

Verde urbano y resiliencia: una exploración en Córdoba, Fortín y Amatlán, Veracruz, México

Urban green and resilience: an exploration in Córdoba, Fortín and Amatlán, Veracruz, Mexico

Rafael A. Muñoz-Márquez T.¹

<https://orcid.org/0000-0002-8897-1690>

Juan V. Hidalgo-Contreras²

<https://orcid.org/0000-0002-4300-7777>

Primera versión recibida en: 10 junio, 2022

Última versión recibida en: 03 septiembre, 2022

Resumen

El presente artículo muestra la cantidad y ubicación de Verde Urbano en Amatlán, Córdoba y Fortín, Veracruz, México. Los objetivos de este trabajo fueron: 1) conocer la situación de este recurso en términos de su disponibilidad (dotación) por área presente; 2) medir las distancias que separan al verde de la población; y 3) determinar la población servida a través del Verde Urbano Público (VUP) y Verde Urbano en General (VU-NDVI), así como contrastar con las recomendaciones de dotación y distancia de la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU).

- 1 Profesor-Investigador Titular, del Colegio de Postgraduados (CP). Doctor of Philosophy (Ph.D.) en Planificación de Paisaje, por la Faculty of Environment, de la Universidad de Waterloo (UW) de Canadá; Maestría en Valuación, por la Universidad de Guadalajara; Maestría en Ciencias por el Colegio de Postgraduados (CP); Arquitecto Paisajista por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Correo: arturom@colpos.mx.
- 2 Profesor-Investigador Titular del Colegio de Postgraduados (CP), Doctor of Philosophy (Ph.D.) en el área de Biometría por parte de la Universidad de Nebraska (UNL), Estados Unidos de América. Maestría en Ciencias en Estadística Aplicada por parte del Colegio de Postgraduados (CP). Ingeniero Agroindustrial por la Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Correo: jvhidalgo@colpos.mx.

Las hipótesis de trabajo fueron: a) Fortín, Córdoba y Amatlán presentan una dotación de VUP por debajo de la recomendada por la OMS, pero tiene posibilidad de dotaciones superiores, considerando el VU-NDVI; y b) Fortín, Córdoba y Amatlán poseen un sistema de VUP a una distancia máxima de 400 metros de cada manzana, y contiene áreas VU-NDVI a menores distancias. Con datos censales, cartográficos, procesamiento de imágenes de satélite, utilización de Sistemas de Información Geográfica, verificación en campo de los datos, y análisis estadísticos, se determinó la cantidad de VUP y VU-NDVI, las dotaciones de área verde por habitante, y las distancias que separan los dos tipos de verde de la población. Los resultados mostraron, por una parte, que la dotación de VUP por habitante está por debajo de las recomendaciones de la OMS, pero no el VU-NDVI, y por otra, que el VUP supera la distancia máxima recomendada por la SEDATU, pero no así el VU-NDVI. Finalmente, se señala que, aunque la mayoría de la población se encuentra servida con VUP de acuerdo con la SEDATU (aunque con superficies muy variadas), el VU-NDVI sirve al 100% de ella. Los resultados muestran el potencial de este último para aumentar la cuota de verde en ciudades como las analizadas.

Palabras clave: Verde urbano, resiliencia, dotación, distancia, calentamiento global.

Abstract

This article shows the amount and location of Urban Green in Amatlan, Cordoba and Fortin, Veracruz, Mexico, in the context of urban resilience to global warming. The objectives of this work were: 1) to know the situation of this resource in terms of its availability (endowment) by present area; 2) measure the distances that separate the green from the population; and 3) determine the population served through the Public Urban Green (VUP) and Urban Green in general (VU-NDVI), as well as contrast with the endowment and distance recommendations of the Secretaria de Desarrollo Agrario Territorial y Urbano (SEDATU). The working hypotheses were: a) Fortin, Cordoba and Amatlan have a VUP allocation below that recommended by the WHO, but have the possibility of higher allocations, considering the VU-NDVI; and b) Fortin, Córdoba and Amatlan have a VUP system at a maximum distance of 400 meters from each block, and contain VU-NDVI areas at smaller distances. With census and cartographic data, satellite image processing, use of Geographic Information Systems, field verification of the data, and statistical analysis, the amount of VUP and VU-NDVI, the green area endowments per inhabitant, and the distances that separate the two types of green in the population. The results showed, on the one hand, that the allocation of VUP per inhabitant is below the WHO recommendations, but not the VU-NDVI and, on the other hand, that the VUP exceeds the maximum distance recommended by SEDATU, but not thus the VU-NDVI. Finally, it is pointed out that, although the majority of the population is served with VUP in accordance with SEDATU (although with very varied surfaces), the VU-NDVI serves 100% of it. The results show the potential of the latter to increase the share of green in cities such as those analyzed.

Keywords: Urban green, resilience, endowment, distance, global warming.

Introducción

Resiliencia urbana

El punto 11 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ONU, 2022) indica “lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles”. En un contexto en el cual la ocupación de suelo por los seres humanos en las ciudades empezó a sobrepasar más del 50% a partir del 2007, y con un aumento proyectado a 60% en 2030, los objetivos planteados por la ONU se vuelven más que relevantes (ONU, 2022). Es apremiante visualizar las consecuencias que tiene en el medio ambiente la ocupación de suelo y las posibles estrategias para lidiar con esta problemática, tanto desde el punto de vista gubernamental, como desde el papel que juega la población, a fin de disminuir posibles impactos a activos económicos y ambientales en nuestras localidades humanas (ONU-Habitat, 2022). Debido a que el ritmo de cambio global es acelerado, los asentamientos humanos tienen que lidiar con diversas amenazas que provocan situaciones de emergencia y diferentes impactos (Casaus, 2018). A pesar de que las ciudades del mundo ocupan solo el 3% de la superficie de la tierra, “representan entre 60% y 80% del consumo de energía, así como 75% de las emisiones de carbono” (Gobierno de México, 2016).

En este contexto el concepto de “Resiliencia Urbana” cobra relevancia. Este término es empleado para

Enmarcar cómo los actores y las infraestructuras en todas las escalas (individuo, hogar, comunidad, organización, región) contribuyen a la capacidad de sobrevivir, responder, recuperarse, adaptarse y evolucionar en reacción a las tensiones crónicas y agudas y los eventos que alteran los sistemas y las prácticas cotidianas (Ward et al., 2019). Se ha definido a la resiliencia como “la capacidad de los individuos, las comunidades y los sistemas para adaptarse, sobrevivir y crecer frente al estrés y las conmociones, e incluso transformarse cuando las condiciones lo requieran” (City Resilience Index, 2022).

Por su parte, el Gobierno de México (2016) define la resiliencia urbana como: 1) capacidad de individuos, comunidades, instituciones, empresas y sistemas dentro de una ciudad para sobrevivir, adaptarse y crecer, sin importar qué clase de tensiones crónicas o crisis graves hayan experimentado; y 2) habilidad que muestra cualquier sistema urbano para absorber y recuperarse rápidamente ante el impacto de cualquier tensión o crisis y mantener la continuidad de sus servicios. El papel de las áreas verdes en la mejora de aspectos ambientales, de salud y de confort (Ojeda-Revah, 2021), tiene un papel relevante en la consecución de ciudades que buscan mejorar su resiliencia, es decir, su capacidad de adaptarse al cambio (Vásquez, 2016; Zuniga-Teran et al., 2020).

Es por ello que es necesario explorar su situación en el área urbana en términos de dotación y acceso, dado que entendemos aquí que una ciudad aumenta su resiliencia en tanto cuenta, entre otros, con un sistema de verde urbano capaz de prestar una serie diversa de servicios ecosistémicos, que permiten regular aspectos de variabilidad climá-

tica, convivencia social, y mejora psicológica entre otros aspectos importantes (Rangel y Aquino, 2022).

Calentamiento global en Veracruz y sus ciudades

En la comunidad científica se ha generado un consenso alrededor del papel que las ciudades tienen con relación al cambio climático y por tanto en el incremento de eventos extremos (Arellano Ramos y Roca Cladera, 2018; Reu Junqueira et al., 2021). Veracruz es una región que se ha reportado como altamente vulnerable a efectos del cambio climático (Tejeda et al., 2020). En esos escenarios se incluyen eventos de precipitaciones extremas, inundaciones, sequía, y efectos en el estrés térmico por las altas temperaturas. En las zonas urbanas y ante el efecto de la isla de calor, hacia 2050 se proyectan aumentos considerables en la ocurrencia de olas de calor letal (Arellano Ramos y Roca Cladera, 2018; Tejeda et al., 2020). Los mismos autores reportan que en 1980 la intensidad máxima de la isla urbana de calor (IUC) en Xalapa fue de 6°C, y en el puerto de Veracruz fue de 3°C. Actualmente, se espera un incremento térmico de 1°C en los medios urbanos de todo el estado, sobre todo para ciudades de más de 200,000 habitantes, sumado al incremento de 2°C esperado a nivel global hacia el año 2025. Tejeda et al. (2020) consideran que:

Ante un escenario de calentamiento global de 2 °C más el fenómeno de Isla de Calor urbana, las ciudades de Veracruz y Coatzacoalcos, por ejemplo, incrementarán en más de 200 kWh su consumo eléctrico por habitante ante la necesidad de contar con sistemas artificiales de refrigeración (Tejeda et al., 2020).

Ante esos escenarios, aspectos como la estructura urbana, la fisiografía, el tipo de superficie del suelo, la vegetación y el calor antropogénico a causa del metabolismo urbano, pueden modificar el clima en las urbes (Arellano Ramos y Roca Cladera, 2018). Es en este contexto que el verde urbano cobra relevancia como una estrategia de adaptación a dichos procesos.

Áreas verdes urbanas

En este trabajo se analiza al Verde Urbano desde dos características: Verde Urbano Público (VUP)³ y Verde Urbano “NDVI” (VU-NDVI)⁴. Las definiciones más frecuentes de área verde están relacionadas con el acceso o usos de las mismas, para ingreso físico a actividades

3 Nos referimos a aquellas áreas verdes que están bajo manejo gubernamental, de tenencia pública y de libre acceso. La delimitación de estas áreas corresponde mayormente a lotes destinados oficialmente para ser espacios públicos.

4 En este caso, nos referimos a toda la vegetación presente en el área de trabajo indistintamente de su régimen de propiedad y manejo y que se manifiesta en un índice NDVI, el cual es utilizado aquí para identificar en dónde se localiza, más allá de los lotes destinados a área verde pública por ejemplo. Como se explica adelante, en este trabajo consideramos resultados de este índice superiores a 0.4.

recreativas diversas y bajo régimen público de propiedad, es decir, excluyendo las áreas verdes privadas (Gobierno del Distrito Federal, 2000). Sin embargo, para este trabajo, se consideran a estos espacios como aquellos que contienen algún tipo de verde. En ese sentido, adoptamos la definición que propone la SEDEMA (2016), ya que considera a las áreas verdes urbanas como espacios públicos o privados en el medio urbano y que incluyen desde bosques urbanos, parques, jardines, camellones, barrancas, cementerios, espacios abiertos, canchas deportivas y lotes baldíos hasta terrenos agrícolas, o como de manera pragmática proponen Pérez-Medina y López-Falfán (2015) se trata de aquellas “zonas con árboles, arbustos y otros tipos de vegetación” (p. 2), sin importar el régimen de propiedad de las mismas, ya sean públicas o privadas (Baycan-levent et al., 2002). La SEDATU (2022) comparte esta última definición de áreas verdes urbanas.

En este trabajo se conceptualiza un acceso social a las áreas con VUP, es decir, a aquellas áreas con presencia de verde y de libre acceso, así como a las áreas VU- NDVI, cuyos criterios se detallan más adelante. Dicho acceso puede darse no solo en términos físicos como ha sido frecuentemente considerado, sino también en términos de acceso a los valores de uso (valor de uso directo, valor de uso indirecto, valor de opción), y valores de no uso (valor de legado, valor de existencia) (Aznar-Bellver y Estruch-Guitart, 2015), que proporcionan esos espacios, con base en los servicios ecosistémicos que prestan a la sociedad. De esa manera, se tiene acceso a dichos lugares no solo a través de la presencia física en ellos, sino de aspectos sensoriales o de beneficios indirectos gracias a su papel en la regulación del clima y el intercambio de CO₂ y liberación de O₂, o la simple influencia que estas escenas pueden tener en el bienestar de las personas que las perciben, entre otros beneficios.

Con respecto de la gestión de este tipo de espacios en México, la SEDATU, en la reciente publicación de la NOM-001-SEDATU-2021 (SEDATU, 2022), clasifica los espacios públicos bajo tres criterios: 1) por su función; 2) por su administración y 3) por la escala de servicio brindada. En este trabajo nos enfocamos en los espacios clasificados por función de equipamiento público, tales como áreas verdes urbanas (parques y jardines), espacios deportivos y áreas naturales designadas como tales en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), y por autoridades estatales, entre otras (Martínez-Valdés et al., 2020). Como ya se ha establecido en este trabajo, nos interesa tratar con aquellas áreas con verde que de manera directa o indirecta están disponibles para los habitantes de las ciudades (Baycan-levent et al., 2002). Aquí hacemos énfasis en el papel de la vegetación en las áreas verdes urbanas que, a través de los servicios ecosistémicos que prestan, amortiguan los efectos negativos que presenta el desarrollo territorial de las ciudades, como islas de calor (Moncada y Meza, 2010).

M² de área verde por habitante y acceso

Aunque no se tiene alguna base empírica que evidencie esto de manera científica, diversos estudios consideran como referencia la recomendación que frecuentemente se atribuye a la Organización Mundial de la Salud (OMS) al respecto de la dotación de áreas verdes por habitante en los medios urbanos, que corresponde a 9 m²/habitante. Existen otras suge-

rencias, como la de 40 m²/hab (X.-J. Wang, 2009), 25 m²/hab (Palomo, 2003), de 40.5 m²/hab (Dahl y Molnar, 2003). Como se observa, la variación es grande. No quedan del todo claros los criterios que se tomaron en cuenta para la determinación de esos indicadores, dado que no establecen claramente, por ejemplo, las características que ese verde debe tener en términos de su composición vegetal (estratos, tipos de vegetación, etc.), sin embargo, es una referencia común en trabajos relacionados de áreas verdes en las ciudades.

Flores (2017) y Maldonado-Bernabé et al. (2019) sugieren que el establecimiento de estándares debe: a) considerar las necesidades sociales, ambientales, paisajísticas y de salud pública; b) determinar si se refiere a espacios de acceso público o privado; c) acotar hasta dónde se puede aplicar un determinado estándar, puesto que condiciones diversas (geográficas, físicas, ambientales) pueden generar diferentes referencias; d) especificar si el estándar comprende solo espacios de libre acceso o bien espacios de acceso restringido por ser privados (jardines o huertos caseros) o de difícil acceso; e) limitar sus alcances de aplicación considerando la extensión superficial, tamaño y densidad poblacional de las diversas ciudades en donde se pudieran aplicar; y f) los diferentes usos que se pueden llevar a cabo en esos espacios. Es importante aclarar que no es lo mismo establecer referencias para áreas urbanas nuevas y en expansión, que para otros casos en donde ya hay construcciones (por ejemplo, centros históricos, colonias y barrios ya establecidos o zonas industriales dentro de la mancha urbana, por ejemplo) y aspectos como formas de vivir, densidades, entre otras (Harnik, 2010).

En este trabajo definimos el acceso como la distancia hacia las áreas verdes en términos de desplazamiento a las mismas. Sorensen et al. (1998) recomiendan una distancia máxima de 15 minutos a pie. Por su parte, el English Nature ANGSt model (English Nature, 2003), sugiere una distancia máxima de 300 m a un área verde (de al menos 2 ha de superficie); aunque esto es complicado de aplicar en ciudades latinoamericanas, lo tomamos como una referencia. Por otro lado, la SEDATU (2022) indica una distancia máxima de 400 m entre una vivienda y un espacio público (entre los que se incluyen a las áreas verdes), cuya superficie debe ser de 0.01 a 2 ha (100 a 20,000 m²). Aunque el rango es amplio, parece que se aplica mejor a la realidad de México.

Infraestructura verde, cambio climático y resiliencia urbana

Es común entender el desarrollo de las ciudades con base en una infraestructura en su mayoría gris, es decir aquella en donde se consideran drenajes, pavimentaciones, banquetas y canales (Vásquez, 2016). Sin embargo, en la actualidad se apuesta más por ciudades fundadas en un equilibrio entre esta última y la infraestructura verde (Tarrazó y María, 2021), e inclusive por una base en gris, verde y azul (Cerrillo y Sangalli, 2021). A la azul se le ha denominado como diseño urbano sensitivo al agua (Rodríguez et al., 2015). En el inicio, y desde una perspectiva clásica (Benedict y McMahon, 2006) han definido a la infraestructura verde como “una red interconectada de espacios (verdes) que conservan las funciones y valores de los ecosistemas naturales y provee beneficios asociados a la población humana” (Vásquez, 2016). También puede ser definida como una “combinación creativa de estructuras (azules, verdes e incluso grises) naturales y artificiales, orientadas

hacia objetivos específicos de resiliencia, como manejo de inundaciones, salud pública, etc., con un soporte público amplio y con atención hacia el principio de tecnología apropiada” (Zuniga-Teran et al., 2020). La infraestructura verde puede ayudar a lidiar con las altas temperaturas de dos maneras: con el aumento de los niveles globales de resiliencia del ecosistema urbano y a través de la provisión de servicios ecosistémicos (Vásquez, 2016). Por otro lado, el uso de espacios verdes multifuncionales e interconectados se ha visualizado como una estrategia adecuada para el aumento de la resiliencia en las ciudades (Reu Junqueira et al., 2021; Zuniga-Teran et al., 2020).

Espacios abiertos informales

Hablar de los espacios verdes urbanos no solo considerando aquellos son de tenencia pública sino todo lo que es “verde”, nos lleva a reflexionar acerca de aquellos lugares dentro de la ciudad que son residuales, y que se han denominado “espacios abiertos informales” (Riós, 2011), o también “vacíos urbanos” (*urban voids*). El impacto de estos ha resultado en una serie de beneficios entre los que se incluyen su papel en el ambiente, además de su potencial para ser parte de una infraestructura verde urbana (Dantas et al., 2022; De Sousa, 2004; Omar y Saeed, 2019). Se empieza a reconocer su valía en términos de preservación de biodiversidad y, por lo tanto, incremento de resiliencia urbana (Vásquez, 2016). Estos espacios, entre otras cosas, tienen la posibilidad de atraer polinizadores por la vegetación informal (denominadas también malezas) que en ellos se desarrolla (Barba, 2022; Pérez-Ventana, 2021). Todo esto lleva a retomar lo que Clément (2018) denominó “Manifiesto del tercer paisaje”, y que trata de todos aquellos espacios en los que se encuentran zonas que tradicionalmente se han visualizado de manera negativa, pero que tienen importancia ambiental.

En el marco de la resiliencia urbana hacia el calentamiento global, en este trabajo se presenta una investigación realizada acerca de la existencia de espacios VUP y VU-NDVI, en términos de su presencia, dotación por habitante y distancia a los mismos, en las cabeceras municipales de Amatlán, Córdoba y Fortín en Veracruz, México. Se contrastan esas variables con lo planteado en las recomendaciones de la OMS y la SEDATU. Además, se muestran los resultados de esta investigación, discutiendo las posibilidades de conformación de una infraestructura verde que aporte a la resiliencia de este lugar ante los cambios.

Se planteó el objetivo de conocer la situación de este recurso en términos de la disponibilidad (dotación), por una parte, de VUP por área, y por otra, la representación del VU-NDVI. Otro de los objetivos fue conocer las distancias entre estos dos tipos de verde y la población establecida en las manzanas de la mancha urbana de las tres cabeceras municipales. Finalmente, el último objetivo fue determinar la población servida a través del VUP y el VU-NDVI, de acuerdo con la SEDATU (SEDATU, 2022).

Las hipótesis de trabajo fueron las siguientes:

- a) El área metropolitana de Fortín-Córdoba-Amatlán presenta una dotación de VUP por debajo de la recomendación de la OMS, pero tiene posibilidad de dotaciones superiores, considerando el VU-NDVI.
- b) El área metropolitana de Fortín-Córdoba-Amatlán posee un sistema de VUP que se encuentra a una distancia máxima de 400 metros de cada manzana, pero sí contiene áreas VU-NDVI a menores distancias, que dentro de un programa de planificación y manejo de la infraestructura verde municipal e intermunicipal, puede contribuir al incremento del acceso a diversos servicios ecosistémicos que esas áreas brindan a la sociedad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se desarrolló en la conurbación conformada por las cabeceras municipales de Fortín de las Flores, Córdoba y Amatlán de los Reyes en Veracruz, México, durante 2021. Este estado mexicano tiene su costa hacia el Golfo de México. Las cabeceras se encuentran localizadas entre los paralelos 18° 50' 35" y 18° 54' 58" de latitud norte; los meridianos 97° 00' 55" y 90° 52' 50" de longitud oeste y con una altitud con un rango desde los 726 a los 1069 metros. El rango de temperaturas va de 18 a 24 °C y un rango de precipitación de 1900 a 2600 mm (Gobierno del Estado de Veracruz, 2020a, 2020b, 2020c). Se localiza en lo que se conoce como la región de las "Altas Montañas de Veracruz", con una representación de flora y fauna muy rica y característica, así como paisajes de alto valor biocultural (Rivera-Hernández et al., 2019). Posee, entre otros elementos del paisaje, la montaña más alta de México: el Citlaltépetl, mejor conocido como "Pico de Orizaba", con una altitud máxima de 5636 msnm. En conjunto, las tres cabeceras contienen una población de 222,079 habitantes (INEGI, 2020).

A partir del papel de la vegetación en la ciudad en relación con el incremento de la resiliencia urbana ante impactos como el del calentamiento global y la isla de calor (Vásquez, 2016), además de su importante papel como elemento amortiguador ante esos procesos, se planteó el objetivo de conocer la situación de este recurso en términos de la disponibilidad (dotación), por una parte, de VUP por área, y por otra, la representación del VU-NDVI. Otro de los objetivos fue conocer las distancias entre estos dos tipos de verde y la población establecida en las manzanas de la mancha urbana de las tres cabeceras municipales. Finalmente, el último objetivo fue determinar la población servida a través del VUP y el VU-NDVI, de acuerdo con la SEDATU (2022).

Obtención de datos, medición de áreas, distancias y población cubierta

En primer lugar se identificó el VUP de las tres cabeceras municipales a través de una revisión en la plataforma Google Earth y después mediante trabajo de campo para reconocimiento y verificación de la información. Para la localización, digitalización y medición de áreas desde el monitor de la computadora, se utilizaron los datos del Marco Geoestadístico del Censo de Población y Vivienda 2020 (INEGI, 2020) y para la obtención de datos

censales se consultó el Subsistema de Información Demográfica y Social/Censos y Conteos/Censos y Conteos de Población y Vivienda 2020/Principales Resultados por AGEB y manzana urbana (INEGI, 2022). La digitalización, mapeo y análisis espacial, se hizo en el programa QGIS ver. 3.1.6 (QGIS.org, 2022). Finalmente, para analizar la presencia de actividad fotosintética, como indicador de la presencia de ciertos estratos vegetales, se calculó de Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) (Chuvieco, 2000), para lo cual se utilizó una imagen del satélite Sentinel 2, de fecha 29 de diciembre del 2020. Este índice se obtiene utilizando la siguiente ecuación:

$$NDVI = (NIR - R)/(NIR + R)$$

En donde:

NDVI = Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada.

NIR = Infrarrojo cercano (banda 8).

R = Rojo (banda 4).

Los datos que arroja este proceso se componen de valores en un rango de -1 a +1. Un valor resultante de cero o menores, indica ausencia de vegetación, mientras que valores cercanos al 1 corresponden a una presencia importante de hojas verdes (mayor actividad fotosintética y densidad de vegetación) (Weier y Herring, 2000). Vegetación dispersa como arbustos, pastos e inclusive cultivos o vegetación senescente es indicada por valores en el rango de 0.2 a 0.5 (Simonetti et al., 2014). Para efectos de este trabajo utilizamos valores de NDVI iguales o mayores a 0.4. Se consideró que, a partir de ese valor, se tiene vegetación desde arbustos densos hasta arbolado. El procesamiento de la imagen para estas determinaciones se realizó con el complemento “Semi Automatic Classification Plugin” ver. 7.6.5. (Congedo, 2021). Para la medición de área de VUP se trabajó con modelos vectoriales y para VU-NDVI, y dado que el NDVI corresponde a un modelo ráster (resolución espacial de 10 m), se procedió a su vectorización para dicha medición. Las distancias computadas hacia el verde se determinaron con base en los centroides de manzanas del área analizada (con base en los AGEB) y hacia los límites de los polígonos que correspondieron a VUP y polígonos con valores a partir de 0.4 de VU-NDVI (Reyes Pácke y Figueroa Aldunce, 2010; S. Wang et al., 2021).

Para determinar la dotación de VUP y VU-NDVI, se midieron las superficies de los polígonos correspondientes a dichos espacios y se consideró a la población presente en las manzanas que sirven esos lugares verdes, con información censal. Posteriormente, con los datos de distancia y dotación, se hizo un análisis que consistió en la realización de estadísticas descriptivas de centralidad y dispersión a cada una de las variables medidas de dotación y distancia para cada una de las localidades muestreadas, usando el software estadístico Minitab 19. Además, se realizaron pruebas de hipótesis basadas en la prueba *t* de una muestra para comparar la media poblacional con un valor de referencia para cada una de las localidades en el estudio (Córdoba, Amatlán y Fortín) bajo un nivel de significancia del 5% ($p < 5\%$). A través de esta prueba se determinó si la media de la población difiere hipotéticamente del valor de referencia. Para una prueba *t* de 1 muestra, las hipótesis a probar fueron las siguientes:

Hipótesis nula ()

$H_0: \mu = \text{valor de referencia}$

Hipótesis alternativa ()

Se seleccionaron las siguientes hipótesis alternativas.

$H_a: \mu > \text{valor de referencia}$

$H_a: \mu < \text{valor de referencia}$

Para comparar la media de cada una de las poblaciones de estudio se realizaron pruebas de hipótesis para verificar si existe una diferencia entre las medias de las poblaciones en estudio bajo un nivel de significancia del 5% ($p < 5\%$). Se usó el estadístico de prueba F para comparar la hipótesis nula (H_0), $H_0: \mu_{Córdoba} = \mu_{Fortín}$.

Por último, y con base en las recomendaciones de la SEDATU (2022), se evaluó la cobertura que tanto el VUP como el VU-NDVI tienen para la población en el área analizada. A partir de esa norma, se tomó como referencia una distancia máxima de 500 metros entre los habitantes (en este caso centroides de manzanas) y el VUP y VU-NDVI más cercano para evaluar la suficiencia del sistema en ese sentido. Este análisis se derivó del uso de “buffers” en el Sistema de Información Geográfica (SIG). Finalmente, se procedió a generar datos de áreas y de la población servida bajo esta normatividad.

Resultados y discusión

Dotación de VUP y VU-NDVI

Como se mencionó en la metodología y para el objetivo 1, se determinó la distribución del VUP y del VU-NDVI por medio de la utilización de SIG. En el primer caso, se trabajó de inicio con el formato vectorial (.shp), mientras que en el segundo, después del procesamiento de la imagen Sentinel 2, se determinó el NDVI y se reclasificó en dos tipos de celdas: las tipo 1, que correspondieron a aquellas que obtuvieron un valor igual o mayor que 0.40 (mayor actividad fotosintética), interpretado como vegetación arbórea (Simonetti et al., 2014), mientras que las demás celdas se consideraron como “0” (enfoque binario) o sean valores menores a 0.40. Las celdas clasificadas como 1 se vectorizaron, y se obtuvieron polígonos para este tipo de vegetación. Una vez obtenidos los vectores para VUP y para VU-NDVI, se midió el área de cada uno, para obtener datos de áreas verdes (m^2) asociadas a datos demográficos de cada manzana de la zona de trabajo. Con estos resultados se realizaron estadísticas descriptivas de dotación de VUP/habitante (m^2), así como pruebas de hipótesis, mapas y cuadros que se presentan a continuación. El Mapa 1 muestra las áreas VUP consideradas en las tres cabeceras municipales, mientras que el Mapa 2 muestra las áreas que después del análisis de NDVI, y la reclasificación de aquellas con valores iguales o mayores a 0.40, resultaron consideradas en la cuantificación (VU-NDVI).

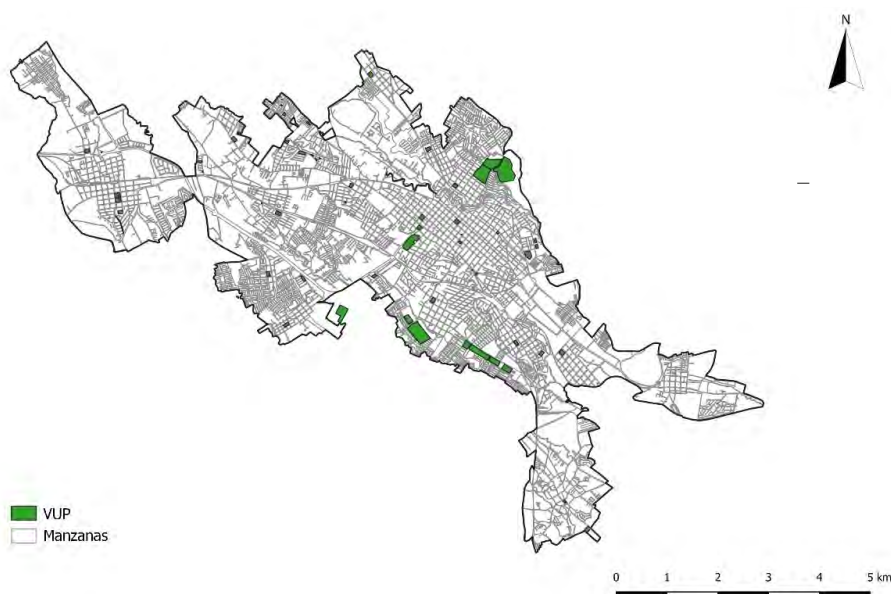
A partir de la sugerencia de la OMS que estipula que la dotación de área verde por habitante debe ser de $9 m^2$ (Sorensen et al., 1998) y de los datos obtenidos en el proceso

(Cuadro 1), se plantearon las siguientes pruebas de hipótesis para VUP: $H_0: \mu=9 \text{ m}^2$ vs $H_a: \mu < 9 \text{ m}^2$ y $H_0: \mu_C=\mu_F$ vs $H_a: \mu_C \neq \mu_F$. Cabe aclarar que, dado que Amatlán tiene una muestra muy pequeña ($N=2$), se descartó del análisis estadístico. Los resultados muestran que se rechaza la hipótesis nula (H_0) para Córdoba y Fortín, dado que las dos están debajo de los 9 m^2 tomados como referencia, y por consiguiente, se acepta que sus dotaciones son menores al valor de referencia. Por otro lado, se aprecia una diferencia estadística entre las dotaciones para ambos municipios ($p < 0.05$), entre los dos casos ($x = 5.00$ y $x = 2.093$ respectivamente) (Cuadro 2). El caso de Amatlán, analizado independientemente, también posee una media por debajo de la referencia.

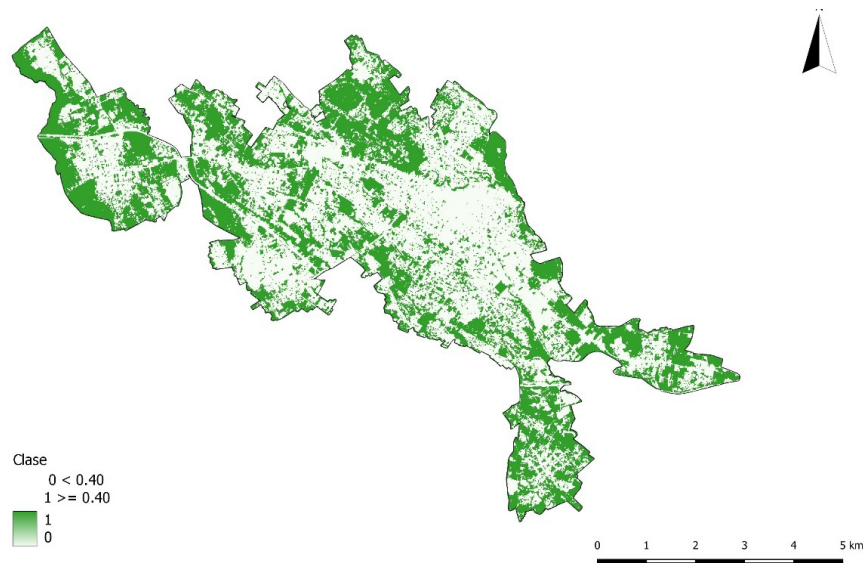
En cuanto a la dotación del VU-NDVI, los datos arrojaron superficies altas, con respecto del valor de referencia de 9 m^2 . Lo que se encontró es que, en promedio, este tipo de verde está considerablemente arriba de la referencia (Cuadro 3), lo cual muestra el potencial que este verde tiene para las ciudades, en complemento a las VUP.

En un cálculo del porcentaje que el VUP y el VU-NDVI tienen con relación a las superficies de las cabeceras municipales, el Cuadro 4 muestra los altos porcentajes que los últimos tiene sobre los primeros. De nuevo, esto muestra cómo el VU-NDVI es más alto, y por tanto las dotaciones en esta tipología están en realidad mucho más arriba que el valor de 9 m^2 por habitante. Esto, además de la dotación propiamente dicha, muestra el potencial que tiene el VU-NDVI para establecer una infraestructura verde que refuerce la resiliencia urbana ante el calentamiento global, dado el papel que tiene el verde en las ciudades como regulador del clima, además de los aportes que este tiene en función de los servicios ecosistémicos que provee (Vásquez, 2016).

Mapa 1. Distribución de VUP



Fuente: Elaboración propia con QGIS, Google Earth, datos de INEGI (2022) y verificación de datos en campo.

Mapa 2. NDVI reclasificado

Fuente: Elaboración propia a partir de imagen Sentinel 2, y procesamiento con Semi-Automatic Classification Plugin, ver. 7.6.5., en QGIS.

Cuadro 1. Estadísticos básicos de la dotación (VUP)

Variable	N*	Media	Desv.Est.	Varianza	CoefVar (%)
Amatlán	2	3.58	4.70	22.11	131.53
Córdoba	40	5.00	7.84	61.44	156.90
Fortín	19	2.093	1.699	2.887	81.18

* Número de áreas verdes VUP.
Unidades de la variable, m².

Fuente: Elaboración propia con Minitab 19.

Cuadro 2. Pruebas de hipótesis de dotación de VUP

Cabecera			
Córdoba (C)	Rechazada	Aceptada	5.00 A
Fortín (F)	Rechazada	Aceptada	2.093 B

Letras diferentes en la misma columna implica diferencia estadística (prueba t, $p < 0.05$)

Fuente: Elaboración propia con Minitab 19.

Cuadro 3. Estadísticos básicos de la dotación (VU-NDVI)

Variable	N*	Media	Desv.Est.	Varianza	CoefVar (%)
Amatlán	207	417.52	1065.03	1134292.24	255.40
Córdoba	1793	155.37	772.52	596802.072	496.57
Fortín	405	294.18	1346.63	1813438.10	457.75

* Áreas con NDVI arriba de 0.40.

Fuente. Elaboración propia con Minitab 19.

Cuadro 4. Relación en porcentaje entre VUP y VU-NDVI con respecto de la superficie de las cabeceras municipales

Cabecera	ACM (m ²)*	VUP**	%***	VU-NDVI (m ²)****	%*****
Amatlán	5,762,682.17	10,197.48	0.18	1,768,611.96	30.69
Córdoba	28,260,499.74	690,275.46	2.44	6,331,506.95	22.40
Fortín	10,105,841.20	65,429.70	0.65	2,755,558.49	27.27

*Área de cabecera municipal.

**Verde Urbano Público.

***Porcentaje de Verde Urbano Público con respecto del área de la cabecera.

****Verde Urbano NDVI.

*****Porcentaje de Verde Urbano NDVI con respecto del área de la cabecera.

Fuente: Elaboración propia.

Distancia a VUP Y VU-NDVI

Como ya se mencionó, recientemente la SEDATU emitió la norma NOM-001-SEDATU-2021 (SEDATU, 2022), la cual destaca diversos aspectos que deben cumplirse con relación a las áreas verdes urbanas. Entre los aspectos mencionados se encuentra la distancia hacia dichos espacios considerando el marco de la discusión relacionada con la resiliencia urbana ante el calentamiento global. Para ello, se destacaron las distancias entre los residentes urbanos y el VU dados los diversos servicios ecosistémicos que estos espacios prestan. Esta norma plantea una matriz de clasificación de los espacios públicos (entre los que destacan las áreas verdes) por su escala de servicio. En dicha norma se propone que áreas de 0.01 a 2.00 ha (100 a 20,000 m²), deben estar a un máximo de 400 metros de distancia de la población directamente beneficiada.

En este trabajo se evaluó estadísticamente la situación de las tres cabeceras municipales mencionadas (Amatlán, Córdoba y Fortín) en relación con las distancias en promedio hacia las áreas verdes (VUP o VU-NDVI), tomando como referencia la norma de la SEDATU. En ese sentido, se probaron las siguientes hipótesis: la distancia de referencia es igual a 400 m (H₀: $\mu = 400$ metros); la distancia es mayor a la referencia (H_a: $\mu > 400$ metros) y las tres cabeceras tienen distancias iguales a las áreas analizadas (H₀: $\mu_A = \mu_C = \mu_F$), primero para VUP y después para VU-NDVI. Las estadísticas básicas para distancias en las dos tipologías se muestran en los Cuadros 5 y 6. Las pruebas de hipótesis para VUP (Cuadro 6), indican para la hipótesis nula y para el caso de Amatlán, que estas áreas están a más de

400 metros ($x = 1512.6$), por lo que este municipio no cumple con la norma de la SEDATU. Por el contrario, en el caso de Córdoba y Fortín se acepta esta hipótesis, pues $x = 348.34$ para el primer caso y $x = 381.8$ para el segundo. Así, las VUP están dentro de la norma de la SEDATU para Córdoba y Fortín, pero no para Amatlán. Las tres áreas muestran diferencia estadística ($p < 0.05$).

Cuadro 5. Estadísticos básicos de distancia a VUP

Variable	N*	Media	Desv.Est.	Varianza	CoefVar (%)
Amatlán	253	1512.6	1081.4	1169505.8	71.50
Córdoba	2397	348.34	225.55	50872.29	64.75
Fortín	524	381.8	257.3	66189.0	67.39

*Vectores de una distancia dada desde los centroides de manzana.
Unidades de distancia de la variable, en metros lineales.

Fuente. Elaboración propia con Minitab 19.

Cuadro 6. Pruebas de hipótesis de distancia a VUP

Cabecera			
Amatlán	rechaza	aceptada	1512.6A
Córdoba	aceptada	rechazada	348.34B
Fortín	aceptada	rechazada	381.8B

Letras diferentes en la misma columna implica diferencia estadística (prueba LSD Fisher, $p < 0.05$).

Fuente: Elaboración propia con Minitab 19.

Con respecto al VU-NDVI, el Cuadro 7 muestra las estadísticas de distancia a este tipo de vegetación. Lo que destaca de esta información es que en las tres cabeceras municipales las distancias al verde más cercano son muy pequeñas mostrando una media de 24.11 m. En la verificación de las tres pruebas de hipótesis indicadas, se acepta que las tres cabeceras municipales tienen distancias muy por debajo de los 400 m que establece la norma, lo cual se acepta en la segunda hipótesis. En la comparación estadística de medias de las tres cabeceras, el análisis mostró que todas ellas son diferentes ($p < 0.05$) (Cuadro 8).

Cuadro 7. Estadísticas de distancia VU-NDVI

Variable	N*	Media	Desv.Est.	Varianza	CoefVar (%)
Amatlán	253	8.867	12.345	152.409	139.23
Córdoba	2397	24.117	25.332	641.716	105.04
Fortín	524	20.493	21.126	446.323	103.09

Vectores de una distancia dada desde los centroides de manzana.
Unidades de distancia de la variable, en metros lineales.

Fuente. Elaboración propia con Minitab 19.

Cuadro 8. Pruebas de hipótesis de distancia a VU-NDVI

Municipio			
Amatlán (AM)	rechazada	aceptada	8.867 C
Córdoba (C)	rechazada	aceptada	24.117 A
Fortín (F)	rechazada	aceptada	20.493 B

Letras diferentes en la misma columna implica diferencia estadística (prueba LSD Fisher, $p < 0.05$)

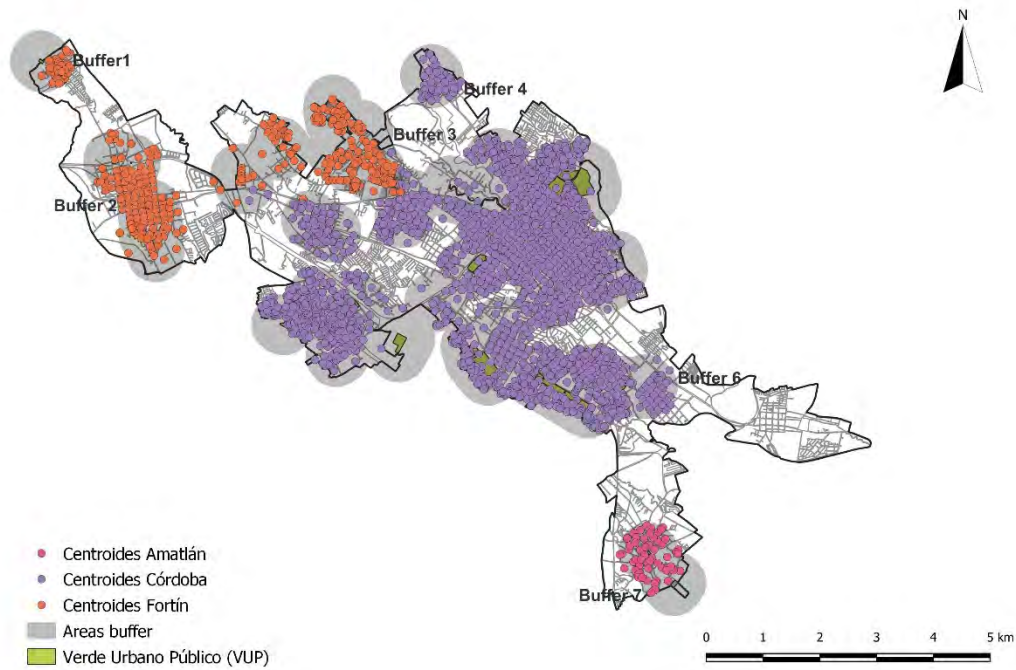
Fuente: Elaboración propia con Minitab 19.

Población servida de acuerdo a la NOM-001-SEDATU-2021

La norma de la SEDATU establece una distancia de 400 metros hacia un espacio público de 0.01 a 2 ha, cuando se trata solo de ellos. Si se trata de un “sistema”, es decir, más de un espacio público sirviente, cuyas distancias sumadas no sean mayores a 1000 m, se considerará un radio de 500 m para determinar la servidumbre. A partir de buffers (7 buffers), con origen en los VUP y radio de 500 m (Mapa 3), se cuantificó a la población que quedaba agrupada dentro de dichos polígonos. De esta manera, se determinaron los porcentajes en que los tres municipios en conjunto, así como cada uno de manera individual, sirven a la población (Gráfica 1). Los resultados indicaron que el 74% de la población de los tres municipios se encuentra bajo la norma.

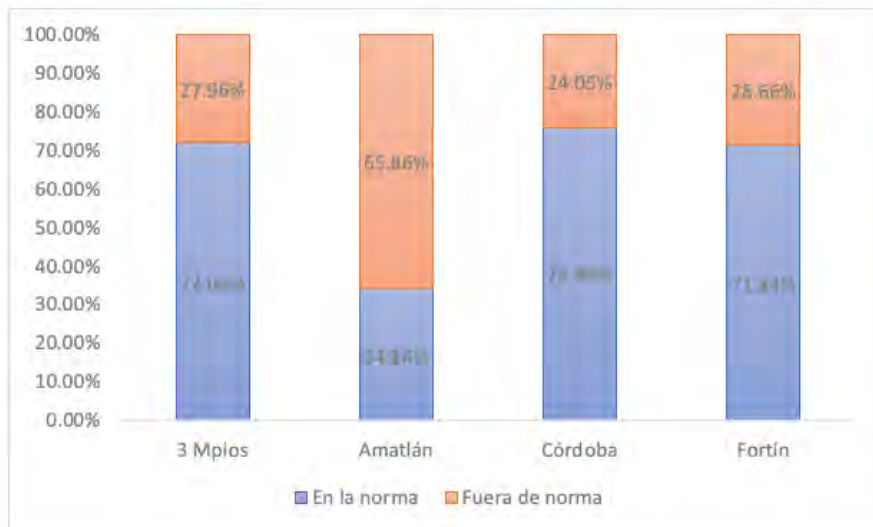
De manera individual la situación varía. En Amatlán, solo el 34.14% de la población es servida por estos espacios, mientras que el caso se invierte en Córdoba y Fortín: 79.95% y 71.34%, respectivamente, se encuentran dentro de dicha norma. Es interesante notar que en realidad la población está en su mayoría dentro del parámetro que recomienda la SEDATU, pero si contrastamos con la dotación de dichos espacios a la población (Cuadro 1 y Cuadro 9), notamos que la norma pudiese ajustarse y no es del todo representativa, dado que el rango de espacios (0.01 a 2 ha, es decir 100 a 20,000 m²) es muy amplio y no presenta una adecuada resolución para entender la situación real de dotación y distancia, ni mucho menos con relación a la prestación de servicios ecosistémicos para la población.

Mapa 3. Distribución de Sistemas Buffer 500 m, a partir de centroides de VUP y centroides de manzana que cubren



Fuente: Elaboración propia con QGIS.

Gráfica 1. Porcentajes de población cubierta conforme a la NOM-001-SEDATU 202 para VUP



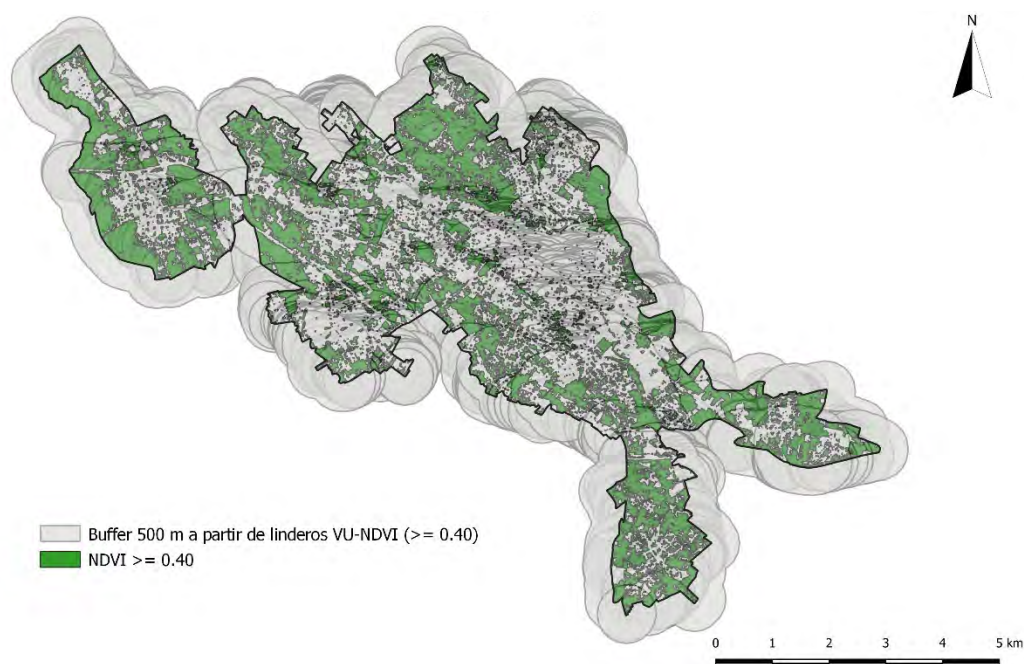
Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 9. Superficies dentro de buffer 500 ml de centroides y población servida

Buffer #	Superficie EP (m2)	Habitantes	EP (m2)/Hab
1	3,831.18	2,272.00	1.69
2	33,772.68	10,530.00	3.21
3	27,825.84	14,478.00	1.92
4	6,954.56	3,130.00	2.22
5	6,940.51	5,898.00	1.18
6	679,436.61	113,105.00	6.01
7	10,197.48	5,565.00	1.83
Totales	768,958.86	154,978.00	4.96

Fuente: Elaboración propia.

A través del mismo proceso que la VUP, se hicieron buffers de 500 m, con origen en las VU-NDVI y se determinó la población servida. Los resultados mostraron que 100% de la población se encuentra servida bajo este enfoque (Mapa 4).

Mapa 4. Mapa de buffer 500 m a partir de centroides VU-NDVI y área que cubren

Fuente: Elaboración propia con QGIS.

Los resultados obtenidos en este trabajo generan tanto información numérica útil, como material reflexivo para idear caminos de mejora en relación al beneficio de la presencia de verde urbano, cercano a la población. Primero se tiene que comentar que el estudio trata con dotaciones distancias y población servida dentro de la norma SEDATU (2022). Habría que partir de la discusión acerca de lo que aquí se entiende por acceso y que lo diferencia de otros estudios. En una buena parte de los trabajos realizados en diversas partes del mundo, se habla de un acceso físico a espacios verdes de tenencia pública (Jaramillo et al., 2022; Maldonado-Bernabé et al., 2019; Ojeda-Revah, 2021; Reyes Pácke y Figueroa Aldunce, 2010; Xiao et al., 2019). En nuestro caso se orienta a un acceso que va más allá de ello, ya que se plantea no solo la posibilidad de estar físicamente dentro en esos espacios, sino también el poder utilizarlos de otras maneras, y que abarcan desde lo visual, y/o los beneficios que su simple presencia significan para la población, inclusive a la distancia. Un marco adecuado para ello es la prestación de servicios ecosistémicos que ofrece el verde urbano a la ciudad, que van desde lo tangible (ese acceso físico, por ejemplo), hasta lo intangible (lo visual cercano o lejano o inclusive lo espiritual) (Bertram y Rehdanz, 2015; Mexia et al., 2018; Ngulani y Shackleton, 2019; Riechers et al., 2016).

En ese sentido, este trabajo conceptualiza de manera diferente ese enfoque, lo cual establece una referencia adecuada para hablar de un beneficio de todo el verde en la ciudad, no sólo de aquel al que se puede entrar, en donde se puede caminar, sentar o jugar, y que muchas veces solo considera el VUP. Aquí se trata de un uso multidimensional de esos lugares y de los impactos positivos en lo relacionado a lo físico y más allá de él (lo intangible). Cabe preguntar, por ejemplo, la posibilidad real de planear el verde en las ciudades ya construidas y en muchas ocasiones no planificadas en relación a normas como las citadas, es decir, considerando tamaño de áreas verdes, distancias a los usuarios y tal vez estructuración de los espacios y de los estratos de la vegetación que los debería componer. Se considera que es importante evaluar la presencia de todo el verde en un asentamiento urbano, para evaluar entre otros, la posibilidad de plantear en esas ciudades ya construidas, el potencial de establecer calles arboladas y/o azoteas verdes. Nos parece más factible llegar a esas posibilidades a través de estímulos fiscales que promuevan el tener vegetación en esos espacios muchas veces desaprovechados. Por otro lado, y como se expuso en este trabajo, se consideran también espacios que se encuentran con vegetación y no necesariamente en parques o camellones, sino en una infinidad de situaciones en la ciudad, que solo requieren de su gestión y conservación para aprovechar sus beneficios tanto ambientales como físicos o psicológicos. En ese sentido, reiteramos, este trabajo muestra la importancia del verde en su conjunto y su acceso, comparándolo con el verde oficial, aquí denominado como VU.

El cálculo de dotación de VU que presentamos, muestra valores semejantes a estudios desarrollados en ciudades latinoamericanas, en donde se encuentran con frecuencia valores menores a los 9 m²/hab, tomado como referencia en este y otros trabajos. Por ejemplo 6.22 m²/hab en Loja Ecuador (Jaramillo et al., 2022); 4.20 m²/hab en Santiago de Chile (Walker et al., 2007); 6.13 m²/hab para Ciudad Juárez (Herrera Correa et al., 2021). En este sentido, el área de estudio analizada presenta patrones semejantes a lo que estos estudios encontraron, por lo que los resultados resaltan una forma tal vez común de

administrar el espacio urbano, al parecer sin que exista una correlación positiva entre el tamaño de la ciudad analizada y el VUP disponible.

Como se ha mostrado, cuando se analiza el tema desde la totalidad del VU (VU-NDVI), la situación es diferente en relación a la dotación y al acceso, reiterando que para esto se requiere el reconocimiento de la importancia de un acceso tanto físico como no físico a dichos espacios y conceptualizando esto desde el marco de la prestación de los servicios ecosistémicos que dichas áreas prestan al medio urbano (Rangel y Aquino, 2022; Sahagún Sánchez et al., 2020). Tomando como referencia la sugerencia de 9 m²/hab de la OMS, la consideración de todo el verde arroja valores mucho muy altos. En ese sentido, este enfoque es una alternativa para la dotación y el acceso a estos espacios, puesto que no sólo se consideran al VUP, sino a la totalidad del verde en la ciudad (VU-NDVI). Al menos en el área de trabajo, es complejo pensar en dotar a la población de más verde a través de parques, puesto que buena parte de la ciudad ya está consolidada y son pocos los espacios que se destinaron para ser parques o áreas verdes. Las azoteas o la arborización de calles, se convierte en alternativa viable y en un incremento en ese acceso y beneficios del verde en la ciudad.

Los resultados respecto de las distancias a las VUP, muestran para Córdoba y Fortín de alrededor de los 300 m, y muy grandes (> a 1000 m) para Amatlán. Entre otras, una situación aquí es que esas distancias no discriminan el destino, es decir, que no importa el tamaño del área verde a la que se mide la misma. Ciertamente la norma SEDATU indica distancias hacia áreas desde 100 m² a 2 ha, es decir a áreas con demasiada variabilidad en sus tamaños como ya se ha mencionado aquí. La información de distancia obtenida en este estudio indica valores muy dispares. Esto es común en ciudades latinoamericanas, en las cuales los procesos de ocupación del espacio para construcciones y vivienda muchas veces suceden sin una planificación al respecto (Valdez, 2021), por lo que los resultados aquí obtenidos coinciden en ese sentido con esos otros entornos.

Con respecto del VU-NDVI calculado a través de la determinación del NDVI, el proceso ha sido aplicado en otros estudios (Arboit, 2017; Bollo Manent et al., 2022), con resultados adecuados. Cabe mencionar que el caso de Arboit (2017) se realizó con imágenes LandSat, cuya resolución es un tanto más gruesa que el caso de Sentinel, lo cual puede generar errores de estimación tanto del propio índice, como de las superficies extraídas. Este proceso arroja valores muy por arriba de los obtenidos de VUP a través de la cuantificación de espacios vectoriales formalmente destinados a parques y canchas deportivas. De la misma manera, al considerar el NDVI como indicador de VU, la población servida de acuerdo con lo estipulado por SEDATU es al 100%, no así en relación a VUP, que atiende un 30% menos.

Conclusiones

El estudio mostró que el VUP está por debajo de la recomendación de la OMS en los tres casos, mientras que existe VU-NDVI que podría incrementar dicha dotación a números muy superiores a los 9 m²/habitante. La primera hipótesis se acepta.

Finalmente, se acepta que el área analizada tiene un sistema de VUP que se encuentra a una distancia máxima de 400 m de cada manzana, puesto que los resultados indicaron distancias mayores; por otro lado, se acepta que existen otras áreas (VU-NDVI) que están a menores distancias y son accesibles a la población.

Los resultados muestran aspectos de interés para la planificación del verde en los medios urbanos, cuyos beneficios son importantes. Muchos trabajos se han realizado con base en los espacios “oficialmente” públicos, con acceso también público, sin embargo, cabe reflexionar sobre la realidad a la que nos enfrentamos en ciudades como las analizadas en este trabajo. Se trata de ciudades ya muy establecidas en las que, como lo han resaltado Flores (2017) y Maldonado-Bernabé et al. (2019), las sugerencias como las de la OMS son complicadas de establecer en términos de área, es decir, con relación a parques o camellones (espacios físicamente accesibles y con enfoque primordial hacia las actividades recreativas), que ya no se establecieron o que es complicado establecer en una matriz urbana consolidada. Estos espacios pueden implementarse en zonas nuevas, como fraccionamientos que busquen dotar de zonas verdes a los habitantes.

Nos parece que, en esta situación, es prudente considerar el papel de lo que aquí denominamos VU-NDVI, es decir, de aquellas zonas en las que existe vegetación, o “verde”, indistintamente de su régimen de propiedad. Es un verde que presta servicios ecosistémicos diversos percibidos de manera multisensorial, además de ser beneficiarios de su papel en aspectos tales como la regulación climática y por tanto su respaldo en el establecimiento de una infraestructura verde en el área de estudio. Por lo anterior, nos parece oportuno cambiar la perspectiva y pensar en términos de “verde” y no solo de espacio público. Es necesario gestionar el verde que existe a partir de políticas de uso de suelo o a través de normas urbanísticas que fomenten el cuidado y preservación del mismo. Como se mencionó al inicio, en este artículo nos interesamos en la posibilidad de que la vegetación sea aliada en el aumento de la resiliencia de las ciudades.

En nuestro caso de estudio, los espacios públicos son pocos en relación con la población y su papel en este marco de resiliencia, aunque importante y positivo, puede ser marginal. En este trabajo se consideraron valores de NDVI iguales o superiores a 0.40, pero existe vegetación con valores menores que, aunque no fueron considerados en nuestro análisis, juegan un papel en la dinámica ambiental.

Voltear al tercer paisaje (Clément, 2018), o a los espacios informales (English Nature, 2003; Riós, 2011) o no diseñados (Barba, 2022), se presenta como una oportunidad en estos contextos. Es importante considerar los espacios vacantes en la ciudad no como sitios en espera de ser edificados, sino dentro de una tipología específica para ellos (Vásquez, 2016).

Este trabajo es también una reflexión a partir de una muestra de las ciudades medias mexicanas y su situación con respecto del VU establecido formalmente (VUP), y el que está presente (VU-NDVI) pero de alguna manera olvidado, pues no se considera el aporte que puede brindar para mejorar el entorno. Es posible pensar en diferentes estrategias complementarias como la arborización de calles o el fomento de azoteas y muros verdes, entre otras. Las autoridades podrían normar y estimular el cuidado y gestión de esas áreas a través de incentivos fiscales, por ejemplo. Nos parece que materia prima existe para establecer una infraestructura verde que respalde la capacidad de resiliencia urbana

ante el calentamiento global y que incremente los beneficios que la población recibe de éstos, por la prestación de servicios ecosistémicos, y con ello un aumento en la resiliencia urbana.

Referencias

- Arboit, M. (2017). Estimación del índice de vegetación en entornos urbanos forestados consolidados de baja densidad del Área Metropolitana de Mendoza, Argentina. *Cuaderno Urbano. Espacio, cultura y sociedad*, 23(23), 33-60.
- Arellano Ramos, B., y Roca Cladera, J. (2018). Áreas verdes e isla de calor urbana. En *Libro de proceedings, CTV 2018. XII Congreso Internacional Ciudad y Territorio Virtual. "Ciudades y Territorios Inteligentes"*. Mendoza, 5-7 septiembre 2018. Centre de Política de Sol i Valoracions, CPSV / Universitat Politècnica de Catalunya, UPC. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/132274>
- Aznar-Bellver, J., y Estruch-Guitart, A. V. (2015). *Valoración de activos ambientales. Teoría y casos*. Universitat Politècnica de Valencia.
- Barba, E. (2022, abril 1). Belleza y utilidad de las hierbas urbanas, plantas espontáneas que siempre están presentes | Madrid | *El País*. <https://elpais.com/espana/madrid/2022-04-02/belleza-y-utilidad-de-las-hierbas-urbanas-plantas-espontaneas-que-siempre-estan-presentes.html>
- Baycan-levent, T., Leeuwen, E. V., Rodenburg, C., y Nijkamp, P. (2002). *Development and management of green spaces in European cities: A comparative analysis*. Universidad de Vrije.
- Benedict, M., A., y McMahon, E. (2006). *Green infrastructure. Linking landscapes and communities*. Island Press.
- Bertram, C., y Rehdanz, K. (2015). Preferences for cultural urban ecosystem services: Comparing attitudes, perception, and use. *Ecosystem Services*, 12, 187-199. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.12.011>
- Bollo Manent, M., Martín Morales, G., Martínez Serrano, A., Bollo Manent, M., Martín Morales, G., y Martínez Serrano, A. (2022). Las áreas verdes en la ciudad de Morelia, Michoacán. México. *Investigaciones geográficas*, 107. <https://doi.org/10.14350/rig.60494>
- Casaus, M. A. (2018). Deconstruyendo la resiliencia urbana. *OBETS. Revista de Ciencias Sociales*, 13(3), 229-255. <https://doi.org/10.14198/OBETS2018.13.1.09>
- Cerrillo, G. T., y Sangalli, P. (2021). La infraestructura azul y la estrategia de adaptación y mitigación ante el cambio climático en el ámbito urbano. El caso de Bakio (Bizkaia). *Revista Montes*, 144, 16-20.
- Chuvieco, E. (2000). *Fundamentos de teledetección espacial*. Rialp.
- City Resilience Index (2022). *City Resilience Index*. <https://cityresilienceindex.org/#/>
- Clément, G. (2018). *Manifiesto del Tercer Paisaje*. Gustavo Gili.
- Congedo, L. (2021). Semi-Automatic Classification Plugin: A Python tool for the download and processing of remote sensing images in QGIS. *Journal of Open Source Software*, 6(64), 3172. <https://doi.org/10.21105/joss.03172>
- Dahl, B., y Molnar, D. J. (2003). *Anatomy of a Park: Essentials of Recreation Area Planning and Design*. Waveland Press.

- Dantas, G. S., Nagy, I. R., y Nogueira, P. B. (2022). Implementation of Green Infrastructure in Existing Urban Structures: Tracking Changes in Ferencváros, Budapest. *Land*, 11(5), 644. <https://doi.org/10.3390/land11050644>
- De Sousa, C. A. (2004). The greening of brownfields in American cities. *Journal of Environmental Planning and Management*, 47(4), 579-600. <https://doi.org/10.1080/0964056042000243249>
- English Nature (2003). Accessible Natural Green Space Standards in Towns and Cities: A Review and Toolkit for their Implementation-ENRR526. *Natural England-Access to Evidence*. <http://publications.naturalengland.org.uk/publication/65021>
- Gobierno de México (2016). *Guía de Resiliencia Urbana*. ONU-Habitat.
- Flores, X. R. (2017). Una reflexión teórica sobre estándares de áreas verdes empleados en la planificación urbana. *Economía Sociedad y Territorio*, 491-522. <https://doi.org/10.22136/est002017682>
- Gobierno del Distrito Federal (2000). *Ley ambiental de protección a la tierra en el Distrito Federal*.
- Gobierno del Estado de Veracruz (2020a). *Cuadernillos Municipales 2020*. Amatlán de los Reyes. http://ceieg.veracruz.gob.mx/wp-content/uploads/sites/21/2020/12/Amatl%C3%A1n-de-los-Reyes_2020.pdf
- Gobierno del Estado de Veracruz (2020b). *Cuadernillos Municipales 2020*. Córdoba. http://ceieg.veracruz.gob.mx/wp-content/uploads/sites/21/2020/12/C%C3%B3rdoba_2020.pdf
- Gobierno del Estado de Veracruz (2020c). *Cuadernillos Municipales 2020*. Fortín. http://ceieg.veracruz.gob.mx/wp-content/uploads/sites/21/2020/12/Fort%C3%ADn_2020.pdf
- Harnik, P. (2010). *Urban Green*. Island Press.
- Herrera Correa, V. M., Romo Aguilar, M. de L., Herrera Correa, V. M., y Romo Aguilar, M. de L. (2021). La distribución de las áreas verdes públicas en relación con las características socioeconómicas de la población en Ciudad Juárez, México. *Acta universitaria*, 31. <https://doi.org/10.15174/au.2021.3101>
- INEGI (2020). Marco Geoestadístico. Censo de Población y Vivienda 2020. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463807469>
- INEGI. (2022). Datos abiertos. <https://www.inegi.org.mx/datosabiertos/>
- Jaramillo, S. V. V., Castillo, M., y Alvarado, L. (2022). El verde urbano público.: Dotación, Distribución y Accesibilidad. Caso de estudio Loja – Ecuador. *PENSUM*, 8(8), 55-71.
- Maldonado-Bernabé, G., Chacalo-Hilu, A., Nava-Bolaños, I., Meza-Paredes, R. M., y Zaragoza-Hernández, A. Y. (2019). Cambios en la superficie de áreas verdes urbanas en dos alcaldías de la ciudad de México entre 1990-2015. *Polibotánica*, 48, 205-230. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.48.15>
- Martínez-Valdés, V., Rivera, E. S., y Gaudiano, E. J. G. (2020). Parques urbanos: Un enfoque para su estudio como espacio público. *Intersticios Sociales*, 19, 67-86. <https://doi.org/10.55555/IS.19.277>
- Mexia, T., Vieira, J., Príncipe, A., Anjos, A., Silva, P., Lopes, N., Freitas, C., Santos-Reis, M., Correia, O., Branquinho, C., y Pinho, P. (2018). Ecosystem services: Urban parks under a

- magnifying glass. *Environmental Research*, 160, 469-478. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.10.023>
- Moncada, M., O., y Meza, A., M. (2010). Las áreas verdes de la ciudad de México. Un reto actual. *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, 14(1).
- Ngulani, T., y Shackleton, C. M. (2019). Use of public urban green spaces for spiritual services in Bulawayo, Zimbabwe. *Urban Forestry y Urban Greening*, 38, 97-104. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.11.009>
- Ojeda-Revah, L. (2021). Equidad en el acceso a las áreas verdes urbanas en México: Revisión de literatura. *Sociedad y Ambiente*, 24, 1-28. <https://doi.org/10.31840/sya.vi24.2341>
- Omar, N. A., y Saeed, E. H. (2019). Urban voids as potential resources for the city development. *JES. Journal of Engineering Sciences*, 47(5), 585-600. <https://doi.org/10.21608/jesaun.2019.109853>
- ONU (2022). *Objetivos de Desarrollo Sostenible. Objetivo 11: Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/cities/>
- ONU-Habitat (2022). *Ciudades Resilientes*. <https://onuhabitat.org.mx/index.php/ciudades-resilientes>.
- Palomo, P. J. S. (2003). *La planificación verde en las ciudades*. Gustavo Gili.
- Pérez-Medina, S., & López-Falfán, I. (2015). Áreas verdes y arbolado en Mérida, Yucatán. Hacia una sostenibilidad urbana. *Economía Sociedad y Territorio*, 15(47), 1-33. <https://doi.org/10.22136/est002015552>
- Pérez-Ventana, A. (2021, mayo 25). Por qué las llamamos “malas hierbas” si son fundamentales para la regeneración urbana. *El País*. <https://elpais.com/icon-design/arquitectura/2021-05-25/por-que-las-llamamos-malas-hierbas-si-son-fundamentales-para-la-regeneracion-urbana.html>
- QGIS.org (2022). *QGIS Geographic Information System*. QGIS Association.
- Rangel, M. G., y Aquino, M. L. B. (2022). Percepción de servicios ecosistémicos de parque urbanos en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. *Espacio I+D, Innovación más desarrollo*, 11(30), Article 30. <https://doi.org/10.31644/IMASD.30.2022.a07>
- Reu Junqueira, J., Serrao-Neumann, S., y White, I. (2021). Chapter 15-Managing urban climate change risks: Prospects for using green infrastructure to increase urban resilience to floods. En T. M. Letcher (Ed.), *The Impacts of Climate Change* (pp. 379-396). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822373-4.00013-6>
- Reyes Pácke, S., y Figueroa Aldunce, I. M. (2010). Distribución, superficie y accesibilidad de las áreas verdes en Santiago de Chile. *EURE*, 36(109), 89-110. <https://doi.org/10.4067/S0250-71612010000300004>
- Riechers, M., Barkmann, J., y Tschardtke, T. (2016). Perceptions of cultural ecosystem services from urban green. *Ecosystem Services*, 17, 33-39. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2015.11.007>
- Ríos, P., Roxana. (2011). Espacios abiertos informales. Factores condicionantes de usos y cualidades ambientales informales, estrategias de reutilización y criterios de diseño sustentable para la intervención en espacios abiertos informales. *Caso de estudio: Pudahuel Urbano*. [Pontificia Universidad Católica de Chile]. <https://estudiosurbanos.uc.cl/exalumnos/espacios-abiertos-informales-factores-condicionan>

- tes-de-usos-y-cualidades-ambientales-informales-estrategias-de-reutilizacion-y-criterios-de-diseno-sustentable-para-la-intervencion-en-espacios-abier/
- Rivera-Hernández, J. E. R., Muñoz-Márquez, T. R. A., Vargas-Rueda, A., Alcántara-Salinas, G., Real-Luna, N., y Sánchez-Páez, R. (2019). Flora, vegetación y paisaje de la región de las altas montañas de Veracruz, México, elementos importantes para el turismo de naturaleza. *Agro Productividad*, 12(12), Article 12. <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/1460>
- Rodríguez, M. I., Cuevas, M. M., Huertas, F., Martínez, G., y Moreno, B. (2015). Indicators to evaluate water sensitive urban design in urban planning. En C. A. Brebbia (Ed.), *WIT Transactions on The Built Environment* (1.a ed., Vol. 1, pp. 371-382). WIT Press. <https://doi.org/10.2495/SD150321>
- Sahagún Sánchez, F. J., Aceves Sánchez, J., Sánchez Romero, E., Plazola Zamora, L., Sahagún Sánchez, F. J., Aceves Sánchez, J., Sánchez Romero, E., y Plazola Zamora, L. (2020). Valoración de los servicios ecosistémicos en áreas verdes. El caso del Parque Metropolitano de Guadalajara, México. *Acta universitaria*, 30. <https://doi.org/10.15174/au.2020.2635>
- SEDATU (2022). NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SEDATU-2021, Espacios públicos en los asentamientos humanos. http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5643417&fecha=22/02/2022
- SEDEMA (2016). Las áreas verdes urbanas y tú. Gobierno de la ciudad de México. http://www.sadsma.cdmx.gob.mx:9000/datos/storage/app/media/docpub/sedema/sedema_2016_areas-verdes.pdf
- Simonetti, E., Simonetti, D., y Preatoni, D. (2014, octubre 16). Phenology-based land cover classification using Landsat 8 time series. JRC Publications Repository. <https://doi.org/10.2788/15561>
- Sorensen, M., Barzetti, V., Keipi, K., y Williams, J. (1998). Manejo de las áreas verdes urbanas. Inter-American Development Bank.
- Tarrazó, A., y María, N. (2021). Estrategias de mejora de la infraestructura verde en el barrio de Benicalap (Valencia) [Proyecto/Trabajo fin de carrera/grado, Universitat Politècnica de València]. <https://riunet.upv.es/handle/10251/178780>
- Tejeda, M. A., del Valle, C., Beatriz, Welsh, R., Carlos M., Ochoa, M., Carolina A., y Méndez, P., Irving R. (2020). *Veracruz, una década ante el cambio climático*. Gobierno del Estado de Veracruz. <https://www.uv.mx/peccuv/files/2020/07/Veracruz-una-decada-ante-el-cambio-climatico.pdf>
- Valdez, A. T. (2021). El golpe de la injusticia distributiva de las áreas verdes a las poblaciones menos favorecidas en el contexto del Covid-19. *Revista Kawsaypacha: sociedad y medio ambiente*, 7, 83-91. <https://doi.org/10.18800/kawsaypacha.202101.005>
- Vásquez, A. E. (2016). Infraestructura verde, servicios ecosistémicos y sus aportes para enfrentar el cambio climático en ciudades: El caso del corredor ribereño del río Mapocho en Santiago de Chile. *Revista de Geografía Norte Grande*, 63, 63-86. <https://doi.org/10.4067/S0718-34022016000100005>
- Walker, F. B., Fernández, P. W., y Freitas, J. M. (2007). Modelo de cálculo de áreas verdes en planificación urbana desde la densidad habitacional. *Urbano*, 97-101.

- Wang, S., Wang, M., y Liu, Y. (2021). Access to urban parks: Comparing spatial accessibility measures using three GIS-based approaches. *Computers, Environment and Urban Systems*, 90, 101713. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2021.101713>
- Wang, X.-J. (2009). Analysis of problems in urban green space system planning in China. *Journal of Forestry Research*, 20(1), 79-82. <https://doi.org/10.1007/s11676-009-0014-2>
- Ward, S., Staddon, C., De Vito, L., Zuniga-Teran, A., Gerlak, A. K., Schoeman, Y., Hart, A., y Booth, G. (2019). Embedding social inclusiveness and appropriateness in engineering assessment of green infrastructure to enhance urban resilience. *Urban Water Journal*, 16(1), 56-67. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2019.1633674>
- Weier, J., y Herring, D. (2000, agosto 30). Measuring Vegetation (NDVI y EVI) [Text.Article]. *NASA Earth Observatory*. https://earthobservatory.nasa.gov/features/MeasuringVegetation/measuring_vegetation_1.php
- Xiao, Y., Wang, D., y Fang, J. (2019). Exploring the disparities in park access through mobile phone data: Evidence from Shanghai, China. *Landscape and Urban Planning*, 181, 80-91. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.09.013>
- Zuniga-Teran, A. A., Gerlak, A. K., Mayer, B., Evans, T. P., y Lansey, K. E. (2020). Urban resilience and green infrastructure systems: Towards a multidimensional evaluation. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 44, 42-47. <https://doi.org/10.1016/j.cocust.2020.05.001>