

COMPARACIÓN DE LA RIQUEZA Y ABUNDANCIA ARBÓREA ENTRE ZONA URBANA Y RURAL EN VALLES CENTRALES DE OAXACA¹

[COMPARISON OF TREE ABUNDANCE AND RICHNESS BETWEEN URBAN AND RURAL LANDSCAPE IN CENTRAL VALLEYS OF OAXACA]

Citlali Paola Martínez López^{1§}, Ernesto Hernández Santiago², Matthias Rös³

¹Tesista de Licenciatura en Biología. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO). Ex-Hda. de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca. C. P. 71230. ²Profesor. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO). Nazareno, Xoxocotlán, Oax. C. P. 71230. ³Profesor-Investigador. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca (CIIDIR-IPN-Unidad Oaxaca). Xoxocotlán, Oax. C. P. 71230. [§]Autor para correspondencia: (cimau28@gmail.com).

RESUMEN

El arbolado urbano y rural, aporta a través de sus procesos fisiológicos múltiples valores ecológicos que forman un papel primordial en la calidad ambiental. El objetivo fue comparar la riqueza y abundancia arbórea de dos paisajes presentes en la región de los Valles Centrales de Oaxaca, México. Se establecieron tres ventanas de 1 km² en cada paisaje. Se registraron 110 especies distribuidas en 43 familias, de las cuales 99 pertenecieron al paisaje urbano y 43 al rural, con 29 especies en común. Se clasificaron como especies nativas 43 (43.43%) y 56 introducidas (56.56%) para la zona urbana. Mientras que, para la zona rural, lo fueron 28 especies nativas (70%) y 12 introducidas (30%). De un total de 4537 árboles registrados en el paisaje urbano, 3379 individuos pertenecieron a especies introducidas ante 989 individuos nativos, mientras que esta relación en el paisaje rural, de un total de 2812 árboles fue 124 ante 2680 individuos. Las especies más abundantes fueron *Ficus benjamina* en el paisaje urbano y *Pithecellobium dulce* en el paisaje rural. La especie *Roystonea regia*, presente en el paisaje urbano, está registrada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo Protección especial.

Palabras clave: Diversidad, paisajes modificados, vegetación.

ABSTRACT

Urban and rural trees provide, through their physiological processes, multiple ecological values that form a key role in the environmental quality. The objective was compare the richness and abundance of trees in two landscapes present in the region of the Central Valleys of the state of Oaxaca. Three windows of 1 km² were established in each landscape. The species were classified as natives or introduced. As a result, 110 species were recorded, belonging to 43 families. Of these, 99 species were registered in the urban landscape and 43 in the rural one, with 29 common species. They were classified as native species 43 (43.43%) and 56 introduced (56.56%) for the urban area. While, for the rural area, it was 28 native species (70%) and 12 introduced (30%). Of a total of 4537 individuals in the urban area, 3379 belonged to species classified as introduced and 989 trees

¹ Recibido: 20 de octubre de 2017.
Aceptado: 11 de diciembre de 2017.

as natives. In the rural landscape, of 2812 individuals, 2680 belonged to native and 124 to introduced species. *Ficus benjamina* was the most abundant specie in the urban landscape and *Pithecellobium dulce* in the rural landscape. The Royal Palm *Roystonea regia*, registered in the urban landscape, is listed in the NOM-059-SEMARNAT-2010 under special protection.

Index words: Diversity, modified landscapes, vegetation.

INTRODUCCIÓN

A medida que la expansión de centros urbanos aumenta hacia áreas rurales, es notable una influencia en el manejo de los recursos naturales presentes. Estas acciones fragmentan paisajes relativamente conservados en las zonas periféricas o de transición al suelo rural formando parches remanentes de zonas de construcción e islas de vegetación original. En ellas se incrementa el deterioro ambiental al involucrar impactos como el remplazo de especies nativas por especies no nativas en un porcentaje considerable (McKinney, 2002; Sierra, 2012). En el caso del arbolado urbano y rural, se hace necesaria una planeación adecuada que solo es posible a través del estudio y conocimiento de su condición actual, abundancia y composición debido a la significativa relación directa e indirecta que tiene con la población residente.

En México y en el mundo, la conservación de árboles urbanos y rurales consiste en una herramienta importante para la mitigación del calentamiento global ya que su importancia va más allá de la ornamental estética teniendo funciones ecológicas y sociales (Krause y Koomey, 1989; De Andrade, 2012). Proporcionan algún tipo de producto utilizable para alimentación humana (Sorensen *et al.*, 1998), brindan espacios para actividades físicas sanas disminuyendo la presión (estrés) y mejoran la salud física y mental de los residentes (Kuchelmeister, 2000). Contribuyen a la mejora de la calidad del aire absorbiendo contaminantes gaseosos como CO₂, SO₂, NO₂, O₃ y disolviendo contaminantes hidrosolubles o interceptando partículas en la superficie húmeda de hojas (Santiago-Ramos, 2008). Constituyen el hábitat de fauna silvestre, local y migratoria ya que comúnmente las ciudades se establecen sobre ecosistemas que a menudo destruyen (Rubio, 1995). Además, intervienen en los procesos hidrológicos (Sorensen *et al.*, 1998; González, 2011), en la producción de productos forestales, maderables y no maderables en el soporte del cauce de ríos o arroyos (Amico, 2006), en el aumento del valor económico de casas y terrenos con vegetación y en la reducción del ruido (Nowak *et al.*, 1997).

Sin embargo, es preciso considerar los costos económicos directos involucrados, en la implementación de proyectos de arbolado en las ciudades y paisajes circundantes como los de plantación, mantenimiento, manejo y, aunque la fauna presente es vista a menudo como benéfica, bajo algunas circunstancias puede haber problemas y costos asociados, como daños a plantas y estructuras por excrementos, amenazas a las mascotas y transmisión de enfermedades (Nowak *et al.*, 1997). Por ello, surge la necesidad de coordinar esfuerzos en el desarrollo, protección y preservación de los recursos forestales disponibles ya que la imagen de un paisaje se encuentra definida por sus elementos naturales y artificiales (Reyes y Gutiérrez, 2010).

Torres (2000) indica que el potencial de inventarios florísticos no ha sido aprovechado completamente debido a que, en el proceso de levantamiento y manejo de la información, los datos no quedan geoposicionados ni son contemplados en bases de datos digitales. Por ello, para el

manejo del arbolado urbano se sugiere el empleo de los sistemas de información geográfica (SIG) en la recopilación, almacén, manejo, análisis, interpretación y presentación de la información (Torres, 2005; Alvey, 2006; Martínez-Cebrian y Casterad, 2012; De la Maza *et al.*, 2013). Un ejemplo de herramienta útil y de libre acceso para la visualización y obtención de información es Google Street View™ (GSV). Es una plataforma *online* geoespacial que provee imágenes panorámicas capturadas a nivel de tierra a lo largo de calles y ha sido empleada en estudios de caracterización urbana, de distribución de plagas o estudios de salud pública (Berland y Lange, 2017).

El propósito de este trabajo consistió en conocer la abundancia y composición arbórea en tres zonas del paisaje urbano, ubicado en el municipio de Oaxaca de Juárez y tres zonas del paisaje rural en el municipio de Zimatlán de Álvarez, considerando su origen fitogeográfico y especies presentes en la NOM-059-SEMARNAT-2010, con la finalidad de establecer una comparación en cuanto a las especies y a través de la cual sea posible marcar estrategias o planes de manejo a mediano y largo plazo

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El presente estudio se desarrolló en el periodo agosto, 2016-octubre, 2017, en dos ecosistemas modificados presentes en la región de Valles Centrales del estado de Oaxaca, México: zona urbana del municipio de Oaxaca de Juárez y zona rural del municipio de Zimatlán de Álvarez. Se establecieron tres ventanas de 1 km² de área divididas en cuadrantes de 6.25 ha en cada municipio de acuerdo con la estrategia para medir la diversidad en paisajes modificados propuesta por Halffter y Rös (2013). Las actividades de este proyecto se realizaron con el programa ArcGIS® versión 10.3 en el Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica perteneciente al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR- IPN-Unidad Oaxaca).

Determinación de la riqueza y abundancia de especies leñosas presentes

Sobre imágenes satelitales obtenidas del programa SAS Planet® disponible en la red, se llevó a cabo la digitalización de ejemplares con puntos en el programa ArcGIS®, mediante la visualización de sus copas y recorridos virtuales en el programa Google Earth® (herramienta: Street View). Con ayuda de mapas impresos de los árboles presentes dentro de los límites de cuadrantes y ventanas, se realizaron recorridos a pie para verificar su presencia e identificar su especie taxonómica. Las especies fueron identificadas con ayuda de la Guía de campo: Árboles comunes de la Ciudad de México (CONABIO, 2012) y la Guía de árboles y otras plantas nativas en la zona metropolitana de Monterrey (Zurita y Elizondo, 2009).

Los ejemplares que no presentaron flores o frutos para una identificación precisa fueron recolectados y colocados en una prensa botánica para su posterior identificación con ayuda de imágenes, la clave dicotómica de la Flora fanerogámica del Valle de México (De Rzedowski y Rzedowski, 2005), los fascículos de la Flora de Tehuacán-Cuicatlán, la Flora de Veracruz y el apoyo de personal experto en el tema del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca y el Jardín

Etnobotánico de Oaxaca. La información se registró en una base de datos de acuerdo con el número de individuo perteneciente a cierto cuadrante y ventana.

Las especies fueron clasificadas de acuerdo con su origen fitogeográfico como nativas e introducidas (Especies vegetales, 2017); las fichas informativas virtuales del proyecto Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación (Vásquez-Yanes *et al.*, 1999), y la guía de campo: Árboles comunes de la Ciudad de México (CONABIO, 2012). El listado de especies registradas en la zona de estudio fue comparado con los listados de las diferentes categorías de riesgo en la NOM-059–SEMARNAT-2010 (DOF, 2010).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De un total de 119 especímenes colectados en el paisaje urbano y rural, fueron identificados 110 a nivel especie (92.43%). En el paisaje urbano, 99 especies pertenecieron a 75 géneros y 43 familias taxonómicas mientras que, en el paisaje rural, 43 especies se distribuyeron en 32 géneros y 22 familias taxonómicas. De dichos registros, ambos paisajes compartieron 29 especies. Cada ventana de 1 km² presentó riquezas diferentes, resultando con una mayor las ventanas del paisaje urbano (Figura 1).

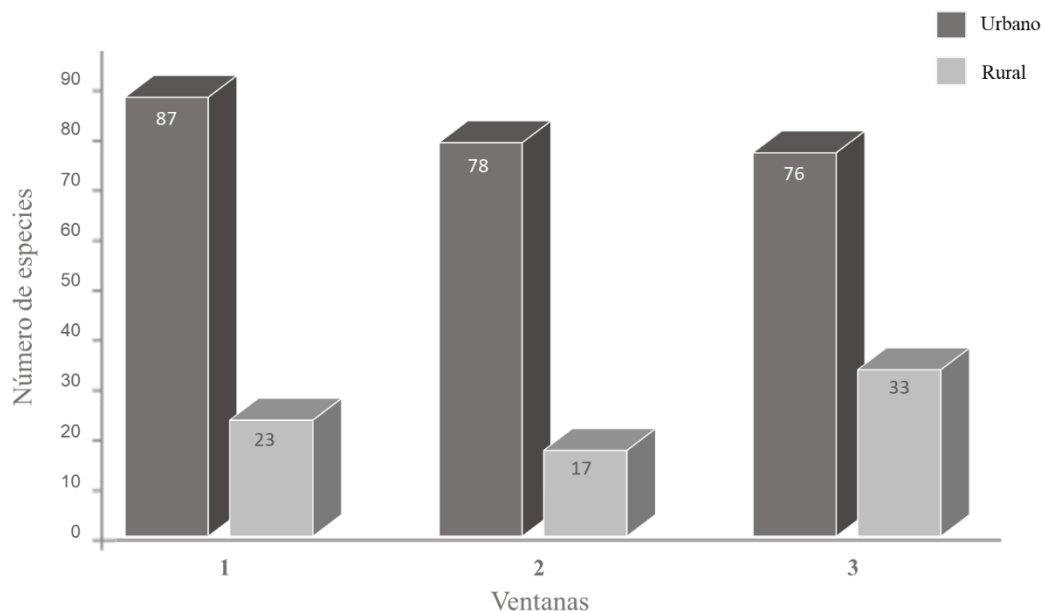


Figura 1. Riqueza de especies en el paisaje rural y urbano.

Estudios previos coinciden en que el paisaje urbano cuenta con mayor riqueza de especies a comparación del paisaje rural (Knapp *et al.*, 2009; McKinney, 2002; Kühn *et al.*, 2004; Wania *et al.*, 2006). Así mismo, McKinney (2002) señala que típicamente, los paisajes urbanos tienen más en común entre sí que con los paisajes naturales que les rodean, como lo son ciudades como Mérida, Yucatán, que presentó 139 especies distribuidas en 43 familias (López, 2008), Xalapa, Veracruz, con 140 especies de 49 familias (Falfán y MacGregor-Fors, 2016) y Monterrey, Nuevo León 115 especies, agrupadas en 37 familias (Alanís *et al.*, 2004). Debe tomarse en cuenta que las preferencias humanas, la vegetación preexistente, las características propias de

las especies, así como las condiciones climáticas y ambientales influyen en la composición del arbolado urbano (López, 2008).

La familia Leguminosae fue la más representativa en ambos municipios resultando una mayor diversidad de géneros en la zona urbana que en la zona rural con ocho y seis géneros respectivamente. Los géneros con mayor registro de especies fue *Ficus* con cinco especies en la zona urbana y *Bursera* en la zona rural con tres.

Para el paisaje urbano se obtuvo un 27% de árboles pertenecientes a la misma especie, 31% al mismo género y 31% de la familia. Por otro lado, en la zona rural, se obtuvo para la misma especie y género un 48% y un 53% de la misma familia. Sin embargo, se recomienda que ninguna especie debe exceder el 5 % de la población total del arbolado (Terrazas *et al.*, 1999), el 10% (Clark *et al.*, 1997) o bien, no más del 10% de una sola especie, 20% de un género y el 30% de una familia (Santamour, 2004). Esto debido a la susceptibilidad ante plagas de insectos o enfermedades que pueda en algún momento terminar con los árboles de una ciudad y a que se reduce el uso de pesticidas potencialmente peligrosos y los costos de mantenimiento. Además, se considera que la composición del bosque urbano cambiará en respuesta al cambio climático por lo que altos niveles de diversidad proveerán mayor capacidad de adaptación al aumentar la probabilidad de que los árboles adaptados a los climas futuros estén presentes (Kendal *et al.*, 2014).

Como resultado del marcaje de individuos, se registró un total de 4537 árboles en calles y avenidas principales en la zona urbana. De estos, 1754 árboles se presentaron en la ventana 1, 1374 en la ventana 2 y 1409 en la ventana 3 (Figura 2).

Se presentó una dominancia en todos los cuadrantes de 6.25 ha de la especie *Ficus benjamina* L., con 1240 individuos (27.33%). El empleo de esta especie ha sido ampliamente distribuido por dependencias encargadas de parques y jardines debido a características de popularidad como menor talla y agresividad, costo económico bajo, crecimiento rápido y follaje denso, abundante, permanente y lustroso. Sin embargo, debe tomarse en cuenta que se trata de una especie que demanda gran cantidad de agua, provoca el levantamiento de banquetas y caídas por acción del viento (Zamudio, 2001; Alanís *et al.*, 2004; Gutiérrez-Pacheco *et al.*, 2015). Las ventanas de la zona rural registraron 2812 árboles, de los cuales, 634 se presentaron en la primera ventana, 993 en la ventana 2 y 1185 individuos en la ventana 3 (Figura 3).

La especie *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth., se presentó en todos los cuadrantes de 6.25 ha con un total de 1354 individuos (48.15%). Consiste en una especie no solo de uso comestible sino maderable, medicinal, artesanal, de sombra, de forraje, como abono orgánico, en cercas vivas, como hábitat y nicho alimentario de fauna silvestre como lo reportan Monroy y Colín (2004) en el estado de Morelos. Esta especie es implementada en sembradíos de unidades familiares en la población de San Pedro Ixtlahuaca, Oaxaca por sus propiedades medicinales (Hernández-Ruiz, *et al.*, 2013).



Figura 2. Árboles presentes en calles y avenidas en las tres ventanas del paisaje urbano.

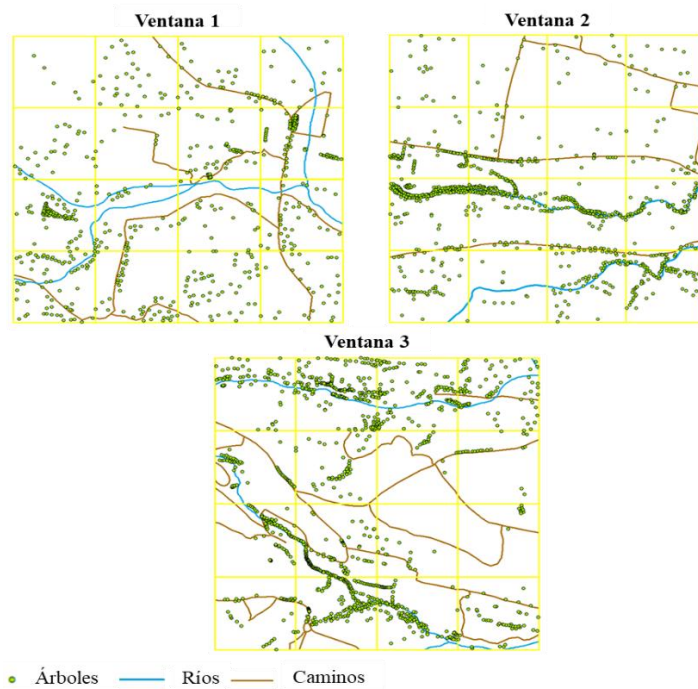


Figura 3. Árboles presentes en calles y avenidas en las tres ventanas del paisaje rural.

Los resultados del paisaje rural coinciden con los de Ranganathan y Daily (2007) quienes analizaron cuatro paisajes con actividad ganadera en América Central caracterizando su estructura y composición arbórea mediante inventarios. Los árboles dispersos, en su mayoría provenían de la regeneración natural o de bosques originales y fueron dominados por pocas especies que tendían a ser especies de leña o forraje, de crecimiento rápido o fáciles de establecer en cercas vivas como *Bursera simaruba* (L.) Sarg. Además, solo unos pocos fueron plantados por los productores (principalmente árboles frutales).

Kendal *et al.* (2014) compararon patrones de distribución de vegetación cultivada entre 72 listas de especies a una escala global de diferentes rangos de clima y variedad de usos de suelo. Sus resultados muestran una preferencia de árboles frutales en paisajes rurales debido al consumo de sus productos por los propietarios, no siendo implementados en zonas urbanas a causa de que ciertas frutas pueden crear desorden o peligros públicos como pavimentos resbaladizos.

Esto fue constatado en el paisaje urbano ya que se registraron solo 433 individuos de especies frutales (9.5%) de las cuales las más abundantes fueron: *Psidium guajava* L. (guayaba), *Punica granatum* L. (granada), *Terminalia catappa* L. (almendro), *Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindl. (níspero) y el género *Citrus* L. A comparación de la zona rural donde se presentaron 1454 árboles frutales (51.7%) siendo *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth. (guamuchil) la más abundante seguida por *Psidium guajava* L. (guayaba), *Citrus limon* (L.) Osbeck (limón), *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth (nanche) y *Spondias purpurea* L. (ciruela roja).

De las especies identificadas, fueron definidas como nativas 26 para la zona urbana, 17 en ambas zonas y 11 solo en la zona rural. Así mismo, de las especies introducidas fueron registradas 44 en la zona urbana, 12 en ambos municipios y ninguna especie exclusiva del paisaje rural. Resultando así un total de 43 especies nativas (43.43%) y 56 especies introducidas (56.56%) para la zona urbana. Mientras que, para la zona rural, 28 especies nativas (70%) y 12 introducidas (30%). Desde la perspectiva de abundancia en especies introducidas y nativas en las tres ventanas de zona urbana, esta fue de 3379 individuos (77%) ante 989 (23%). Del mismo modo lo fue en la zona rural, pero con mayor dominancia de especies nativas con 2680 individuos (96%) sobre 124 introducidos (4%). De acuerdo con Alanís *et al.* (2004) se prefiere el establecimiento de especies introducidas en las ciudades debido a un fundamento cultural histórico, a la escasez y baja disponibilidad de plantas nativas en los viveros locales y a la falta de difusión acerca de los beneficios de las plantas nativas.

Lo anterior se ve reflejado en la imagen de la ciudad ya que esta se encuentra definida por la relación que se da entre sus elementos físicos, biológicos y culturales y por la manera en que la población hace uso de los recursos disponibles. Por lo tanto, será percibida como una ciudad monótona, estéril y carente de identidad propia o bien, con identidad regional y con un atractivo que beneficia sus procesos sociales y naturales (González, 2011; Reyes y Gutiérrez, 2010).

En cuanto al origen fitogeográfico, en ambos municipios, el mayor número de especies proviene de América seguida por Asia, África y Australia. Finalmente, se obtuvo que sólo la especie *Roystonea regia* (Kunth) O.F. Cook (palmera real) se encuentra sujeta a Protección Especial (Pr) en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF, 2010).

CONCLUSIONES

La riqueza y abundancia de especies demostró ser mayor en el paisaje urbano que el rural, resultando las especies de origen fitogeográfico no nativo dominantes en el paisaje urbano mientras que las nativas lo fueron en el paisaje rural. Los estudios que involucran el arbolado de paisajes urbanos en constante crecimiento como el municipio de Oaxaca de Juárez hacia paisajes rurales como Zimatlán de Álvarez ofrecen información valiosa para un correcto manejo y planeación. Se recomienda anexar en futuros estudios, datos como información de la especie, dimensiones, altura, área basal, cobertura, ubicación, estado fitosanitario, factores de daño y riesgo, acciones de mantenimiento aplicados y costos derivados para generar un presupuesto adecuado. Así mismo, realizar un inventario total de los árboles presentes en la zona urbana con información acerca de los árboles presentes dentro de propiedades privadas. Realizar entrevistas a la población residente del paisaje rural y urbano, que permitan percibir el nivel de impacto que tienen los árboles en la sociedad en el aspecto económico, de bienestar, identidad social y cultural. El uso de Sistemas de Información Geográfica y la herramienta Google Street View™ demostraron ser medios eficientes en la recopilación, análisis y presentación de la información ya que, bajo el manejo de una sola persona, representó un menor costo y una reducción de riesgos de seguridad comparado con un estudio completamente de trabajo en campo por lo que se recomienda su implementación.

LITERATURA CITADA

- Alanís, F. G., R. Foroughbakhch P., M. Alvarado V. y A. Rocha E. 2004. El arbolado urbano en el Área Metropolitana de Monterrey (AMM), Nuevo León, México. *Arbórea* 11:14-26.
- Alvey, A. A. 2006. Promoting and preserving biodiversity in the urban forest. *Urban Forestry & Urban Greening* 5(4): 195-201.
- Amico, I. 2006. Arbolado rural, importancia de una buena planificación. *Carpeta de información técnica. Forestal* 10:41-46.
- Berland, A. and D. Lange A. 2017. Google Street View shows promise for virtual street tree surveys. *Urban Forestry & Urban Greening* 21: 11-15.
- Clark, J. R.; N. Matheny P., G. Cross and V. Wake. 1997. A model of urban forest sustainability. *Journal of arboriculture* 23:17-30.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2012. Guía de campo: Árboles comunes de la ciudad de México.
- De Andrade, R. C. G. 2012. Urbanismo y planificación: Áreas Verdes Urbanas. *Summa Humanitatis* 6:1-49.
- De la Maza, C. L., C. Cerda L., H. Hernández J. y M. Rodríguez J. 2013. Chile. *En: MacGregor-Fors, I., y R. Ortega-Álvarez. (Eds.). Ecología urbana: experiencias en América Latina. México, D. F. p. 130.*
- De Rzedowski, G. C. y J. Rzedowski. (Eds.). 2005. Flora fanerogámica del Valle de México. Segunda edición. Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro, Michoacán, México. p. 1406.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestre-categoría de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-lista de especies en riesgo. México, D.F. pp. 20-77
- Especies vegetales. 2017. <http://www.naturalista.mx/pages/especies>. Consultado: 15/07/2017.

- Falfán I. y I. MacGregor-Fors. 2016. Paisajes urbanos leñosos en el Neotrópico: Riqueza y composición de especies de árboles y arbustos en Xalapa. *Madera y Bosques* 22(1): 95-110.
- González, P. C. 2011. Naturaleza y Sociedad. El valor de los espacios verdes urbanos. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid, España. p.45.
- Gutiérrez-Pacheco, V., S. Silva-Gómez E., J. Toxtle-Tlamani S. y J. Hernández-Zepeda S. 2015. El arbolado de los espacios públicos abiertos de la zona de monumentos del centro histórico de la Ciudad de Puebla. *Biodiversidad* 1:161-172.
- Halffter, G. and M. Rös. 2013. A strategy for measuring biodiversity. *Acta Zoológica Mexicana* (ns). 29(2): 400-411.
- Hernández-Ruiz, J., R. Juárez-García A., N. Hernández-Ruiz y N. Hernández-Silva. 2013. Uso antropocéntrico de especies vegetales en los solares de San Pedro Ixtlahuaca, Oaxaca, México. *Ra Ximhai* 9:99-108.
- Kendal, D., C. Dobbs and V. Lohr I. 2014. Global patterns of diversity in the urban forest: Is there evidence to support the 10/20/30 rule? *Urban Forestry & Urban Greening* 13:411-417.
- Knapp, S., I. Kühn, J. Bakker P., M. Kleyer, S. Klotz, W. Ozinga A., P. Poschlod, K. Thompson, W. Thuiller and C. Römermann. 2009. How species traits and affinity to urban land use control large-scale species frequency. *Diversity and Distributions*. 15(3): 533-546.
- Krause, F. and J. Koomey. 1989. Unit costs of carbon savings from urban trees, rural trees, and electricity conservation: A utility cost perspective. Ed. Lawrence Berkeley Laboratory. Berkeley, California. p. 23.
- Kuchelmeister, G. 2000. Árboles y silvicultura en el milenio urbano. *Unasylva* 200(51): 49-55.
- Kühn, I.; R. Brandl and S. Klotz. 2004. The flora of German cities is naturally species rich. *Evolutionary Ecology Research*. 6(5): 749-764.
- López, F. I. 2008. Arbolado urbano en Mérida, Yucatán y su relación con aspectos socioeconómicos, culturales y de la estructura urbana de la ciudad. Tesis de Maestría en Ciencias en la Especialidad de Ecología Humana. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional-Unidad Mérida. Mérida, Yucatán. p.172.
- Martínez-Cebrian, L. y M. A. Casterad. 2012. Incorporación de tecnologías de información territorial en una explotación agraria de secano ante la práctica de agricultura de precisión. *En: Martínez-Vega, J. y I. M. Martín P. (Eds.). Tecnologías de la Información Geográfica en el contexto de Cambio Global. XV Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica. Madrid, España. p. 678.*
- McKinney, M. L. 2002. Urbanization, biodiversity, and conservation: the impacts of urbanization on native species are poorly studied, but educating a highly urbanized human population about these impacts can greatly improve species conservation in all ecosystems. *Bioscience* 52(10): 883-890.
- Monroy, R. y H. Colín. 2004. El guamúchil *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth, un ejemplo de uso múltiple. *Madera y Bosques* 10:35-53.
- Nowak, D. J., J. Dwyer F. y G. Childs. 1997. Los beneficios y costos del enverdecimiento urbano. *En: Krishnamurthy L. y N. I. Rente (Eds.). Áreas Verdes Urbanas en Latinoamérica y el Caribe. Memoria de Seminario Internacional. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Estado de México, México, pp. 17-38.*
- Ranganathan, J. y G. Daily C. 2007. La biogeografía del paisaje rural: oportunidades de conservación para paisajes de Mesoamérica manejados por humanos. *In: Harvey, C. y Sáenz, J. C. (Eds.). Evaluación y Conservación de Biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica. Ed. Instituto Nacional de Biodiversidad, INBio. Santo Domingo de Heredia, Costa Rica. pp.15-30.*

- Reyes, A. I. y C. J. Gutiérrez C. 2010. Los servicios ambientales de la arborización urbana: retos y aportes para la sustentabilidad de la ciudad de Toluca. *Quivera* 12(1): 96-102.
- Rivas, T. D. 2000. ÁRBOLSIG: Sistema de Información Geográfica para árboles urbanos. Tesis de Especialista en Sistemas de Información Geográfica. Universidad Distrital "Francisco José de Caldas". Facultad de Ingeniería. Santafé de Bogotá, Colombia. p. 83.
- Rivas, T. D. 2005. Planeación, espacios verdes y sustentabilidad en el Distrito Federal. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma Metropolitana. México, D. F. p. 210.
- Rubio, R. J. M. 1995. Ambiente urbano y fauna beneficiada por el mismo. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense* 15:619-624.
- Santamour, J. F. S. 2004. Trees for urban planting: diversity uniformity, and common sense. *Proceedings of the 7th Conference of the Metropolitan Tree Improvement Alliance. The Morton Arboretum* 7:57-65.
- Santiago-Ramos, J. 2008. La naturaleza en la ciudad: perspectivas teóricas y metodológicas para el estudio de la funcionalidad ambiental del espacio libre. *Consejería de Obras pública y Transportes. Sevilla, España.* p. 156.
- Sierra, V. M. A. 2012. Ciudad y fauna urbana: un estudio de caso orientado al reconocimiento de la relación hombre, fauna y hábitat urbano en Medellín. Tesis de Magister en Estudio Urbano-Regionales. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Medellín, Colombia. p. 66.
- Sorensen, M., V. Barzetti, K. Keipi y J. Williams. 1998. Manejo de las áreas verdes urbanas. Documento de buenas prácticas, División de Medio Ambiente, Banco Interamericano de Desarrollo. Washington, D.C. p. 81.
- Terrazas T., M. Cortés, S. Segura, B. Torres, I. Olalde, L. Villasana y J. Tapia. 1999. La vegetación urbana del campus universitario y la polémica del eucalipto. Programa de Mejoramiento de las Áreas Verdes del Campus Universitario. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F.
- Vázquez-Yanes C., A. I. Batis M., M. I. Alcocer S., M. Gual D. y C. Sánchez D. 1999. Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Instituto de Ecología y Universidad Nacional Autónoma de México. México D. F., México. pp:149-152.
- Wania, A., I. Kühn and S. Klotz. 2006. Plant richness patterns in agricultural and urban landscapes in Central Germany spatial gradients of species richness. *Landscape and Urban Planning* 75(1): 97-110.
- Zamudio, C. E. 2001. Análisis del comportamiento del arbolado urbano público durante el período de 1995 a 1999 en la ciudad de Linares, Nuevo León. Tesis de Maestría en Ciencias Forestales. Universidad Autónoma De Nuevo León Facultad De Ciencias Forestales. Linares, Nuevo León, México. p. 128.
- Zurita, Z. O. y R. Elizondo E. 2009. Guía de árboles y otras plantas nativas en la zona metropolitana de Monterrey. Fondo Editorial de Nuevo León. Monterrey, México. p. 320.