

Distribución de áreas verdes y bienestar socio ambiental. Un estudio en la Ciudad de Toluca, México.

Distribution of green areas and socio-environmental welfare. A study in the City of Toluca, Mexico.

§¹Julio César Hernández Romero, ²J. Jesús Gastón Gutiérrez Cedillo, ³José Isabel Juan Pérez, ⁴Roberto Franco Plata, ⁵Miroslava Czerny.

¹Maestro en Estudios Sustentables Regionales y Metropolitanos, Estudiante de Doctorado en Ciencias Ambientales de la Facultad de Química,

²Doctor en Ciencias, Profesor de Tiempo Completo, Facultad de Geografía,

³Doctor en Antropología Social, Profesor de Tiempo Completo, Estudios Multidisciplinarios sobre la función de la Universidad en el Desarrollo Humano: Economía, Educación, Desarrollo Sustentable, Agua, Suelo y Políticas Públicas

⁴Doctor en Ingeniería, Profesor de Tiempo completo, Facultad de Geografía, Universidad Autónoma del Estado de México, México.

⁵Doctora del Estado, Investigadora, Facultad de Geografía, Universidad de Varsovia. Domicilio Institucional: Universidad Autónoma del Estado de México. Unidad Colón. Paseo Colón esq. Paseo Tolloacán Residencial Colón y Col Ciprés, 50120 Toluca de Lerdo, Estado de México, C.P. 50120 teléfono y fax (722) 217 3890 §Autor para correspondencia: juliocesarhrom@yahoo.com.mx

RESUMEN El objetivo de este estudio fue identificar, ubicar y cuantificar las áreas verdes urbanas existentes en la Zona Metropolitana de la Ciudad de Toluca con el fin de observar sus tendencias y patrones de distribución. Los objetivos específicos permitieron planificar las etapas metodológicas del estudio, estas son: Mediante fotointerpretación cartográfica, se ubicaron y dimensionaron las áreas verdes; con trabajo sistemático en campo fueron identificadas e inventariadas; entrevistas no estructuradas fueron enfocadas a conocer su localización geopolítica y el tipo de administración que tienen, lo que permitió finalmente su cuantificación, análisis estadístico; representación gráfica y cartográfica. De acuerdo al procedimiento que calcula el promedio de todas las distancias de vecinos más próximos, basada en una distribución hipotética aleatoria con el mismo número de entidades que cubren la misma área total se obtuvieron las tendencias y patrones de distribución. La investigación se encamina a establecer el entorno de la ciudad de Toluca, dado que existen referencias que han demostrado que a las personas rodeadas de paisajes con árboles y vegetación presentan estados fisiológicos más tranquilos que aquellos que viven en

entornos sin naturaleza. Se elaboró la delimitación y caracterización geográfica analizando elementos físicos y biológicos; se realizó el diagnóstico de las áreas verdes y elementos que las componen; así como sobre los actores sociales que habitan el área a estudiar; lo que se está analizando de manera espacial, estadística y temporal. Los resultados muestran las áreas verdes existentes en cada municipio de los que integran la zona metropolitana, los tipos de áreas verdes existentes en la zona, su tamaño, distribución espacial y tendencia de distribución.

Palabras claves: Bienestar Social, Distribución Espacial, Zona Urbana.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad hay una tendencia por estudiar los espacios abiertos y las zonas verdes en las ciudades desde diferentes perspectivas. Gradualmente se ha ido apreciando las aglomeraciones urbanas, El primer paso importante en el estudio de las áreas verdes es definir en qué consisten estos parches de vegetación. El potencial natural de cualquier área del paisaje en la práctica dependerá de un número de factores que resalten las características físicas del sitio, entre ellos tamaño y complejidad. Como definición para poder trabajar y tomar en cuenta el paisaje altamente modificado de las ciudades, definiremos como área verde urbana aquel parche de suelo descubierto que permite el desarrollo de cualquier tipo de vegetación. (Laurie 1979 en Castro, 2005)

Para el estudio y la gestión de las zonas verdes urbanas se necesita desarrollar modelos que puedan integrarse fácilmente al resto del sistema urbano. Un buen ejemplo de proyectos de estudios de zonas urbanas es el estudio de zonas verdes en escenarios urbanizados realizado en las ciudades gemelas y otras ciudades importantes del estado de Minnesota. En él se han combinado diferentes métodos de clasificación y representación cartográfica para desarrollar una tipología flexible (Bons ignore, 2003 en Castro 2005). Es importante señalar que, como herramienta metodológica en las diferentes etapas del análisis, se habla de incorporar el uso de sistemas de información geográficos (SIG) para organizar e interpretar la información.

Una manera de analizar el sistema de áreas verdes urbanas es reducirlas a modelos prácticos, ya sean empíricos o teóricos. Estos modelos deben facilitar su comparación con los otros elementos del entramado urbano, tales como infraestructuras viales, vivienda e infraestructura sanitaria. Deben también contemplar todas las fuerzas que motivan cambios en la estructura física del paisaje verde remanente, por lo que deben recopilar información

sobre políticas de desarrollo y legislaciones que afecten la gestión de las áreas verdes urbanas. Por otro lado, en los sistemas urbanos existen flujos y relaciones importantes que determinan las características de estos. Así, nuestro modelo de áreas verdes debe contemplar la relación, el uso y la percepción que las personas le otorgan a los espacios abiertos, además de todo el movimiento presupuestario que esto implica.

El modelo debe ser lo suficientemente flexible como para aceptar los cambios necesarios de realizar para mejorar su funcionamiento. Por último, el modelo debe tomar en cuenta la variable temporal y el hecho de que la gestión de las áreas verdes es un proceso continuo en cambio constante. Dos fases que se pueden deducir preliminarmente son: 1) identificación e inventario de las áreas verdes urbanas existentes, y 2), análisis de los planes ordenadores del territorio en relación con la construcción y administración de las áreas verdes. Estos modelos permiten el análisis en las escalas propuestas para la planificación urbana, e l cual debe realizarse desde una perspectiva geográfica, esto es, tomando en cuenta la variable espacial y las relaciones con otras variables que comparten el mismo espacio.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el funcionamiento de un índice desarrollado para valorar las zonas verdes en comunidades urbanas. Una vez obtenidos los resultados, se procedió a analizar la distribución y características de estas zonas verdes.

Antecedentes

La investigación sobre la calidad de vida urbana en la ciudad de Toluca se fundamenta respecto a las áreas verdes y calidad del aire se hace referencia al contexto de las perspectivas ambientales y de las técnicas aplicadas en diversos lugares, que han sido considerados como casos de éxito. Son un ejemplo de estudios con enfoques interdisciplinarios, transdisciplinarios y de sustentabilidad. Respecto al área de estudio, existen algunos trabajos referidos a las condiciones de las áreas verdes y del bienestar, por lo que se necesita cuantificar las condiciones de las áreas en términos de sus potencialidades y distribución que trae su ubicación, desarrollando ambientes de beneficio y calidad en sus habitantes. Estudios particulares de la zona se enfocan en los aspectos históricos de la zona, así como en los procesos de construcción y creación de los diversos espacios como plazas y jardines para fines representativos. De esta manera también se señalan los programas que han impactado el tipo de área verde actual, así como el cuidado y la responsabilidad que implica para alcanzar el éxito de una ciudad de calidad.

Como lo indica Flores-Xolocotzi (2012), a manera general, la relación histórica de la ecología con la gestión y planificación de áreas verdes urbanas es la confluencia de una visión actual de desarrollo sustentable. Los indicadores sociales, económicos y ambientales se determinan de manera recíproca en la gestión y planificación de áreas verdes urbanas. Además analiza y propone dos aspectos que inciden en el desarrollo sustentable en las urbes: La perspectiva de gobernanza y su relación con el desarrollo sustentable urbano en una propuesta de gestión y planificación de áreas verdes urbanas que realizan los gobiernos locales Flores-Xolocotzi (2012).

En tanto Peña (2010) en su estudio señala, que las áreas verdes, pueden desempeñar funciones como servicios ambientales y amortiguar las temperaturas durante las estaciones del año más calurosas. Existe una diversidad de funciones o multifuncionalidad de las áreas verdes del municipio de Toluca, Sin embargo hay diversos problemas en ellos, su implementación podría mejorar las condiciones ambientales y por consiguiente el bienestar de la población.

Otro estudio de Reyes Avilés (2010), menciona el trasladar los beneficios a óptimas condiciones de espacio, y para hacerlo es necesario tomar en cuenta a los árboles de una ciudad los cuales contribuyen al mejoramiento de la calidad del medio ambiente urbano. Destacando que no es igual los servicios ambientales de un bosque natural y de una ciudad porque la segunda, está en función de la cantidad de infraestructura, automóviles, y personas, por lo tanto los lugares óptimos para la generación de servicios ambientales son los espacios públicos abiertos.

Para efectos de la investigación, en curso se tomaron estos aspectos para realizar un análisis detallado del estado de vulnerabilidad, en relación con las características de áreas verdes. Es por ello que se describe el estado físico de algunos parques, jardines, camellones y avenidas relacionadas con la infraestructura de la ciudad y su distribución de la parte central de Toluca y periferia, considerando medidas que mitiguen y regulen las condiciones en las áreas verdes. Con respecto a las categorías que pueden dar cuenta del actuar de la población en los ecosistemas, es importante referir la sustentabilidad; la cual se define como la capacidad de satisfacer necesidades de la capacidad humana actual sin que esto suponga la anulación de que las generaciones futuras también puedan satisfacer las necesidades propias. En tanto que ciudad sustentable es, según Díaz Hernández (s/a), como aquella ciudad donde existe una adecuada movilidad, ahorro de energía y de recursos hídricos, disminución de la contaminación auditiva y creación de espacios públicos agradables donde haya áreas verdes con una gran funcionalidad, especialmente para la recreación.

Otro elemento trascendente para una ciudad que busca ser sustentable es la implementación de arquitectura bioclimática, que consiste en el diseño de edificios teniendo en cuenta las condiciones climáticas y del entorno, que aprovecha los recursos disponibles, como el sol, la vegetación, la lluvia, la dirección del viento para reducir el impacto ambiental de las construcciones. El objetivo es proporcionar a los habitantes de la ciudad una mejor calidad de vida; beneficiando con ello a los turistas y a quienes habitan y trabajan en esos espacios, [https:// negociosverdestec. wordpress.com /2012/08/31/ las-ciudades-sustentables-opcion-para-el-desarrollo/](https://negociosverdestec.wordpress.com/2012/08/31/las-ciudades-sustentables-opcion-para-el-desarrollo/) (fecha de consulta 9 de septiembre 2016)

En aras de disminuir su huella ecológica, mejorar la movilidad en la ciudad, reducir la contaminación, y gestionar adecuadamente las redes hidráulicas y los sitios de confinamiento de los residuos, muchas ciudades del mundo cuentan con programas de sustentabilidad. Estos programas también buscan una movilidad sustentable. De hecho, se ha entendido que las calles en la ciudad tienen más demanda y menos oferta en lo que a

circulación se refiere. Por lo tanto, la movilidad sustentable requiere de acciones como la creación de ciclovías, la peatonalización total de calles, sobre todo en los centros de las ciudades y el transporte eléctrico.

Algunos ejemplos de ciudades con planes de sustentabilidad exitosos son: Estocolmo, con el modelo de ecobarrio en Hammarby; Londres, con las viviendas en *BedZED (The Beddington Zero Energy Development)* El Desarrollo Beddington Zero Energía se concibe como una urbanización mixta de emisión neutral de carbono, consta de 82 viviendas y 2,500 m² de espacio de oficinas, ubicado en una zona antes usada en la industria en el sur de Londres.

Con la construcción del estadio olímpico con materiales reciclados; Nantes, ciudad francesa con amplia red de tranvías y autobuses que funcionan con gas natural; Oslo, con su manejo de áreas verdes, aprovechamiento del metano en los residuos para la electricidad y el sistema de vehículos eléctricos; Vancouver, con el transporte compartido y la construcción neutra en carbono. Es también ejemplar el caso de Tokio, donde el desperdicio de agua se ha reducido en 60% en sus redes de distribución. Si bien los ejemplos más representativos se encuentran en países desarrollados, hay muchas ciudades de países en vías de desarrollo que tienen avances significativos. Por ejemplo, destaca Medellín y su impulso a las ciclovías o Sao Paulo, cuyo cinturón verde a pocos kilómetros de la ciudad fue declarado Reserva de la biósfera por los servicios ambientales que provee.

Otro ejemplo de ciudad sustentable desde 1998 es la ciudad de Bogotá, que ha establecido un orden institucional, jurídico y técnico con el fin de efectuar un manejo adecuado de la cobertura arbórea urbana y garantizar de esta manera su persistencia en condiciones adecuadas que permitan su convivencia con la infraestructura urbana (Tovar, 2004).

Los Jardines de Luxemburgo son uno de los lugares más populares de la ciudad tanto para los parisinos como para los turistas, que pueden encontrar un lugar de descanso merecido después de pasear por toda la ciudad. Entre las numerosas estatuas y esculturas que se alojan en los jardines, es posible encontrar centenares de sillas de metal en las que relajarse y disfrutar de la tranquilidad.

Para México una ciudad que destaca es Guadalajara destaca entre los servicios ambientales que las áreas verdes urbanas prestan a la ciudad se tiene: La captación de agua pluvial hacia los mantos acuíferos; la generación de oxígeno; la disminución de los niveles de contaminantes en el aire; la disminución de los efectos de las llamadas “islas de calor”; el amortiguamiento de los niveles de ruido; la disminución de la erosión del suelo; además de representar sitios de refugio, protección y alimentación de fauna silvestre; entre los más importantes. La integración holística en el urbanismo de las variables ambientales, económicas y sociales, entiende que las condiciones para mejorar la calidad de vida en la ciudad se basa en los determinantes físicos del medio ambiente, y en el mejoramiento de las condiciones de vida humana; por lo que se requiere un progreso económico y un desarrollo social, Ramírez *et al*, (2004: 55).

Las áreas verdes conforman espacios públicos cuyo elemento principal es la vegetación. El avance de la urbanización en la Ciudad de México ha impactado en sus condiciones ambientales, por lo que resulta fundamental proteger, conservar e incrementar las áreas verdes urbanas, ya que desempeñan funciones esenciales para la calidad de vida de los habitantes. El arbolado mejora la calidad del aire, promueve una humedad en el ambiente más alta, induce la lluvia que se infiltra en los suelos, retiene la tierra y la estabiliza disminuyendo la erosión. La vegetación también absorbe gases tóxicos como el dióxido de carbono, causante del “Efecto Invernadero”. Asimismo, retiene partículas de polvo suspendidas en el aire, que en caso de no hacerlo agravarían los problemas respiratorios de la población. Con ello se identifica que el aumento en la concentración de los gases tipo invernadero de origen antropogénico, los bosques tienen una función importante en el ciclo global del carbono.

En la ciudad de Toluca, el cuidado, manejo y disposición de las especies arbóreas condicionan los servicios ambientales que en el contexto urbano se puede aprovechar y establecer orientaciones que permitan el uso apropiado de los árboles en ambientes urbanos. Se trata de destacar la importancia no sólo de su función como elementos propios del paisaje urbano sino, trascender en las funciones de los árboles como un servicio ambiental. Las ventajas evidentes son: Almacenamiento de agua; recarga subterránea; como barrera contra ruidos; regulación de la temperatura; elemento para la biodiversidad; generación de oxígeno; captura de carbono y; como elemento de confort en áreas para la recreación (Reyes, 2010).

Consideraciones Teóricas

Importancia de las Áreas Verdes Urbanas

Desde tiempos inmemorables las áreas naturales han sido parte fundamental de las civilizaciones humanas. De acuerdo a Sir Isaac Newton, Stillingfleet, y otros, el arte de cultivar el suelo fue inventado por los egipcios unos 2000 años a.C. Los babilonios, griegos y romanos cultivaban jardines no sólo para obtener productos alimenticios sino con el objeto de crear un espacio diseñado para el disfrute de la belleza de los mismos, (Espejel, *et al*, 2007)

Las ciudades europeas desarrollaron grandes espacios dedicados únicamente al cultivo de especies ornamentales. En América, la creación de jardines comenzó teniendo una gran influencia europea, pero como toda civilización nueva fue adquiriendo un estilo particular, especialmente porque en México las áreas verdes eran cultivadas desde las antiguas civilizaciones. Es decir, en el México antiguo todas las viviendas o zonas comunales cultivaban flores, árboles y hortalizas, después de la conquista, se crearon las áreas verdes urbanas, como plazas y parques, los cuales prevalecen hasta la fecha en nuestro país.

En la actualidad se ha visto que el esfuerzo de enverdecer lo urbano surgió con la planeación moderna de pueblos (Philippi y Bruna, 1997). Se reconocen como áreas verdes urbanas las plazas, parques, jardines públicos, arborización de calles, centros deportivos, recreativos y otros. El objetivo de las áreas verdes urbanas es proporcionar goce visual, esparcimiento y bienestar a sus habitantes (Ceballos-Ibarra, 1997).

Los requerimientos mínimos de áreas verdes para cada habitante de las ciudades los menciona la Organización Mundial de la Salud (OMS), quien recomienda que las ciudades proporcionen 9 m² de espacios verdes por habitante y aconseja el diseño de redes de áreas verdes de tal manera que todos los residentes vivan cerca de un espacio abierto (a una distancia de no más de 15 minutos a pie) (Sorensen et al., 1998). Lograr esto requiere de un plan de manejo que se incorpore al plan de desarrollo urbano de una ciudad. Para esto, el grupo que realiza este trabajo atiende la demanda de un plan de manejo de áreas verdes urbanas con un enfoque integral, el cual coordine acciones desde la selección, la plantación, el cuidado y el manejo de toda la vegetación de una ciudad, hasta acciones de educación ambiental, vigilancia, realización de eventos culturales, etc. Todo ello a fin de asegurar múltiples beneficios sociales y ambientales para los residentes urbanos (Berkowitz, Nilon & Hollweg, 2003).

En el entendido de que el manejo de las áreas verdes urbanas tiene que hacerse de manera integrada, sin dejar fuera ninguno de los ejes de la sustentabilidad: la social (demográfica, administrativa, legal y cultural), la económica (financiera y tecnológica) y la ecológica (biótica y abiótica). Nuestra definición de manejo de ecosistemas² se aplicó como guía para el manejo de las 'áreas verdes de la ciudad de Ensenada: "Es un proceso interdisciplinario, dinámico y participativo que busca diferentes intensidades de uso de los recursos naturales para obtener un beneficio perdurable".

Asimismo, se entiende que los objetivos de una red de áreas verdes urbanas se logra en el largo plazo, por lo que es importante contemplar esquemas de planeación dinámicos con cumplimiento de metas en periodos municipales, con éxitos parciales, pero que en conjunto y paulatinamente, construyen el objetivo final: una excelente red de áreas verdes con la cual se colabora a la construcción de un municipio sustentable.

Los parques urbanos, así como otras áreas con vegetación en las ciudades de países como el nuestro, han sido considerados tradicionalmente un lujo y no ponderan los múltiples beneficios que otorgan a los ciudadanos más allá de la proporción de espacios para la recreación y el embellecimiento de una ciudad. Es interesante observar la manera en que ha decrecido el tamaño de las áreas verdes al comparar las de colonias construidas en siglos pasados con los espacios destinados como áreas verdes en los nuevos fraccionamientos urbanos. Por otro lado, el parque tradicional en las zonas áridas, es un lujo ciertamente, por el mantenimiento que requieren y el alto consumo de agua de los árboles, arbustos y flores cuyo origen es de zonas tropicales y templadas. Asimismo, el concepto de parque en ciudades costeras implica la introducción de palmas, las grandes consumidoras de agua por excelencia (su hábitat natural son los oasis), razón que encarece enormemente su

mantenimiento. Por lo tanto, es necesario replantear el paradigma de área verde urbana para la gran cantidad de ciudades de zonas áridas y costeras del país, en donde se puedan proporcionar los beneficios que estas ofrecen pero sin el gran costo asociado.

Beneficios socio ambientales de las Áreas Verdes Urbanas

Las áreas verdes urbanas mejoran el aire, el agua y los recursos del suelo al absorber contaminantes del aire, incrementar las áreas de captación y almacenamiento de agua, y estabilizar los suelos. También actúan como amortiguadores de la temperatura (dan sombra en el verano y detienen el viento en invierno), son reductores de la contaminación por ruido y los niveles de CO², y proveedores de hábitat para la fauna silvestre (Sorensen et al., 1998). Algunos de los datos sobre estos beneficios son: Los árboles eliminan 5.575 toneladas de contaminantes atmosféricos por año equivalentes a un servicio de limpieza de 9 millones de dólares (Peña, 1990; Fernández-Murciano, 2006; Nowak et al, 1996; Sorensen et al., 1998). En estas áreas la temperatura puede disminuir entre 0.6 y 5°C en comparación con el resto de la ciudad (Fernández-Murciano, sin año; Kuchelmeister, 1991; Sorensen et al., 1998).

Un cinturón de 30 m de árboles altos, combinados con superficies suaves, puede reducir los niveles de ruido en un 50% (Fernández Murciano, sin año). En un área residencial con una cobertura arbórea moderada, la velocidad del viento puede disminuirse hasta en un 60% en comparación con áreas abiertas (Heisler, 1990; Sorensen et al. , 1998). Un árbol de tamaño mediano puede transpirar hasta 450 litros de agua por día al consumir 1000 Mega Julios de energía calorífica en el proceso de evaporación (Fernández-Murciano, sin año). Incrementar el arbolado de una ciudad en un 10% reduciría el uso de energía para calefacción y refrigeración entre un 5 y 10% (McPherson et al., 1994; Sorensen et al., 1998).

METODOLOGÍA

Para la identificación y clasificación de las zonas verdes se empleó una imagen digital tomada por el satélite Sentinel, escala del año 2017. fue geo-referenciada utilizando las Proyecciones Lambert Norte y digitalizadas como polígonos y analizadas mediante el paquete de SIG ArcGis 10.2. Los criterios para determinar dónde se ubicaba cada uno de los elementos fueron los siguientes:

En la vegetación se consideró como un polígono diferente; igualmente se procedió con la división provocada por otras infraestructuras como calles, banquetas, edificios y elementos naturales como cerros. El tamaño no se utilizó como característica para descartar; más bien se intentó incluir hasta la unidad mapeable más pequeña. La única variación importante, se presentó con los ríos, donde se les creó un polígono a manera de amortiguador de 10 m,

tomando en cuenta el área protegida por ley. Una vez creado el polígono, se recortó en aquellas situaciones en las que existía conflicto con infraestructura como viviendas y carreteras.

También se digitalizaron otros elementos como ríos, calles y edificios, con el propósito de realizar análisis geográficos más detallados. Las relaciones de los diferentes elementos se basaron en el modelo conceptual para las áreas verdes. Una vez creada la capa de información con los polígonos de zonas verdes, se procedió a realizar muestreos de campo para obtener información de las características de los parques y jardines, condiciones generales del suelo y estado de la sanidad.

Es importante señalar que el presente trabajo es una primera aproximación para la utilización de este índice con este propósito y que la metodología debe desarrollarse aún más, por ejemplo, para incluir el componente de la población beneficiada y el rol que las áreas verdes puedan jugar para mitigar el impacto ambiental de estructuras como carreteras, entre otras. Así como las condiciones climáticas y finalmente el bienestar socioeconómico de la zona de estudio.

La clasificación de Ortiz (2014) aplicada y adaptada a este estudio, incluye seis tipos de áreas verdes, debido a la escala de este estudio, no se consideran los parques de bolsillo ni las plazuelas, y se adapta agregando la clasificación de áreas naturales protegidos, debido a las condiciones del área, al enfoque y la escala de estudio

1. Parque Lineal o Camellón. El término parque lineal está asociado a la palabra greenway (Green: cinturón verde, parkway: avenida). Se define como un largo y estrecho pedazo de tierra, donde se fomenta la vegetación, recreación y el disfrute de los peatones.
2. Parque Urbano. Un parque urbano consiste en un espacio dentro de la ciudad que sirve como lugar de esparcimiento.
3. Unidad Deportiva. Se refiere a aquellos espacios destinados a la recreación y que además cuentan con infraestructura para hacer deporte.
4. Área Verde Privada. También dentro de los tipos de parque se encuentra el área verde. Este es un espacio de variadas dimensiones que principalmente contiene vegetación como césped, árboles y jardines.
5. Área Natural Protegida. Áreas con decreto de protección.

Ortiz agrega a esta clasificación las plazuelas y parques de bolsillo, que en este estudio no han sido consideradas por razones de enfoque y escala

6. Plazuela. Es una plaza pequeña en donde una estructura generalmente antigua, se localiza en el centro del espacio.

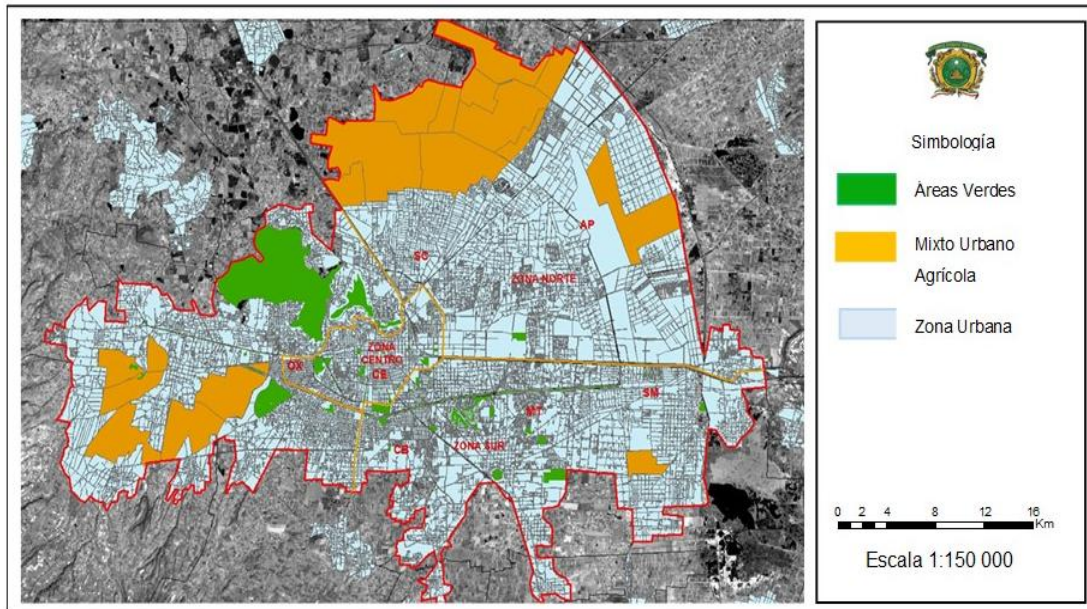
7. Parque de Bolsillo. Hace referencia a las áreas libres y pequeñas entre edificios o construcciones. El parque de bolsillo tiene una modalidad tipo vecinal son diseñados en lotes baldíos o espacios abandonados.

También fueron Clasificadas las áreas verdes de acuerdo al nivel administrativo: estatal, municipal y privada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los usos del suelo en la Zona Metropolitana de la Ciudad de Toluca

El IIIGCEM (2017, entrevista oral) no considera criterios específicos para delimitar las zonas metropolitanas. Por su parte el INEGI (2017) resalta cartográficamente con un tono azul toda el área que considera urbana, es sobre esta línea que se delimitó el área de estudio (ZMCT). En la parte norte y suroeste de la zona, los procesos de urbanización son tan dinámicos que se optó por incluir tres grandes áreas dentro de la ZMCT, debido a que en estas áreas se intercalan de manera muy compleja las zonas ya urbanizadas con las que se encuentran en proceso de urbanización. Por otra parte, el Parque Sierra Morelos fue incluido dentro de la ZMCT debido a que prácticamente toda su periferia muestra a la fecha asentamientos humanos.



Mapa 1. La Zona Metropolitana de la Ciudad de Toluca: principales usos del suelo. Fuente: Sentinel 2 (resolución a 10m.) 11 de mayo de 2017.

Entre los usos del suelo identificados, cuantificados y ubicados espacialmente, destacan los siguientes:

Área Urbana

Es el área habitada o urbanizada, es decir, la ciudad misma más el área contigua edificada, con usos de suelo de naturaleza no agrícola y que, partiendo de un núcleo central, presenta continuidad física en todas direcciones hasta el ser interrumpida, en forma notoria, por terreno de uso no urbano como bosques, sembradíos o cuerpos de agua. (http://www.hic-al.org/glosario_definicion.cfm?id_entrada=1)

Área Mixta Urbano-Agrícola

Es el caso del espacio rural y urbano que, si bien se diferencian por distintas variables, cada vez se nos va dificultando más identificar las fronteras por la gran interdependencia entre ambas y la expansión de la urbanización sobre los espacios rurales. El espacio rural engloba con mismo el derecho a los bosques y a los terrenos agrícolas y sirve también de residencia para la población que se dedica a la explotar el campo, que solo es una fracción, ya que cada vez con el avance de la urbanización, esta va disminuyendo. Con esto nos encontramos con que cada vez es más difícil definir una sin la otra. Partiendo por lo

económico, hasta las grandes migraciones campo- ciudad que se ha registrado a través de la historia.

Históricamente, podemos encontrar que el nacimiento de las ciudades ocurrió por la necesidad de agrupar en un solo lugar las actividades que se crearon a partir de los excedentes del campo, pero que no estaban ligadas, ya directamente a su producción, como sería el caso de las actividades secundarias y terciarias. Por esto podemos afirmar que la ciudad siempre se ha ido extendiendo y creando dentro del espacio rural, por ser este anterior al desarrollo de la ciudad (<https://geografiayespacio.wikispaces.com/Espacio+rural+y+espacio+Urbano>)

La agricultura urbana y periurbana (AUP) puede ser definida como el cultivo de plantas y la cría de animales en el interior y en los alrededores de las ciudades. La agricultura urbana y periurbana proporciona productos alimentarios de distintos tipos de cultivos (granos, raíces, hortalizas, hongos, frutas), animales (aves, conejos, cabras, ovejas, ganado vacuno, cerdos, cobayas, pescado, etc.) así como productos no alimentarios (plantas aromáticas y medicinales, plantas ornamentales, productos de los árboles), (<http://www.fao.org/urban-agriculture/es>).

Análisis espacial y estadístico de las áreas Verdes en la ZMCT

El cuadro 1 muestra una mayor proporción de parques urbanos de municipales, seguido de parques lineales municipales, tomando en cuenta que la menor proporción la presentan los parques urbanos estatales así como los lineales y de carácter privado.

Cuadro 1. Número de áreas verdes por categoría en la ZMCT

Categoría del área verde	Número
Parque urbano municipal	60
Parque lineal municipal	11
Parque urbano estatal	6
Parque lineal estatal	3
Área verde privada	3
Unidad Deportiva	4

Fuente: Elaboración propia, 2018

En el cuadro 2 la superficie del parque municipal cubre un amplia superficie territorial de los diversos parques y jardines concentrados principalmente en el centro de la zona metropolitana de la ciudad de Toluca, mientras que los parques lineales presentan una ligera proporción territorial de áreas verdes en los camellones con una ligera diversidad vegetal, sin embargo son contadas las avenidas de estas características, la siguiente barra de parque estatal se observa ligeramente proporcionada a una superficie amplia de parques de mayor proporción en la zona urbana, mientras de carácter privado son ligeramente evidentes de acuerdo las características exactas con las que se observa estos espacios en su análisis.

Cuadro 2. Superficie de áreas verdes por categoría en la ZMCT (m²)

Categoría del Área Verde	Superficie (m²)
Parque municipal	2,318,375
Parque lineal	2,163,332
Parque estatal	1,328,182
Parque privado	594,129
Unidad Deportiva	146,117

Fuente: Elaboración propia, 2018

La mayor proporción de superficie entre 500 y 1400 m² se observa en los parques urbanos dependiendo en la proporción a una manzana o conjunto de estas, ya que son espacios relativamente pequeños, pero que en su condición de parque proporcionan las condiciones de un parque urbano, así como un número determinado de plantas o jardines entre otros aspectos en el bienestar social (Cuadro 3).

La mayor proporción de parques y jardines, así como el de parques lineales se observa en la zona central de la ZMCT, por el tipo de espacios públicos que se consideran dentro del municipio de Toluca, seguido del municipio de Metepec en el que concentra menor proporción de parques o jardines de carácter público particularmente en espacios para recreación o deporte, subsecuentemente los municipios de Zinacantepec y San Mateo Atenco, no hay una cantidad notable de parques o espacios verdes, pues su proporción no se denota en parques o jardines para un bienestar social (Cuadro 4)

Cuadro 3. Número de áreas verdes en la ZMCT, agrupadas por su tamaño (m²)

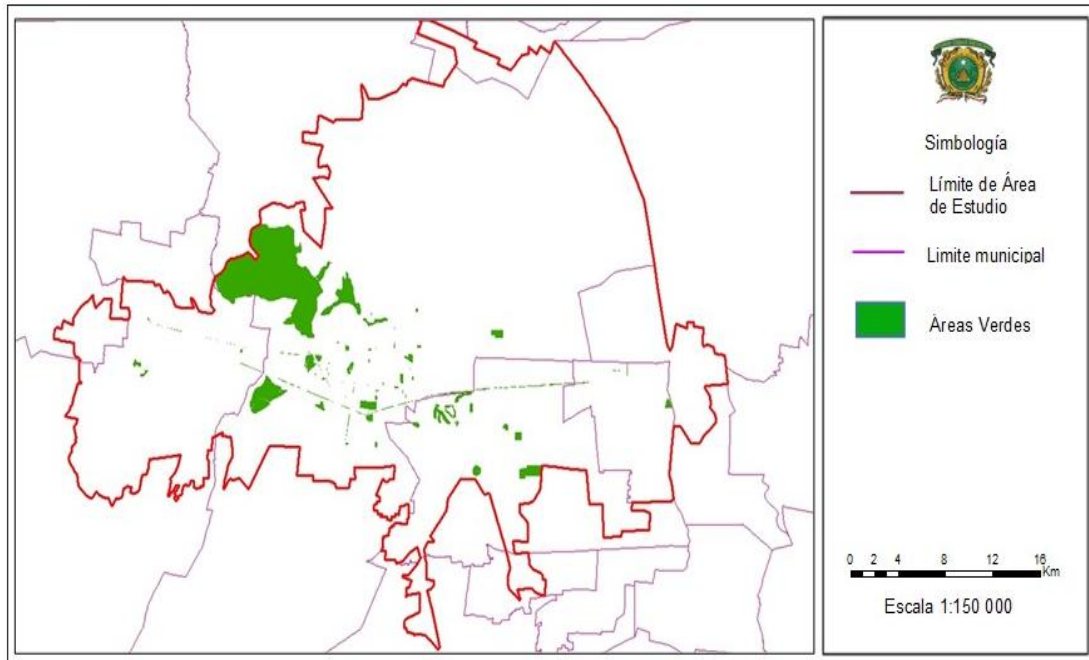
Superficie m²	Cantidad de espacios verdes
500-1400	16
1401-2300	14
4000-8000	12
8001-20000	9
20001-33000	6
33001-44000	6
44001-74000	6
74001-87000	5
87001-157000	4
157001-170000	3
170001-400000	3
400001-800000	2
800001-1300000	1

Fuente: Elaboración propia, 2018

Cuadro 4. Número de áreas verdes por municipio en la ZMCT.

Municipio	No. de Áreas Verdes
Toluca	72
Metepec	9
Zinacantepec	3
San Mateo Atenco	3

Fuente: Elaboración propia, 2017



Mapa 2. Las Áreas Verdes en la Zona Metropolitana de la Ciudad de Toluca. Fuente: Elaboración propia, INEGI, IIIGCEM, 2017.

El número de parques individuales de menor superficie conforma un espacio mayor de área verde ya que se nota que en la ciudad de Toluca esta la mayor proporción de parques y jardines principalmente públicos, seguido de Metepec, al igual que Zinacantepec y San Mateo Atenco que concentran una menor proporción de espacios verdes (Cuadro 5).

Cuadro 5. Superficie de área verde por municipio

Municipio	Superficie m²
Toluca	4,870,693
Metepec	1,702,668
Zinacantepec	109,885
San Mateo Atenco	93,464

Fuente: Elaboración propia, 2018

La prevalencia de espacios verdes de acuerdo su administración municipal como el de Toluca se encarga de su mantenimiento y manejo, así como de su conservación, que desde hace décadas han existido estos espacios públicos, para recreación esparcimiento de los habitantes del municipio, por su carácter histórico y cultural, pero particularmente por los servicios ambientales que estos ofrecen (Cuadro 6).

Cuadro 6. Número de áreas verdes por tipo de administración en la ZMCT

Categoría del área verde	No. de Áreas verdes
Parque Urbano Municipal	72
Parque Urbano Estatal	6
Parque Urbano Privado	1

Fuente: Elaboración propia, 2018

Aquí se denota que la mayor concentración de área verde se ubica en la zona norte de la ZMCT por la mayor proporción de superficie que esta al norte de la ciudad que es el parque sierra Morelos, conjuntamente con algunos terrenos de cultivo de temporada lo que incrementa el área verde, además de los parques y jardines que hay delimitándose espacialmente, o que considera en su delimitación la secretaria del Medio Ambiente (Cuadro 6).

Sobresale el mayor proporción los parques lineales de carácter estatal debido a la extensión de carreteras estatales como lo son la avenidas y tránsito vial principales, como puede ser el paseo Tollocan, entre los camellones de la avenida Las Torres esta última de menor proporción en cuanto a áreas verdes, pues el número de árboles no se notan debido al riesgo de las cargas electromagnéticas que hay sobre esta vía (Cuadro 7).

Cuadro 7. Superficie de parque lineal por tipo de administración

Categoría del Área Verde	Superficie m²
Parque Lineal Estatal	1,964,363
Parque Lineal Municipal	210,942

Fuente: Elaboración propia, 2017

Como en los casos anteriores la mayor superficie que representa este espacio son de carácter municipal, por lo interurbano que existe de los parques en la ZMCT, distribuidos en los municipios de Toluca el cual concentra la mayor parte de estos parques, seguido de Toluca, así como Zinacantepec y San Mateo Atenco, de acuerdo a su administración en el manejo para el bienestar de un número determinado de la población de estos municipios (Cuadro 8).

Cuadro 8. Superficie de parque urbano por tipo de administración

Categoría del área Verde	Superficie m²
Parque Urbano Municipal	2,261,231
Parque Urbano Estatal	1,328,182

Fuente: Elaboración propia, 2017

Para el análisis del porcentaje de la superficie de áreas verdes de algunos municipios de la ZMCT se tiene la siguiente información, Toluca destaca como el municipio que cuenta con la mayor proporción de áreas verdes, en referencia a parques municipales y estatales, camellones, entre otros, seguido del municipio de Metepec, con una superficie relativamente amplia de estos espacios, mientras que Zinacantepec por ser un municipio en transición de semiagrícola a urbano conserva muy pocos espacios de áreas verdes en su porcentaje, y San Mateo Atenco, dentro de este ámbito, se nota que su porcentaje de superficie es relativamente bajo, dado que su territorio está en constante expansión urbana, pero no así en proporción al número de áreas verdes que se debieran considerar idóneas para la superficie requerida de área verde por habitante que se establece como norma, aunque por el momento se representa de manera porcentual (Cuadro 9).

Cuadro 9. Porcentaje de superficie de área verde por municipio de la Zona Metropolitana de la Ciudad de Toluca

Municipio	Superficie cubierta con áreas verdes en el municipio	Superficie total del municipio (m²)	Superficie del municipio dentro del área de	Porcentaje de la superficie dentro del área de	Porcentaje de la superficie municipal cubierta
------------------	---	---	--	---	---

	(m ²)		estudio	estudio (%)	con áreas verdes (%)
Toluca	4,870,693	420,100,000	179.6	42.7	1.14
Metepec	1,702,668	70,500,000	45.9	65.1	2.41
Zinacantepec	109,885	308,700,000	50.8	16.4	3.23
San Mateo Atenco	93,464	12,600,000	12.6	100	7.14

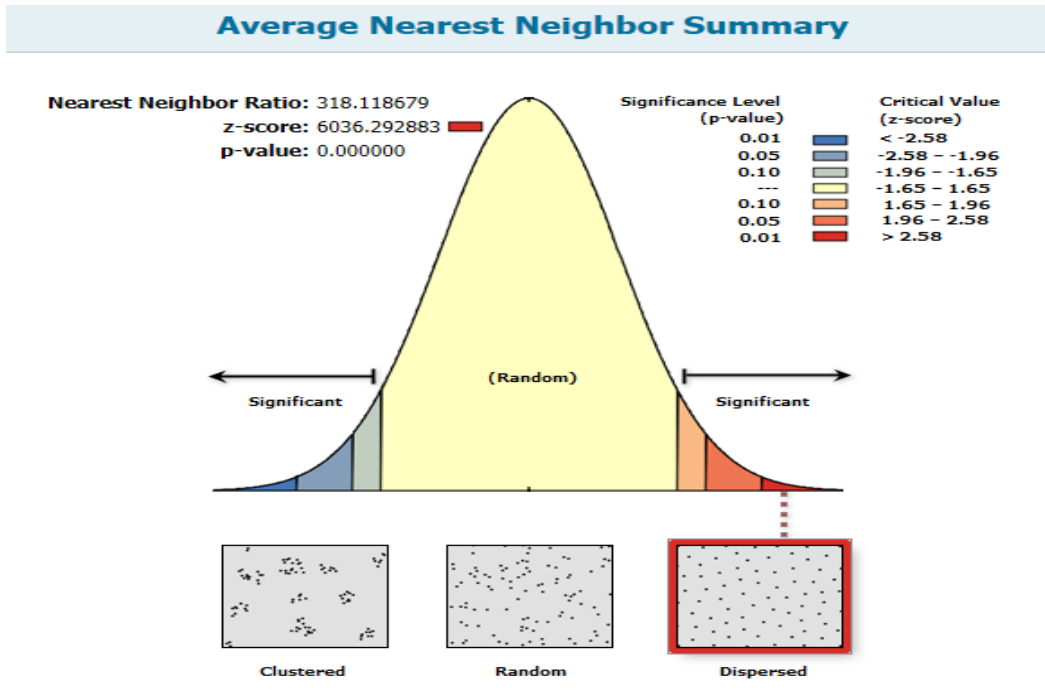
Fuente: elaboración propia, 2018.

Por otra parte la función aplicada en el SIG ArcGIS indica que la herramienta Promedio de vecinos más cercanos mide la distancia entre cada centroide de entidad y la ubicación del centroide de su vecino más cercano. A continuación calcula el promedio de todas las distancias de vecinos más próximos. Si la distancia promedio es menor que el promedio de una distribución hipotética aleatoria, se considera que la distribución de las entidades que se analiza es agrupada. Si la distancia promedio es mayor que la distribución hipotética aleatoria, se considera que las entidades están dispersas. La relación de vecino más cercano promedio se calcula como la distancia promedio observada dividida por la distancia promedio esperada (con la distancia promedio esperada basada en una distribución hipotética aleatoria con el mismo número de entidades que cubren la misma área total).

Por lo tanto el promedio de vecinos más cercanos del centro de la Zona Metropolitana de la Ciudad de Toluca es de un valor de Z 6036.29, lo que significa que la distancia y distribución en los parques, jardines y camellones son dispersos (Gráfica 1).

Lo que demuestra el programa que si el índice (relación de vecino más cercano promedio) es menor que 1, el patrón exhibe un clustering. Si el índice es mayor que 1, la tendencia es la dispersión.

La representación de los valores se muestra en el cuadro 10 de acuerdo a la gráfica 1 de vecinos más cercanos.



Given the z-score of 6036.29288272, there is a less than 1% likelihood that this dispersed pattern could be the result of random chance.

Gráfica 1. Promedio de vecinos más cercanos de la Zona Metropolitana de la Ciudad de Toluca.

Cuadro 10. Valores de distancias de los vecinos más cercanos del área verde de la Zona Metropolitana de la Ciudad de Toluca

Average Nearest Neighbor Summary	
Observed Mean Distance:	505.5238 Meters
Expected Mean Distance:	1.5891 Meters
Nearest Neighbor Ratio:	318.118679
z-score:	6036.292883
p-value:	0.000000
Dataset Information	
Input Feature Class:	centroide
Distance Method:	EUCLIDEAN
Study Area:	1000.000000
Selection Set:	False

Fuente: elaboración propia en el Sig Arcgis, abril 2018.

Discusión

Para considerar otra perspectiva, la relativa comparación que se hace con la zona de estudio y respecto a ciudades en el mundo mediante una publicación realizada por ICES (Iniciativa de Ciudades Emergentes y Sostenibles) aplico un relevamiento bibliográfico rápido sobre “mínimos recomendados” y no se encontramos estudios conclusivos o que realicen un análisis extensivo y detallado al respecto. La nota menciona que es común que las numerosas publicaciones que hacen referencia al tema tanto en la web como en papel se copien y multipliquen. Por ejemplo, uno de los datos más citados en la web es el mítico mínimo de 9m² de espacios verdes públicos por habitante, habría recomendado la Organización Mundial de la Salud (OMS) a principios de los 90's.

En algunos casos se habla de 10m² y en otros 12m² siempre citando la misma institución. Sin embargo, nos ha sido imposible encontrar el documento fuente, inclusive revisando los documentos incluidos en los archivos del sitio web de la OMS. Quizás exista un documento que en algún momento haya sugerido este valor, pero la fuente en si no es lo que más nos interesa sino conocer cuál fue el criterio para determinarlo.

Analizando estudios realizados en Europa para referencia, en ciudades con valores de densidad poblacional comparables a los de América latina, encontramos uno realizado sobre 386 ciudades (Fuller & Gaston 2009) que posee un rango de entre 4 m² por habitante en Cádiz (España) o Reggio Calabria (Italia) hasta 300m² en Lieja (Bélgica). Este estudio es conclusivo en un aspecto: los países del sur y del este de Europa (España, Italia, Portugal, Grecia, Polonia, República Checa, Bulgaria, etc.) parecerían estar más cercanos a un promedio en torno a los 10-15 m² por habitante, mientras que los del norte (Escandinavia, Alemania, Holanda, Bélgica, etc.) estarán por encima de los 50m² por habitante. Otro estudio (Levent, Vreeker & Nijkamp, 2004) realizado en 25 ciudades, se mueve en un rango de entre 2.6 m² por habitante en Estambul (Turquía) y 11. 8 m² por habitante en Sarajevo (Bosnia y Herzegovina) hasta 144 m² por habitante en Edimburgo (Escocia), con un promedio cercano a los 49m² por habitante. ¿Esto nos sugeriría que un valor razonable estaría más cerca de los 50m² por habitante? Tampoco, pero al menos es una referencia basada en una tendencia de países con diferentes niveles de desarrollo. <https://blogs.iadb.org/ciudadessostenibles/2012/06/28/1a-ciudades-latinoamericanas-poseen-suficiente-espacio-verde-publico-que-es-suficiente-existe-un-minimo/>

En este contexto, donde se encuentran las ciudades de Latinoamérica, en manera de pregunta, se estima que un primer relevamiento para las ciudades que participan de la ICES (la fuente de información son los municipios mismos) y adicionamos otras ciudades de la región y lo reflejamos en la tabla adjunta (podemos proveer la fuente de datos). Como se ve ya sea en relación al supuesto estándar recomendado por OMS o a la media Europea, las

ciudades de nuestra región se encuentran bien por debajo, siendo Curitiba la excepción que alcanzaría valores similares a los de los países del norte de Europa.

La ciudad de la región que obtuvo el primer lugar fue Curitiba (Brasil). Las medidas que hicieron esto posible fue que en 1974 se convirtió en la primera ciudad en implementar los Buses de Tránsito Rápido (BRT) y por tener una de las mayores calles peatonales de Brasil, medidas de movilidad que ayudan a mejorar la calidad del aire y desincentivar el uso del auto. Asimismo, es una de las primeras ciudades de la región en medir la tasa de absorción de CO² que realizan los espacios verdes que tiene y en 1989 lanzó un plan de reciclaje que retira tres veces por semana desde las casas los que clasifican los ciudadanos.

De acuerdo a las mediciones, el predominio de las ciudades brasileras es justificado por sus políticas ambientales. Es así como São Paulo destaca por tener uno de los mejores planes de las ciudades latinas para frenar el cambio climático. Por su parte, Belo Horizonte destaca por sus edificios ecológicos y por los planes para mejorar la calidad del agua y del aire. En tanto, Río de Janeiro es distinguida por sus medidas de energía limpia, de acuerdo a la fuente citada; [http://www.plataformaurbana.cl /archive /2014/06/23/ranking-2014-las-ciudades-mas-verdes-del-mundo-segun-la-uie/](http://www.plataformaurbana.cl/archive/2014/06/23/ranking-2014-las-ciudades-mas-verdes-del-mundo-segun-la-uie/)

CONCLUSIONES

Los beneficios globales a la sociedad son significativos. Los árboles y en general, la vegetación de un parque y aún de un camellón arbolado, prestan un servicio para mantener la salud mental y física de la población urbana. Proveen sitios para el uso del tiempo libre, otorgan oportunidades educativas en temas ambientales y culturales, proveen de oportunidades para la convivencia social. Además de que logran el mejoramiento estético de un ambiente, que de otra manera estaría dominado por asfalto y concreto (Sorensen et al., 1998). En los parques coinciden todos los grupos de edad y culturales de una ciudad. Son sitios idóneos para el desarrollo motriz de los niños, para que los adolescentes desplieguen el romanticismo de la juventud, para que los adultos practiquen deportes y descansen, para que los viejos gocen del sol y el aire y para que todos compartan sus recuerdos en convivencia familiar y entre amigos. En los nuevos fraccionamientos de departamentos y casas pequeñas sin jardín propio, el área verde cobra primordial importancia.

BIBLIOGRAFÍA

Aubréville, A.M. *Conferencias Sobre Ecología Forestal Tropical, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas*, Biblioteca Conmemorativa Orton, Turrialba, Costa Rica, 1965.

Bocco Gerardo, Urquijo S. Pedro *Geografía ambiental, reflexiones teóricas y práctica institucional*, el Colegio de Sonora, Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal, 2013.

Cárdenas Támara Felipe, *Desarrollo sostenible en los Andes de Colombia: Provincias del Norte*, Fundación Cultural Joveriana de Artes Gráficas, Bogotá, Colombia, 2000.

Carmona Lara María del Carmen, *Derechos en Relación con el Medio Ambiente, Instituto de Investigaciones Jurídicas*, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F., 2000.

Campos Gómez Irene, *Saneamiento Ambiental*, Universidad Estatal a Distancia, San José de Costa Rica, 2000.

Castro Tanzini Sebastián, 2005 Evaluación de un Índice Para Valorar las Áreas Verdes Urbanas su Aplicación y Análisis en la Localidad de Barrio Dent y Altos del Escalante con una perspectiva geográfica, Universidad de Costa Rica.

Bureau Veritas Formación, *Manual para la Formación en Medio Ambiente*, Lex Nova, Valladolid España, 2008.

Espejel Ileana, Aguilar Yoal, Blanco Alejandra, 2007 Cabrera Benardino, Camacho Gabriel, Castillo Pedro, Espinoza Jatzire, *Alternativas de Manejo Para las Áreas Verdes de la Ciudad de Ensenada*, Baja California México, Universidad Autónoma de Baja California.

Flores-Xolocotzi Ramiro, *Incorporando desarrollo sustentable y gobernanza a la gestión y planificación de áreas verdes urbanas*, Colegio de la Frontera Norte, vol., 24, Núm. 48, El Colegio de Tlaxcala A.C, 2012.

García Rolando, *Sistemas Complejos*, Gedisa, Barcelona España, 2006.

Guttman Sterimberg Edith, Zorro Sánchez Carlos, Cuervo de Forero Adriana, Ramírez J. Juan Carlos, *Diseño de un sistema de Indicadores socio ambientales para el distrito capital de Bogotá*, CEPAL, Naciones Unidas, Santiago de Chile, 2004.

Montes Ponce de León Julio, *Medio Ambiente y Desarrollo Sostenido*, Universidad Pontificia Comillas, España, 2001.

Orozco Barrenetxea Carmen, Pérez Serrano Antonio, González Delgado Ma. Nieves, Rodríguez Vidal Francisco J., Alfayate Blanco José Marcos, Contaminación Ambiental una perspectiva desde la química, Cimapresa, Madrid España, 2011.

Peña Martínez Juana Noemí, tesis: *Multifuncionalidad de las áreas verdes en el municipio de Toluca*, Universidad Autónoma del estado de México, Toluca Estado de México, 2010.

Ortiz Agudelo Paola Andrea, *Los parques lineales como estrategia de recuperación ambiental y mejoramiento urbanístico de las quebradas en la ciudad de Medellín: estudio de caso parque lineal La Presidenta y parque lineal La Ana Díaz*, Universidad Nacional de Colombia, Medellín Colombia, 2014.

Ramírez Treviño, Alfredo; Sánchez Núñez, Juan Manuel; García Camacho, Alejandro, *El Desarrollo Sustentable: Interpretación y Análisis*, Revista del Centro de Investigación. Universidad La Salle, vol. 6, núm. 21, julio-diciembre, 2004, Universidad La Salle, Distrito Federal, México.

Restrepo José M. Diego Ivan Angel, S. Martín Prager M., *Agroecología*, 2000, Universidad Autónoma de Colombia y fundación para la investigación y el Desarrollo Agrícola (FIDAR), Santo Domingo Republica Dominicana.

Restrepo Luis Carlos, *Ecología Humana, una estrategia de intervención cultural*, San Pablo, Bogotá Colombia, 2002.

Reyes Avilés, *Los Servicios Ambientales de la Arborización Urbana: Restos y Aportes Para la Sustentabilidad de la Ciudad de Toluca*, tesis licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de México, 2010.

Ros Orta Serafín, *la empresa de jardinería y paisajismo, mantenimiento y conservación de los espacios verdes*, Mundi-Prensa, Barcelona España, 2006.

Sánchez y Gándara Arturo, *Conceptos Básicos de Gestión Ambiental y Desarrollo Sustentable*, Secretaria del Medio ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Instituto Nacional de Ecología, México, D.F. 2011.

Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Instituto Nacional de Ecología, D.F. México, 2003.

Sorensen Mark, Barzetti, Keipi Kari, Williams Jhon, *Manejo de las Áreas verdes urbanas*, documento de buenas prácticas, Washington, D.C., 1998.

Suárez Alonso Suhail, Robles Quiroz Edgar Fredy, *Dasonomía Urbana del Municipio de Oaxaca de Juárez*, Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca, Observatorio de la Economía Latinoamericana, Oaxaca, 2008.

Tovar Corzo, Germán (Compilador). *Arborización en el D.C. Libro electrónico*, www.dama.gov.co, Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente, DAMA, 2004.

Bando Municipal del H. Ayuntamiento de Toluca 2013-2015

<https://negociosverdestec.wordpress.com/2012/08/31/las-ciudades-sustentables-opcion-para-el-desarrollo/> (fecha de consulta 9 de septiembre 2016)