia al centro de la ciudad, el número de Euler, la densidad de fondo de la tierra urbana en una ciudad, y el límite aproximado de la extensión urbana. De acuerdo con la función de densidad del suelo urbano, se puede calcular el radio correspondiente de una determinada densidad de área construida urbana. Boarnet y Crane (2001), se plantearon si se pueden solucionar los problemas de transporte mediante el diseño correcto del vecindario. Para ello analizaron simulaciones en patrones de calles en forma de cuadrícula y curvilínea. Su estudio encontró que las calles en forma de cuadrícula generan 57% menos millas de viaje dentro del vecindario que las redes suburbanas convencionales curvilíneas, porque las cuadrículas acercan los orígenes y los destinos. Xia et al., (2017), analizaron los cambios espaciales del metabolismo del carbono urbano y también de la forma urbana de 1990 a 2010, utilizando una combinación de métodos SIG e índices de paisaje en Beijing. El cálculo de las variaciones morfológicas del área urbana lo realizaron utilizando el índice de dimensión fractal, con el software Fragstats 4.0. Wentz et al., (2018), proponen una solución al problema de cómo utilizar de manera efectiva la detección remota y el análisis geoespacial para representar y cuantificar la complejidad de la forma urbana, de manera conceptual. Para ello, identifican y definen seis aspectos fundamentales de la forma urbana, que se organizan dentro de tres componentes generales: materiales o elementos físicos del paisaje urbano (elementos construidos por el hombre, continuo suelo-planta, y elementos de agua), configuración (espacio bidimensional y tridimensional, y el patrón espacial de las áreas urbanas), y dinámica de las actividades humanas y los procesos biofísicos (tiempo).



## RESULTADOS Y DISCUSION

De los 30 trabajos abordados, se destaca que 18 de ellos utilizaron metodologías de tipo cuantitativa, entiendo a estas metodologías como un conjunto de estrategias de obtención y procesamiento de información que emplean magnitudes numéricas y técnicas formales y/o estadísticas para llevar a cabo su análisis. La Figura 3 muestra que los trabajos en idioma inglés son los que acumulan mayor cantidad de enfoques cuantitativos (66% en total), mientras que en los de idioma castellano el porcentaje es menor (34%). A su vez, para cada palabra clave en inglés 4 trabajos son de tipo cuantitativo; mientras que en castellano la palabra clave “cuantificar la forma urbana” es la que acumula mayor cantidad (3 trabajos - 17%).

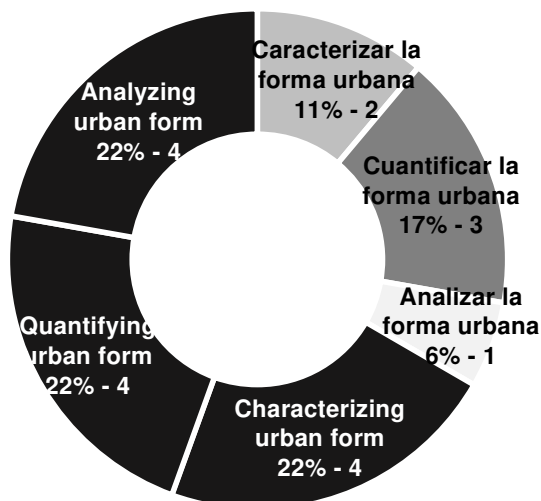


Figura 3: Cantidad de trabajos con metodología cuantitativa por palabra clave.

Por otra parte la Figura 4, nube de palabras, sintetiza y destaca los términos mas utilizados para analizar, cuantificar y caracterizar la forma urbana, siendo éstos: FOS -factor de ocupación de suelo o superficie total construida- (7 trabajos), compacidad (4 trabajos), SVF -factor de visión de cielo- (4 trabajos), coeficiente de Moran (3 trabajos), densidad (3 trabajos), H/W -relación altura edificios/ancho de calle (2 trabajos), rugosidad (2 trabajos), coeficiente de Gini (2 trabajos), Fragstats (2 trabajos), shape index (2 trabajos), azimut (2 trabajos), ancho de calle (2 trabajos), superficie canal vial (2 trabajos), coeficiente de Geary (2 trabajos), índice de dimensión fractal (2 trabajos).



Figura 4: Nube de palabras destacando los términos mas utilizados para analizar, cuantificar y caracterizar la forma urbana.

### **Índices, indicadores y coeficientes, y su relación con el comportamiento térmico exterior.**

Como lo define Oke (1988), en la capa de dosel urbano los comportamientos de la temperatura, la radiación, el viento y otros factores climáticos están determinados por las características físicas del entorno; que a su vez cuentan con un alto nivel de heterogeneidad debido a la variación de las condiciones de un lugar a otro dentro del volumen del dosel. Las dimensiones de los espacios urbanos, las alturas de las edificaciones, la distribución y densidades de la vegetación, los materiales de las edificaciones, y superficies del suelo son muestras de estas características que contribuyen a crear un clima único que puede afectar el confort térmico exterior y el consumo energético interior. Por lo tanto, el ambiente térmico urbano puede cambiar claramente de un lugar a otro y el conocimiento sobre la temperatura del aire es crucial para comprender este entorno (Grimmond et al. 2010). En este sentido, el abordaje en el estudio de la “forma urbana” es fundamental para caracterizar su comportamiento térmico exterior, tanto en estudios teóricos como en la situación real.

Los resultados demuestran que el *FOS* -factor de ocupación de suelo o superficie total construida- es uno de los indicadores más utilizados, representa la relación entre lo lleno y lo vacío en el contexto urbano o entre suelo edificado y no edificado, sin representar el grado de agrupación o distanciamiento entre elementos. Si bien es un indicador sencillo de calcular depende del área de referencia que se considere para realizar estudios climáticos y comparaciones. La *compacidad*, término utilizado desde el año 1973 cuando se propuso el concepto de “ciudad compacta”, no cuenta con una única metodología ni existe una definición unificada (Lan et al., 2021). Los investigadores han llegado al consenso de que las ciudades compactas deberían ser al menos compactas tanto en términos físicos como funcionales (Papadimitriou, 2012; Dempsey, 2010; Jabareen, 2006). La compacidad física del espacio urbano ha sido investigada en un gran número de estudios, desde varios enfoques, aunque durante las últimas décadas las mediciones se han basado principalmente en 2D (Richardson, 1973; Bertaud y Malpezzi, 1999; Galster et al., 2001; Thinh et al., 2002); siendo incipiente el abordaje en 3D (Yan et al., 2021, Wei, 2016). El *SVF* -factor de visión de cielo-, es uno de los parámetros más relevantes para describir entornos construidos, cuantifica la proporción de cielo visible a través de un valor adimensional entre 0 y 1, siendo cercano a 0 en entornos urbanos y cercano a 1 en entornos abiertos. Existen diferentes métodos para obtener el SVF, a través de imágenes digitales procesadas con software óptico (Correa et al., 2005), y en casos hipotéticos desde software de simulación (Bruse, 2009; Chen et al., 2012). Varios estudios, entre ellos Svensson y Eliasson (2004), determinan la relación entre la radiación que recibe una superficie y su entorno, con el intercambio de calor radiante entre el cielo y el dosel urbano. El *coeficiente de Moran*, analiza de forma integral las variaciones de autocorrelación espacial entre valores vecinos más cercanos midiendo la similitud de la variable temática en un área determinada, varía de -1 a +1, un valor positivo alto indica que las subáreas de alta densidad están muy agrupadas, un valor cercano a cero significa dispersión aleatoria y un valor de -1 representa un patrón de desarrollo de "tablero de ajedrez" (Moran, 1948). Tsao, (2005) lo utiliza para cuantificar la compacidad o dispersión de un conjunto de escenarios hipotéticos; siendo este un coeficiente útil para estudiar la relación entre la compacidad en 3D y los intercambios de calor a escala de dosel. La *densidad* urbana se define como el cociente entre un numerador referido principalmente a viviendas, habitantes o superficie de suelo construida, y un denominador que, en general es la superficie de terreno que se analiza (Jimenez Romera, 2015). Varios estudios confunden su implementación con la compacidad 2D, es por ello que se recomienda implementarlo al abordar número de viviendas o habitantes, sin asociar atributos de forma en el espacio. En términos microclimáticos es una variable a considerar en relación al calor antropogénico generado en un sector. El *H/W* -relación altura edificios/ancho de calle, es un indicador que resulta confuso al contrastar valores, ya que un mismo valor de H/W puede dar lugar a diversas formas de perfil urbano (Sosa et al., 2013). Siendo menos predictivo que el SVF, este indicador da una idea del intercambio de calor radiante entre el cielo y el canal vial en estudio. La *rugosidad*, entendida como el conjunto de irregularidades que posee una superficie, fue estudiada por Davenport et al. (2000) donde realizaron una clasificación de rugosidad de diversos terrenos, diferenciados en ocho categorías. Luego Stewart y Oke (2012), consideraron su clasificación para desarrollar los Local Climate Zones (LCZ), siendo este un indicador de utilidad para abordar los intercambios de tipo convectivos. El *coeficiente de Gini* mide los niveles de concentración de actividad y población en determinados puntos del espacio, es un número entre 0 y 1, donde 0 corresponde con la perfecta igualdad y 1 corresponde con la perfecta desigualdad. Es utilizado para analizar la distribución de empleo e ingreso de la población, no así tanto como la forma de agrupación (Fedriani y Martin, 2009). El *índice de dimensión fractal* se basa en las

relaciones geométricas entre las medidas de los objetos y las escalas lineales, es una medida de la extensión del espacio lleno. Existen al menos tres tipos de dimensión fractal para describir la forma urbana: (i) dimensión de cuadrícula, uniformidad de la distribución espacial (Benguigui et al., 2006; Feng y Chen, 2010); (ii) dimensión radial (Frankhauser y Sadler, 1991), y (iii) dimensión del límite, ocupación del espacio e intensidad del uso del suelo (Batty y Longley, 1994). Una dimensión fractal alta sugiere una diferencia espacial baja y una fuerte correlación espacial entre las partes urbanas, siendo un índice para aplicar en la caracterización y cuantificación de la compacidad y su relación con los intercambios de calor. *Fragstats* es un software que genera un conjunto de métricas incluidas varias de las mencionadas anteriormente: densidad de parches, tamaño y variabilidad, borde, forma, área central, diversidad y vecinos más cercanos (McGarigal y Marks, 1995). Siendo una herramienta útil para cuantificar formas urbanas, que sirve como insumo para los abordajes en cuanto a comportamiento térmico. El *shape index* -índice de forma- se ha clasificado de diferentes maneras en la literatura, de acuerdo con Wentz (2000), se puede agrupar en dos categorías: únicos y múltiples. Los índices de un solo parámetro describen una forma basada en un número único con o sin límites explícitos, y se estiman mediante la combinación de dos o más variables, ej. relaciones área/perímetro. Los índices de parámetros múltiples representan la forma mediante el empleo de una serie de números que generalmente involucra cálculos matemáticos más complejos, ej. uso de series de Fourier (Demetriou et al., 2013). Es decir que es un índice amplio que si no se define que variable involucra en su cálculo no resulta certero. El *azimut*, *ancho de calle*, y *superficie canal vial*, son parámetros que describen el caso de estudio, para el shape index serían del tipo único, ya que para determinarlos no es necesario el desarrollo de cálculos complejos ni ningún software complejo. Se relacionan con los intercambios de calor en cuanto a la cantidad de radiación recibida. Por último, el *coeficiente de Geary*, es una medida de autocorrelación espacial al igual que el coeficiente de Moran, diferenciándose en que es más sensible a la autocorrelación espacial local. El valor Geary se encuentra entre 0 y algún valor no especificado mayor que 1. Los valores significativamente inferiores a 1 demuestran una autocorrelación espacial positiva creciente, mientras que los valores significativamente superiores a 1 ilustran una autocorrelación espacial negativa creciente. La literatura ha demostrado que en actualidad resulta mas certero utilizar el coeficiente de Moran al estudiar formas urbanas en 3D (Tsao, 2005).

## CONCLUSIONES

El trabajo realizó una revisión bibliográfica de estudios que utilizan una diversidad de índices, indicadores y coeficientes para caracterizar, cuantificar y analizar la forma urbana. Se analizaron un total de 30 trabajos, 15 en idioma castellano y 15 en idioma inglés, diferenciados por 3 palabras claves. Del análisis se detectó que:

- Del total de los trabajos, el 60% utiliza metodologías de tipo cuantitativas, el 40% realiza descripciones de manera cualitativa. A su vez, en idioma inglés se concentra la mayor cantidad de enfoques cuantitativos (66% en total).
- De los índices, indicadores y coeficientes mas utilizados se denota que existen algunas confusiones en cuanto a su uso, cálculo y clasificación.
- Al mencionar el término compacidad no siempre es clara la metodología de cálculo utilizada, ya que existen autores que consideran solo la escala en 2D y otros en 3D, resultando a su vez confuso con el término densidad.
- Entre los coeficientes de Moran, Gini y Geary, se detecta que el más apropiado para caracterizar y cuantificar la forma urbana es el de Moran, ya que permite identificar tanto la distribución en 2D como la concentración en 3D.
- En cuanto a la relación entre variables climáticas y los coeficientes de caracterización y cuantificación resulta conveniente la metodología que abordada el coeficiente de Moran, o los índices de dimensión fractal que pueden calcularse con el software Fragstat.

El definir una metodología apropiada para describir de manera cuantitativa a la forma urbana resulta un tema crítico que conlleva a identificar y seleccionar el índice más apropiado para el problema o situación que se plantea resolver. Como se mencionó en los objetivos del trabajo la relación entre la forma y su respuesta térmica para determinar soluciones y propuestas de intervención, se debe abordar sobre un conocimiento científico fundado, que permita realizar contrastaciones entre una diversidad de casos sobre una misma base de cálculo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera-Benavente, y García (2019). Clasificación y análisis de los procesos de cambio en la forma urbana de las áreas metropolitanas españolas: aplicación de métricas espaciales. Estudios geográficos.
- Andrés y Barragán Muñoz (2016). Desarrollo urbano en el litoral a escala mundial. Método de estudio para su cuantificación. Revista de Estudios Andaluces
- Baez Gil (2020). La forma urbana de la ciudad de Puebla: lo barroco y lo moderno. Una aproximación desde el ethos barroco. Tópicos del seminario
- Barahona Avecilla et al. (2020). La modulación matemática en la forma urbana del cantón Riobamba (Ecuador). Revista San Gregorio
- Batty, M. y Longley P. (1994). Fractal cities: A geometry of form and function, Academic Press, London.
- Bellet (2011). La inserción de la universidad en la estructura y forma urbana. El caso de la Universitat de Lleida. Scripta nova
- Benguigui, L., Blumenfeld-Lieberthal, E. y Czamanski D. (2006). The dynamics of the Tel Aviv morphology. Environment and Planning B: Planning and Design, 33, pp. 269-284.
- Bertaud, A. y Malpezzi, S. (1999). The Spatial Distribution of Population in 35 World Cities: The Role of Markets, Planning and Topography. The Center for urban land and economic research, The University of Wisconsin.
- Boarnet y Crane (2001). Travel by design: The influence of urban form on travel. Oxford University Press on Demand
- Budría (2011). Sobre la medición de la forma del espacio urbano: aplicación a Santiago (Chile) y Zaragoza (España). Medida de la forma urbana mediante sistemas de información geográfica
- Capel (2016). La forma urbana en la ciudad postcapitalista. Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales
- Carrión y Erazo Espinosa (2012). La forma urbana de Quito: una historia de centros y periferias. Bulletin de l'Institut français d'études andines
- Castillo et al. (2019). Geomorfología y forma urbana. Comportamiento térmico de distintas tramas en áreas de piedemonte: el caso de Mendoza, Argentina. EURE
- Chen, L. (2012). Sky view factor analysis of street canyons and its implications for daytime intra-urban air temperature differentials in high-rise, high-density urban areas of Hong Kong: A GIS-based simulation approach. International Journal of Climatology, 32, pp.121–136.
- Correa, E. (2006). Isla de Calor Urbana. El caso del aérea metropolitana de Mendoza. Salta: Universidad Nacional de Salta.
- D'Acci, L. (2018) On Urban Morphology and Mathematics. Springer Nature.
- Dantzig, G. y Saaty, T. (1973). Compact City: A Plan for a Liveable Urban Environment. WH Freeman.
- Davenport, A., Grimmond, S., Oke, T. y Wieringa, J. (2000). Estimating the roughness of cities and sheltered country. Preprints, 12th Conf. on Applied Climatology, Asheville, NC, Amer. Meteor. Soc., 96–99.
- Demetriou, D., See, L. y Stillwell, J. (2013). A Parcel Shape Index for Use in Land Consolidation Planning. Transactions in GIS 17.
- Dempsey, N. (2012). Revisiting the compact city? Built Environ., 36, pp. 5-8.
- Dong et al. (2019). Towards sustainability? Analyzing changing urban form patterns in the United States, Europe, and China. Science of the Total Environment
- Fang, C., Wang, S., Li, G. (2015). Changing urban forms and carbon dioxide emissions in China: a case study of 30 provincial capital cities. Applied Energies, 158, pp. 519-31.
- Fedriani, E. y Martín, A. (2009). Distribución personal y funcional de la renta. En Vallés Ferrer, José, ed. Economía Española (2.ª edición). Madrid: McGraw-Hill/Interamericana de España SAU. pp. 331-345.
- Feng, J. y Chen Y.G. (2010). Spatiotemporal evolution of urban form and land use structure in Hangzhou, China: Evidence from fractals. Environment and Planning B: Planning and Design, 37, pp. 838-856.
- Frankhauser, P. y Sadler R. (1991). Fractal analysis of agglomerations. M. Hilliges (Ed.), Natural structures: Principles strategies and models in architecture and nature, University of Stuttgart, Stuttgart, pp. 57-65.

- González Arellano y Larralde Corona (2019). La forma urbana actual de las zonas metropolitanas en México: indicadores y dimensiones morfológicas. *Estudios demográficos y urbanos*
- Grimm, N., Cook, E., Hale, R., Iwaniec, D. (2016). A broader framing of ecosystem services in cities: Benefits and challenges of built, natural, or hybrid system function. *The Routledge handbook of urbanization and global environmental change*, Routledge, New York, pp. 203-212.
- Hillier B. (2016). What are cities for? And how does this relate to their spatial form? *The Journal of Space Syntax*, vol.6, issue 2.
- Jabareen, Y. (2006). Sustainable urban forms: their typologies, models, and concepts. *J. Plann. Educ. Res.*, 26, pp. 38-52.
- Jacques y El-Geneidy (2014). Does travel behavior matter in defining urban form? A quantitative analysis characterizing distinct areas within a region. *Journal of Transport and Land Use*
- Jaramillo Rojas (2019). Análisis de la forma urbana de la ciudad de Loja. Universidad internacional del Ecuador
- Jatayu et al. (2020). A Quantitative Approach to Characterizing the Changes and Managing Urban Form for Sustaining the Suburb of a Mega-Urban Region: The Case of North Cianjur. *Sustainability*
- Jia, Y., Tang, L., Xu, M., Yang., X. (2019). Landscape pattern indices for evaluating urban spatial morphology – a case study of Chinese cities. *Ecol. Ind.*, 99, pp. 27-37
- Jiao, L. (2015). Urban land density function: a new method to characterize urban expansion. *Landsc. Urban Plan.* 139, 26–39.
- Jiménez Romera, C. (2015). Tamaño y densidad urbana. Análisis de la ocupación de suelo por las áreas urbanas españolas. Tesis Doctoral. Departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio. Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad Politécnica de Madrid.
- Jirón (2011). Planificación de la forma urbana con criterios de eficiencia energética. Caracterización de patrones bioclimáticos en tejidos urbanos residenciales. Universidad politécnica de Madrid. Tesis doctoral
- Kashem et al. (2009). Quantifying urban form: a case study of Rajshahi City. *Journal of Bangladesh Institute of Planners*
- Kleerekoper, L., Van Esch, M., & Salcedo, T. (2012). How to make a city climate-proof, addressing the urban heat island effect. *Resources, Conservation and Recycling*, 30-38.
- Kropf, K. (2017). *The Handbook of Urban Morphology*. Wiley.
- Lan, T., Shao, G., Xu, Z., Tang, L., Sun, L. (2021). Measuring urban compactness based on functional characterization and human activity intensity by integrating multiple geospatial data sources. *Ecological Indicators*, 121, pp. 107-177.
- Lee y Moudon (2006). The 3Ds+ R: Quantifying land use and urban form correlates of walking. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*
- Lin, T., Matzarakis, A. & Hwang, R. (2010). Shading effect on long-term outdoor thermal comfort. *Building and Environment*, 45, 213-221.
- McGarigal, K.y Marks, B. (1995). FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-351. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station.
- Middel, A., Häbb, K., Brazel, A., Martin, C., & Guhathakurta, S. (2014). Impact of urban form and design on mid-afternoon microclimate in Phoenix Local Climate Zone. *Landscape and Urban Planning*, 16-28.
- Mills, G. (2014). Urban climatology: history, status and prospects. *Urban Climate*, 10, 479-89.
- Moran, P. (1948). The Interpretation of Statistical Maps *Journal of the Royal Statistical Society B*, pp. 243-251.
- Nelson (1992). Characterizing exurbia. *Journal of Planning Literature*
- Oke, T. (1988). The urban energy balance. *Progress in Physical Geography*, 12, pp.471–508.
- Papadimitriou, F. (2012). The algorithmic complexity of landscapes. *Landscape Res.*, 37, pp. 591-611
- Rashid, M. (2017). *The Geometry of Urban Layouts*. Springer.
- Richardson, H. (1973). The economics of urban size. *Lexington Saxon House*, 26 , pp. 66-83.
- Salamanca, F., Georgescu, M., Mahalov, A., Moustauoui, M., & Wang, M. (2014). Anthropogenic heating of the urban environment due to air conditioning. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 119, 1–17.
- Sosa (2017). Forma urbana y comportamiento térmico exterior: Un estudio para reducir la isla de calor urbana en una ciudad árida. *Estudios del hábitat*

- Sosa, B., Correa, E. y Cantón, M. A.(2020).Enfoque de planificación urbana basada en el desempeño térmico-energético para barrios de climas áridos. *AUS*, 30, pp. 44-51.
- Sosa, B., Ruiz, A. y Correa, E. (2013). Caracterización de perfiles urbanos y su relación con el confort térmico exterior en una ciudad oasis de zona árida. *ASADES*, pp.105-114.
- Stewart, I. y Oke, T. (2012). Local climate zones for urban temperature studies. *Bulletin of the American Meteorological Society* 93, pp. 1879-1900.
- Sun et al. (2019). Quantifying the effects of urban form on land surface temperature in subtropical high-density urban areas using machine learning. *Remote Sensing*
- Svensson, M. y Eliasson, I., (2002). Diurnal air temperatures in built-up areas in relation to urban planning. *Landscape and Urban Planning*, 61(1), pp.37–54.
- Taubenböck, H., Kraff, N., Wurm, M. (2018). The morphology of the Arrival City - A global categorization based on literature surveys and remotely sensed data. *Applied Geography*, 92, pp. 150-167.
- Tellier (2021). Characterizing urban form by means of the Urban Metric System. *Land use policy*.
- Thinh, N., Arlt, G., Heber, B., Hennersdorf, J., Lehmann, I.(2002). Evaluation of urban land-use structures with a view to sustainable development. *Environ. Impact Assess. Rev.*, 22, pp. 475-492
- Tsai (2005). Quantifying urban form: compactness versus 'sprawl'. *Urban studies*
- Tsoka, S., Tsikaloudaki, A. & Theodosiou, T. (2018). Analyzing the ENVI-met microclimate model's performance and assessing cool materials and urban vegetation applications—A review. *Sustainable Cities and Society*, 43, pp. 55-76.
- Vandersmissen et al. (2003). Analyzing changes in urban form and commuting time. *The professional geographer*
- Wang, S., Wang ,J., Fang, C., Li, S. (2019). Estimating the impacts of urban form on CO2 emission efficiency in the Pearl River Delta, China. *Cities*, 85, pp. 117-129
- Wei, R. (2016). Impact of Urban Morphology Parameters on Microclimate. *Procedia Engineering*, 169, pp.142–149.
- Wentz E. (2000). A shape definition for geographic applications based on edge, elongation, and perforation. *Geo-graphical Analysis*, pp. 95–112.
- Wentz et al. (2018). Six fundamental aspects for conceptualizing multidimensional urban form: A spatial mapping perspective. *Landscape and Urban Planning*
- Whitehand, J.(2016). Editorial comment. *Urban Morphology* 2016 Vol 20.1.
- Xia et al. (2017). Analyzing the spatial pattern of carbon metabolism and its response to change of urban form. *Ecological Modelling*
- Xia, C., Yeh, A.-O., Zhang A. (2020). Analyzing spatial relationships between urban land use intensity and urban vitality at street block level: a case study of five Chinese megacities. *Landscape Urban Plann.*, 193.
- Yan, H., Wang, K., Lin, T., Zhang, G., Sun, C., Hu, X., Ye, H. (2021). The Challenge of the Urban Compact Form: Three-Dimensional Index Construction and Urban Land Surface Temperature Impacts. *Remote Sens*, 13, 1067.
- Zhao et al. (2020). Characterizing the 3-D urban morphology transformation to understand urban-form dynamics: A case study of Austin, Texas, USA. *Landscape and urban planning*
- Zou et al. (2021). Quantifying the Impact of Urban Form on Human Experience: Experiment Using Virtual Environments and Electroencephalogram. *Journal of Computing in Civil Engineering*.

