



DOI: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v11i57.648>

Artículo

Dinámica de uso de suelo e índice verde en Poza Rica, Veracruz

Dynamics of land use and green index in *Poza Rica, Veracruz*

Alberto Santillán Fernández^{1,2*}, Ilse Joselín Gómez Cruz², Cindy Emiliano Terrazas³,
Javier Vera López⁴, Benigno Rivera Hernández⁵ y Jaime Bautista Ortega⁴

Abstract

The dynamics of land and vegetation use in *Poza Rica, Veracruz*, from 1997 to 2016 were analyzed and related to the perception that the inhabitants of the city have regarding the ecosystem services provided by green areas (GA). Thus, the GAs were georeferenced and by means of cluster sampling, the number of trees in the city was estimated, which allowed the construction of an Urban Green Index (UGI). Additionally, 100 residents of different paid activities were surveyed: academics (25), housewives (21), merchants (37) and industrialists (17). Results indicate that the urban sprawl increased by 98 %, from 1 587 ha in 1997 to 3 145 ha in 2016, the areas that were reconverted were mostly areas agriculture and livestock. This fact directly impacts the UGI, which turned out to be 12.21830 m² *per cápita* and 0.13527 trees per inhabitant, with negative annual average growth rates for both UGI: -0.83 and -0.01, respectively. All respondents recognize the importance of green areas in the city, although only 52 % know their positive effects on the regulation of temperature, hydrological cycle and air quality. Scholars, housewives and merchants showed greater interest in preserving and increasing GA in the city. Environmental education stood out as a priority axis to ensure that citizens respect the GA, and eventually increase their number.

Key words: Principal component analysis, urban trees, green areas, Likert scale, ecosystem services, GIS.

Resumen

Se analizó la dinámica de uso de suelo y vegetación en Poza Rica, Veracruz, de 1997 a 2016 y se relacionó con la percepción que los habitantes de la ciudad tienen respecto a los servicios ecosistémicos que proveen las áreas verdes (AV). Para ello se georreferenciaron las AV y, mediante un muestreo por conglomerados, se estimó el número de árboles, lo que permitió construir un Índice Verde Urbano (IVU). Adicionalmente, se encuestó a 100 pobladores dedicados a diferentes actividades remuneradas: académicos (25), amas de casa (21), comerciantes (37) e industriales (17). Los resultados indican que la mancha urbana se incrementó 98 %, al pasar de 1 587 ha en 1997 a 3 145 ha en 2016; las áreas que se reconvirtieron fueron, en su mayoría, zonas destinadas a la agricultura y la ganadería. Este hecho impacta directamente en el IVU que resultó ser de 12.21830 m² *per capita* y 0.13 527 árboles por habitante, con tasas medias de crecimiento anual negativas para ambos IVU: -0.83 y -0.01, respectivamente. La totalidad de los encuestados reconoce la importancia de las áreas verdes en la ciudad, aunque solo 52 % conoce sus efectos positivos en la regulación de la temperatura, el ciclo hidrológico y la calidad del aire. Los académicos, amas de casa y comerciantes mostraron mayor interés por conservar e incrementarlas AV. La educación ambiental destacó como un eje prioritario para lograr que los ciudadanos respeten las AV, y eventualmente se incremente su número.

Palabras clave: Análisis de componentes principales, arbolado urbano, áreas verdes, escala de *Likert*, servicios ecosistémicos, SIG.

Fecha de recepción/Reception date: 28 de agosto de 2019

Fecha de aceptación/Acceptance date: 9 de diciembre de 2019

¹ Catedrático CONACYT, Colegio de Postgraduados Campus Campeche. México.

² Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza. México.

³ División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. México.

⁴ Departamento de Ciencias Agrícolas, Colegio de Postgraduados Campus Campeche

⁵ Ingeniería en Agronomía, Universidad Popular de La Chontalpa. México.

*Autor para correspondencia: correo-e: asantillanf@conacyt.mx

Introducción

Las actividades antropogénicas y la explosión demográfica han propiciado el incremento en la temperatura global del planeta con mayor intensidad en el último siglo, al convertir áreas verdes en áreas de uso urbano, lo que ha provocado alteraciones en la frecuencia de los fenómenos climatológicos regulares, y, en consecuencia, la intensificación de los desastres naturales, así como la alteración del ciclo del agua (IPCC, 2014). El área verde es considerada como parte del espacio público y representa, desde un enfoque planificado, integrado y sistemático, el manejo de los árboles, arbustos y otra vegetación dentro de la ciudad (Benavides y Fernández, 2012).

La presencia de áreas verdes accesibles al disfrute del ciudadano constituye uno de los factores prioritarios para medir grados de bienestar humano y sostenibilidad urbana (Santana, 2010). Algunos de los indicadores más usuales para evaluar estos factores son la superficie *per capita* (m^2), la localización, distribución y accesibilidad a las áreas verdes (Bascuñán *et al.*, 2007). La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que la extensión de espacios verdes en una ciudad debe estar comprendida entre 9 y 15 m^2 por persona y de un árbol por cada tres personas (Castro, 2005).

Uno de los problemas actuales de las ciudades tiene su origen en la pérdida de áreas verdes, que trae como consecuencia conflictos sociales como la inseguridad, y ambientales como la contaminación y la pérdida de biodiversidad (Neckel *et al.*, 2009). Sin embargo, a pesar de su importancia, el estudio de las áreas verdes y su relación con el bienestar social ha sido un tema poco abordado (Bascuñán *et al.*, 2007).

A nivel internacional, algunos estudios como el de Escobedo *et al.* (2011) en Estados Unidos de América, y Tovar (2006) en Colombia, se centran en el análisis de los servicios que las áreas verdes y, en particular, el arbolado urbano ofrece en las ciudades, pero no consideran en un contexto global los servicios ecosistémicos (SE) que brindan a los ciudadanos.

El concepto de servicios ecosistémicos (SE) se refiere a los bienes y servicios que proveen los componentes o procesos de los ecosistemas y que contribuyen, directamente, al bienestar humano; son de cuatro tipos: provisión, regulación, soporte y cultura (Wardle y Jonsson, 2014). El estudio de los SE constituye un área de investigación que permite implementar soluciones integradas a los problemas actuales en las ciudades como la frecuencia e intensidad de las lluvias y la regulación de la temperatura (Dobbs *et al.*, 2014).

El incremento poblacional y la presión urbana por nuevas áreas habitables han reducido los requerimientos internacionales de áreas verdes en México (Benavides y Fernández, 2012). De esta forma, el Índice Verde Urbano se ha convertido en un instrumento útil para motivar a los municipios a incluir dentro de sus planes de ordenamiento territorial la creación y conservación de áreas verdes para el bienestar ciudadano, así como establecer mecanismos metodológicos para la medición y cálculo de las mismas (Ponce *et al.*, 2013).

En ciudades como Parral (Chile) se demostró que un programa de planificación urbana que priorice la protección al ambiente, mediante la creación de áreas verdes, mejora sustancialmente la calidad de vida de sus pobladores, al pasar de menos de 10 m² a 55 m² de superficie verde por habitante, lo que además favorece la concurrencia, pues más de 150 000 personas acuden los fines de semana a visitar los parques y jardines urbanos (Mena *et al.*, 2011).

En México, estudios como los de Alanís (2005) en Monterrey (Nuevo León), López (2008) en Mérida (Yucatán), Benavides y Fernández (2012) y Velasco *et al.* (2013) en la Ciudad de México han confirmado como las áreas verdes en las ciudades contribuyen al bienestar social, al promover una sana convivencia, que mejora el estado de ánimo de los usuarios y reduce las conductas agresivas, el crimen, los sentimientos negativos (temor, enojo, depresión) y con ello, la violencia intrafamiliar y comunitaria. Además, al ser espacios públicos se

convierten en puntos de encuentro al que pueden acceder todos los grupos, con lo que se favorece la inclusión social (Bascuñán *et al.*, 2007).

Bajo este contexto, los objetivos del presente trabajo consistieron en analizar la dinámica de uso de suelo y vegetación en Poza Rica (Veracruz) de 1997 a 2016; y, relacionar los cambios en las coberturas de uso de suelo y vegetación con la percepción que los habitantes de la ciudad tienen respecto a los servicios ecosistémicos que proveen las áreas verdes, mediante la creación de Índices Urbanos de Vegetación para proponer estrategias de restauración alineadas a las necesidades de la población.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El estudio se desarrolló en el municipio Poza Rica de Hidalgo, Veracruz, México, ubicado entre las coordenadas 20.53 N y -97.45 O (Figura 1), con un área total de 4 688 ha. Poza Rica posee un grado de desarrollo humano muy alto por la zona petrolera en la que se ubica y una tasa media anual de incremento poblacional de 0.73 %, lo que en 2015 le significó contar con 200 119 habitantes (INEGI, 2015). El clima de la ciudad está clasificado como Aw (cálido húmedo) con una temperatura media anual de 24.5 °C, una precipitación promedio de 1 106 mm y una altitud inferior a los 200 m (INEGI, 2016).



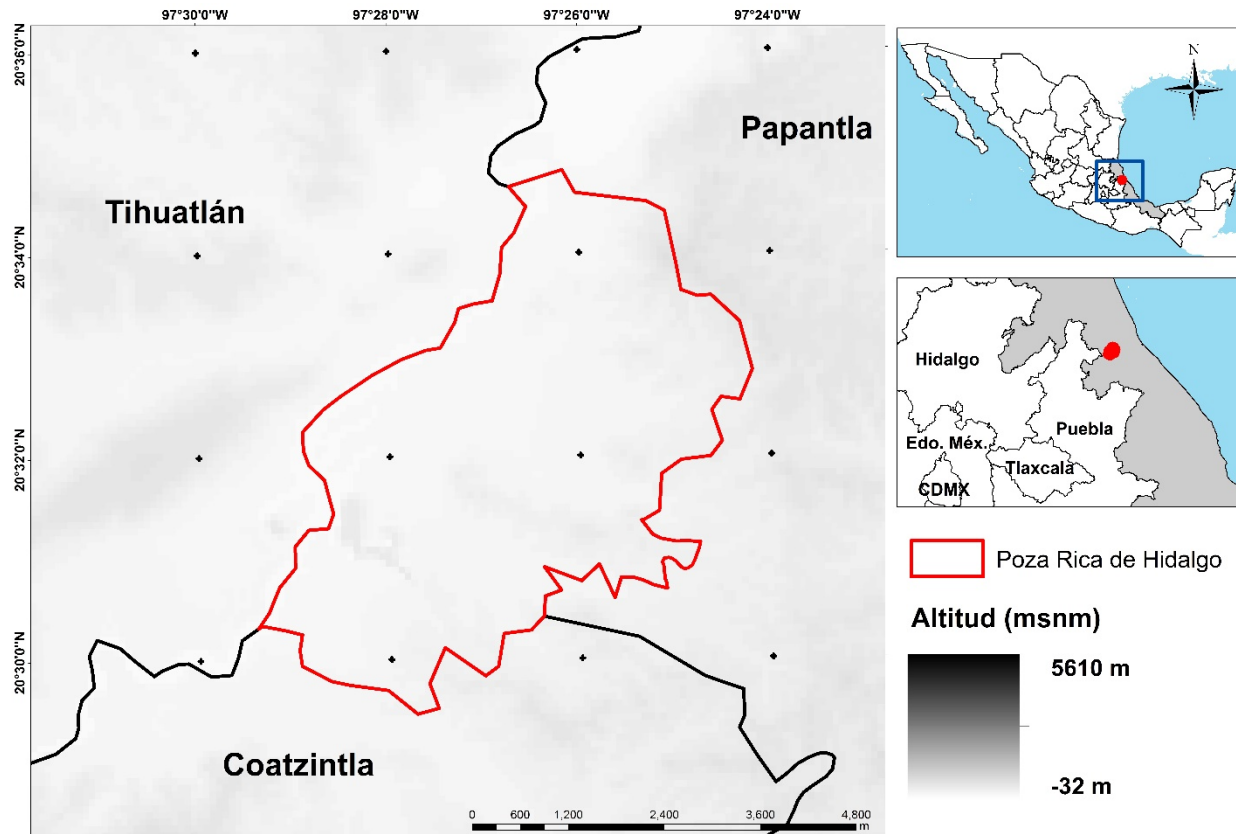


Figura 1. Localización geográfica del municipio Poza Rica de Hidalgo, Veracruz.

Dinámica de cambio de uso de suelo y vegetación

Los cambios en las coberturas de usos de suelo y vegetación de la ciudad de Poza Rica se analizaron mediante las cartas de uso suelo y de vegetación de las series I, II, III, IV, V y VI del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INE-INEGI, 1997; Inegi 2001, 2005, 2009, 2013 y 2016). Con ayuda del *software Quantum GIS Development Team* (QGISDT, 2018) se calcularon las áreas (ha) por serie según su uso de suelo y se compararon entre sí para determinar la dinámica de cambio.



Caracterización del arbolado urbano y cálculo del Índice Verde Urbano

Para determinar las áreas verdes en la Ciudad de Poza Rica, se empleó una imagen de satélite *QuickBird* disponible en *Google Earth*; con ayuda del *software Quantum GIS Development Team* (QGISDT, 2018) y clasificación supervisada se georreferenciaron y validaron en campo los polígonos con áreas verdes. Adicionalmente, de octubre de 2018 a enero de 2019, en cada uno de los polígonos se contabilizó el número de árboles y especies presentes, conforme la metodología del Inventario Nacional Forestal y de Suelos (Conafor, 2012). Para diferenciar el estrato arbóreo del arbustivo y herbáceo, se discriminaron los registros con individuos de diámetros fustales menores a 7.5 cm, y de altura total y diámetros de copa inferiores a 1 m.

Las áreas verdes (m²) y el número de árboles contabilizados (Árboles Presentes en el Área de Estudio: APAE) sirvieron de base para el cálculo del Índice Verde Urbano (IVU) anual, que fue calculado en m² *per capita* y número de árboles por habitante para el periodo 2010-2019. La población residente en Poza Rica (PT) se estimó a partir de la población registrada en 2015 (200 119 habitantes) y la tasa media de incremento poblacional anual de la ciudad (0.73 %) (INEGI, 2015). El IVU se calculó con la siguiente fórmula (Cano, 2009):

$$IVU = \left(\frac{APAE}{PT} \right)$$



Percepción social de los servicios ecosistémicos que brindan las áreas verdes

Entre febrero y marzo de 2019, se aplicó una encuesta a 100 habitantes de Poza Rica, distribuidos en diferentes puntos de la ciudad, que incluyeron centros comerciales, escuelas, casas particulares y áreas industriales. De acuerdo con Infante y Zárate (1990), estadísticamente una muestra es suficiente a partir de 30 observaciones, por lo que el número de encuestas aplicadas no viola ningún supuesto de muestreo y los estimadores obtenidos se distribuyen bajo los supuestos de normalidad y tienden a ser insesgados.

La encuesta incluyó la actividad económica desarrollada por parte del encuestado, y para facilitar la toma de datos en campo, las preguntas se formularon con base en una escala de *Likert* (muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo) (Bozal, 2006), y se agruparon en dos ejes principales que recogieron las percepciones acerca de: (1) Conocimiento sobre los servicios ecosistémicos que las áreas verdes proveen a las ciudades, que incluyó preguntas relacionadas con la importancia en regulación de temperatura, ciclo hidrológico y calidad de aire respirable; y (2) Importancia de la Restauración de las áreas verdes, en particular del arbolado urbano en Poza Rica.

Los datos recabados con la encuesta fueron capturados en una hoja de cálculo, con ayuda del *software* R (R Project, 2019), se ejecutó un Análisis de Componentes Principales (ACP) para establecer por actividad económica desarrollada, el conocimiento que los encuestados tienen sobre los servicios ecosistémicos que el arbolado urbano les proporciona, y la importancia que le dan a la conservación y restauración del mismo. Para este análisis fue necesario recategorizar la escala de *Likert* de la siguiente manera: muy alto (el valor de 5), alto (4), medio (3), bajo (2) y muy bajo (1).

Resultados y Discusión

Dinámica de cambio de uso de suelo y vegetación

La comparación entre las coberturas de uso de suelo y vegetación de 1997 a 2016 (Cuadro 1) muestra como la zona urbana se incrementó en 98 %, al pasar de 1 587 ha en 1997 a 3 145 ha en 2016, y desplazó principalmente a las zonas con pastizales (1 325 ha). Este hecho se ha documentado por INEGI (2015) en cuyos registros se establece que el aumento de la zona urbana de Poza Rica resultó del auge que la actividad petrolera tuvo en la región de 2000 a 2013, lo que coincide con Orozco y García (2014), quienes para zonas periurbanas de la ciudad de Toluca (Estado de México) determinaron que el crecimiento de esas zonas está influenciado por el desarrollo de actividades económicamente rentables.

Cuadro 1. Cambios en las coberturas de usos de suelo y vegetación de la ciudad de Poza Rica, Veracruz de 1997 a 2016.

Uso de Suelo y Vegetación	Hectáreas (ha)						Cambios 1997-2016	
	1997	2001	2005	2009	2013	2016	ha	%
Agricultura	787	1 312	1 254	1 458	694	694	-93	-12
Pastizal	1 974	659	659	648	628	649	-1 325	-67
Selva alta perennifolia	340	192	192	0	261	200	-140	-41
Zona urbana	1 587	2 524	2 583	2 582	3 105	3 145	1 558	98
Total	4 688	4 688	4 688	4 688	4 688	4 688	0	0

INEGI (2015) considera que el crecimiento urbano que presenta la ciudad de Poza Rica ha sido concéntrico, desorganizado y sin incluir elementos de bienestar social como la creación de áreas verdes, lo que de acuerdo con Moreno-Mata y Sánchez-Moreno (2018) ocasiona asentamientos irregulares que acentúan las desigualdades sociales e incrementan la inseguridad.

Caracterización del arbolado urbano y cálculo del Índice Verde Urbano

En la Figura 2 se ilustra la ubicación de las áreas verdes en Poza Rica, con un total de 251.73 ha. El área total muestreada (27 sitios) fue de 9.06 ha, en donde se contabilizaron 1 003 árboles, lo que permite estimar que en la ciudad hay alrededor de 27 869 árboles.

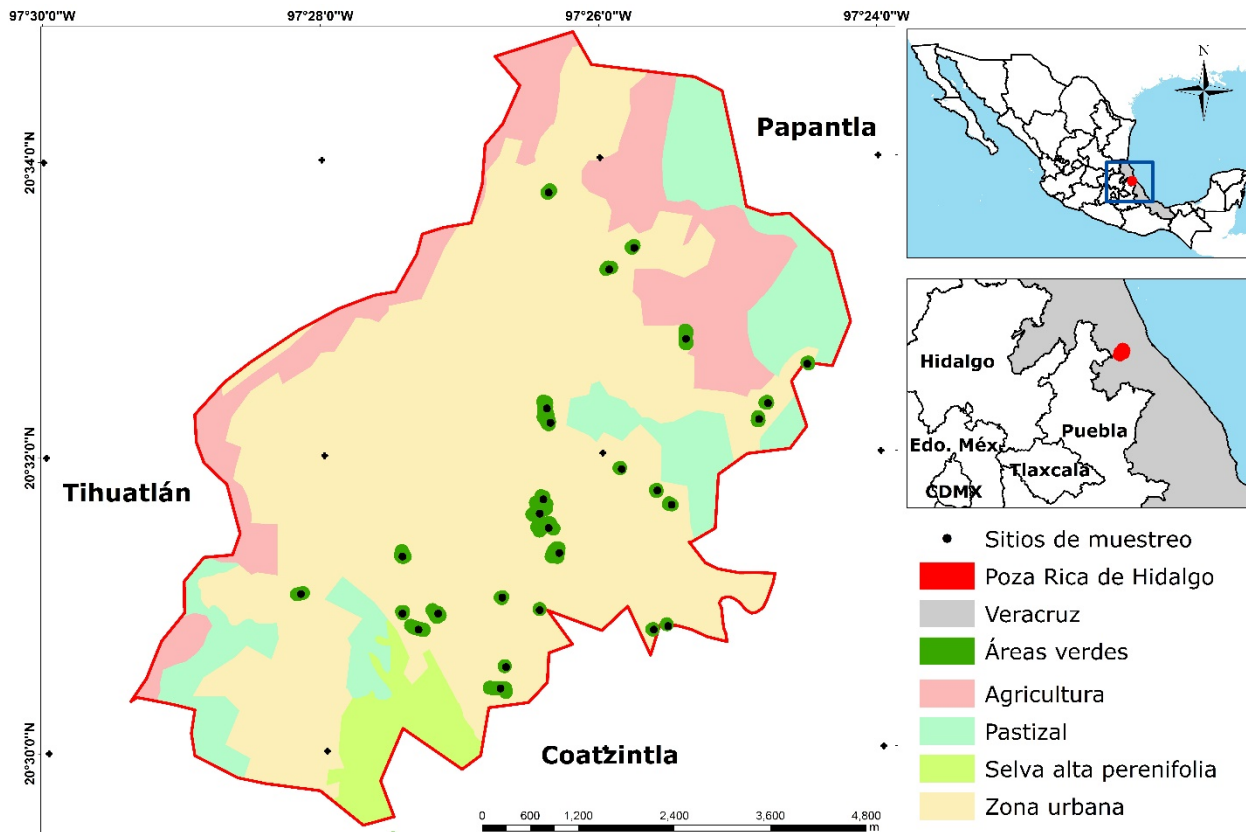


Figura 2. Delimitación espacial de las áreas verdes existentes en la ciudad de Poza Rica, Veracruz, georreferenciadas a partir de una imagen de satélite *QuickBird* y validadas en campo mediante clasificación supervisada.

Los 1 003 árboles contabilizados en los 27 sitios de muestreo pertenecen a 17 especies, de las cuales *Ehretia tinifolia* L. (palo prieto) tuvo el mayor número de individuos (583) (Cuadro 2). De acuerdo con Conafor (2009), la dominancia de este taxón se explica por ser nativa y por su prioridad en la reforestación de zonas urbanas.

Cuadro 2. Especies arbóreas identificadas en las áreas verdes de Poza Rica, Veracruz.

Especie	Nombre común	Frecuencia	
		%	n
<i>Ehretia tinifolia</i> L.	Palo prieto	58.13	583
<i>Roystonea regia</i> Kunth	Palma real	11.76	118
<i>Ficus comosa</i> Roxb.	Benjamina o higuera de java	7.28	73
<i>Tabebuia rosea</i> Bertol	Palo de rosa	5.78	58
<i>Cocos nucifera</i> L.	Palmera real o palma de coco	4.99	50
<i>Swietenia macrophylla</i> King	Caoba	4.59	46
<i>Terminalia catappa</i> L.	Almendro de la india o almendro	2.89	29
<i>Delonix regia</i> Bojer	Framboyán	1.10	11
<i>Parmentiera aculeate</i> Kunth	Chote	0.60	6
<i>Pinus</i> spp.	Pino	0.90	9
Otras especies (7)*		1.99	20
Total		100	1 003

**Citrus aurantifolia* Christm (limón agrio); *Cedrela odorata* L. (cedro); *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq) Griseb. (orijuelo); *Manilkara zapota* L. (zapote), *Tamarindus indica* L. (tamarindo); *Mangifera indica* L. (mango); *Persea gratissima* Gaertn (aguacate).

Para el cálculo del IVU de 2010 a 2019 se consideraron las 251.73 ha (2 517 300 m²) de áreas verdes y el número de árboles estimados (27 869), ambos se tomaron como constantes en virtud de la longevidad de los árboles (Conafor, 2009).

En el Cuadro 3 se muestra el IVU por m² *per capita* y el IVU de número de árboles por habitante, en las dos estimaciones se aprecia una tendencia decreciente. Al respecto, Checa (2016) establece que el incremento poblacional en las ciudades

provoca la reducción de áreas verdes, lo que de acuerdo con Moreno-Mata y Sánchez-Moreno (2018) repercute en la calidad de vida de sus habitantes por no tener acceso a zonas de esparcimiento.

Cuadro 3. Índice Verde Urbano en la ciudad de Poza Rica, Veracruz de 2010 a 2019, estimado por m^2 *per capita* y número de árboles por habitante.

Año	Población	Índice Verde Urbano	
		m^2 <i>per capita</i>	Número de árboles por habitante
2010	192 920	13.04841	0.14446
2011	194 339	12.95314	0.14340
2012	195 768	12.85859	0.14236
2013	197 208	12.76470	0.14132
2014	198 658	12.67153	0.14029
2015	200 119	12.57902	0.13926
2016	201 580	12.48785	0.13825
2017	203 052	12.39732	0.13725
2018	204 534	12.30749	0.13626
2019	206 027	12.21830	0.13527

Conforme los criterios de la OMS, el IVU por m^2 *per capita* en la ciudad de Poza Rica está dentro de los parámetros recomendados (de 9 a 15 m^2 por persona), al ser para 2019 de 12.21830 m^2 . Sin embargo, el IVU de número de árboles por habitante resultó muy inferior (0.13527 en 2019), cuando lo recomendado es 0.33333 (un árbol por cada tres habitantes). De acuerdo con INEGI (2015) el bienestar social en la ciudad de Poza Rica ha decaído como resultado de la descentralización de Petróleos Mexicanos, lo que provocó que la actividad se redujera en la región.

Percepción social de los servicios ecosistémicos que brindan las áreas verdes

La aplicación de la encuesta a 100 habitantes, distribuidos en diferentes puntos de la ciudad permitió recoger su percepción respecto al reconocimiento y conocimiento sobre los beneficios que el arbolado urbano tiene en la regulación de temperatura, ciclo hidrológico y calidad de aire respirable (servicios ecosistémicos). Se diferenciaron cuatro actividades económicas: académicos (25), amas de casa (21), comerciantes (37) e industriales (17).

De los encuestados, 56 % fueron mujeres y 44 % hombres; 100 % reconoce, aunque solo 52 % la conoce, la importancia de las áreas verdes (en particular del arbolado urbano) en la regulación de temperatura, ciclo hidrológico y calidad de aire respirable. El total de la población encuestada expresó que ningún árbol puede tener efectos negativos, siempre que estén plantados en lugares adecuados y que se les dé el manejo silvícola correcto. Al respecto, Checa (2016) señala que, en general, los pobladores de una ciudad tienden a relacionar las áreas verdes con calidad de vida.

Un gran número de los encuestados (83 %) consideró que el número de árboles existentes en las zonas públicas (áreas verdes) de Poza Rica no es suficiente, y proponen esquemas de reforestación para incrementarlos. Además, 65 % manifestó que la sanidad de los arboles es de regular a mala, y expresaron que la responsabilidad de dar mantenimiento al arbolado urbano no solo es del gobierno, sino de la sociedad, ya que los beneficios son para ella. Peña *et al.* (2014) y Checa (2016) identificaron que la protección, conservación o reforestación de las áreas verdes en las ciudades es más eficiente si se realiza por la comunidad que cuando intervienen las instancias gubernamentales.

Del Análisis de Componentes Principales (ACP) resultó que en el primer componente (Prin1) se agruparon las variables relacionadas con el conocimiento sobre los servicios ecosistémicos que las áreas verdes proveen a las ciudades y explica 43.6 % de la varianza total; la segunda (Prin2) agrupa la Importancia de la Restauración de las

áreas verdes, y explica 32.72 % (Figura 3). Los académicos e industriales mostraron los mayores niveles de conocimiento sobre los servicios ecosistémicos que el arbolado urbano provee a la ciudad; sin embargo, los relacionados con el sector industrial fueron los más renuentes a la restauración. De acuerdo con IPCC (2014) esta reacción se explica porque en los procesos industriales sustentables los costos de producción se incrementan y las utilidades disminuyen.

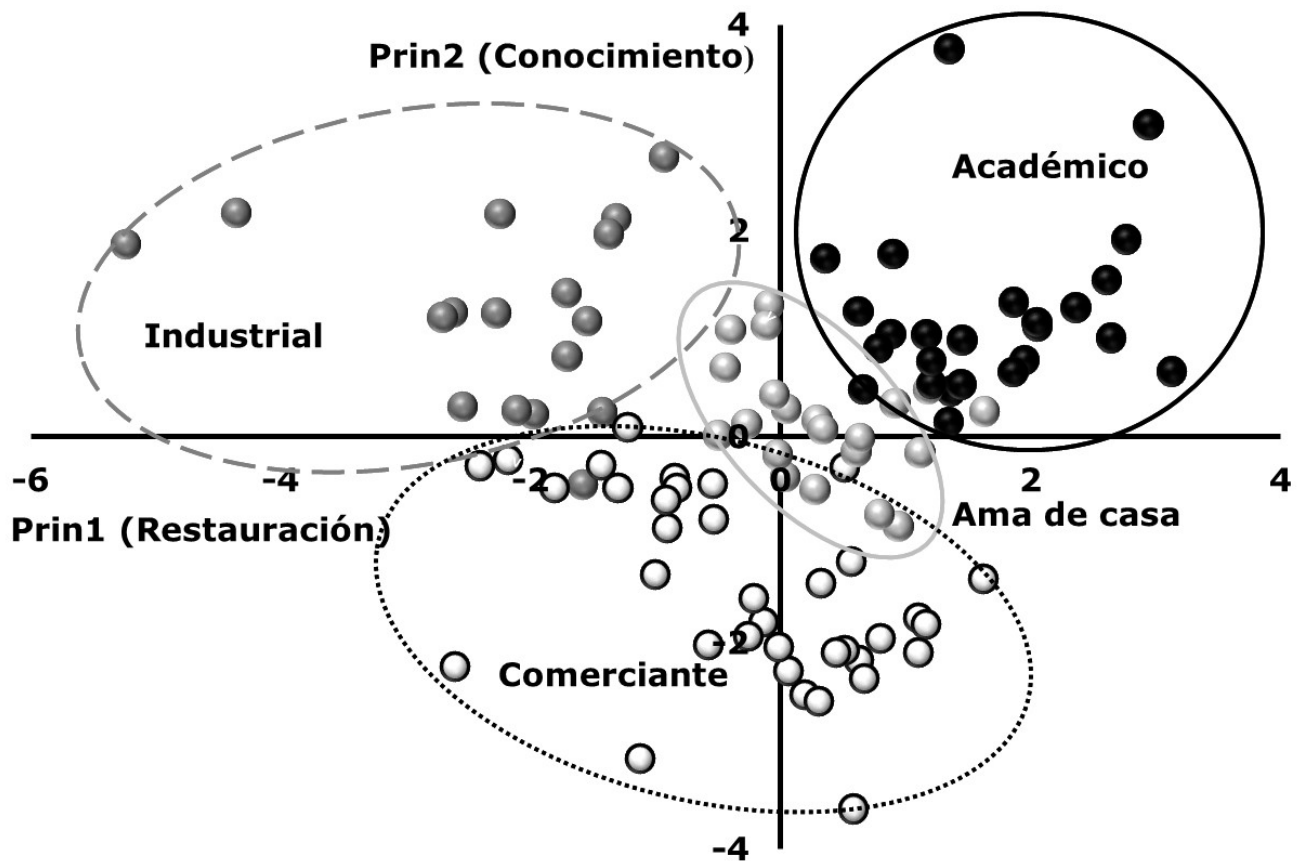


Figura 3. Factores sobre conocimiento de servicios ecosistémicos (Prin1) y disposición a restaurar el arbolado urbano (Prin2) en la ciudad de Poza Rica, Veracruz.

Los académicos mostraron el mayor interés por restaurar el arbolado urbano, seguido por las amas de casa y los comerciantes. El IPCC (2014) y Checa (2016) postulan que los niveles de concientización sobre los problemas ambientales actuales y a futuro son mayores en los estratos sociales con remuneración de media a baja (subsistencia), por ser los que más resienten las alteraciones climáticas.

Un porcentaje alto de los encuestados (73 %) indicó que existe una nula educación ambiental en la sociedad, lo que provoca que las personas no respeten al arbolado urbano, limitando su desarrollo. El restante 27 % señaló que las principales restricciones para el crecimiento del arbolado urbano en la ciudad, se relacionan con el manejo silvícola inadecuado (11 %), la falta de agua (10 %) y la presión por el espacio ante el aumento poblacional (6 %). Pérez *et al.* (2018) postularon que cuando los usuarios de las áreas verdes desconocen los beneficios que les proporcionan tienden a no valorarlas y en muchos casos a dañarlas.

Finalmente, todos los encuestados están conscientes de que los efectos del clima actual, como la intensidad en las temporadas de calor y la irregularidad en las lluvias se debe a la pérdida de los servicios ecosistémicos que las áreas verdes proporcionan a la ciudad, al ser insuficientes sus coberturas ante el crecimiento poblacional. En este sentido manifestaron que, en las campañas de restauración o reforestación, 49 % prefiere árboles de sombra, 26 % árboles de flores vistosas y 25 % árboles con frutos, debido a que mantienen fresco el ambiente, regulan la temperatura, dan belleza al lugar y son fuente de alimento.

Conclusiones

Las áreas verdes en la ciudad de Poza Rica, Veracruz son insuficientes para atender la demanda de una población que ha incrementado el uso urbano del suelo a 98 % de 1997 a 2016. El Índice Verde Urbano en m^2 *per capita* (12.21830) y en número de árboles por habitante (0.13527) con tasa media de crecimiento anual negativa, -0.83 y -0.01, respectivamente; son la consecuencia

de una presión urbana por nuevas áreas habitables donde no se valora el grado de bienestar ciudadano, ni la sostenibilidad urbana.

Los ciudadanos encuestados todos manifestaron reconocer la importancia de las áreas verdes en la ciudad; sin embargo, solo 52 % conoce los servicios ecosistémicos que proveen como la regulación de temperatura, ciclo hidrológico y calidad de aire respirable. La totalidad está consiente que la degradación de la áreas verdes y su insuficiente cobertura, ante el crecimiento poblacional, contribuye a los efectos del clima actual como la intensidad en las temporadas de calor y la irregularidad en las lluvias. El sector académico, las amas de casa y los comerciantes muestran mayor disponibilidad a restaurar e incrementar las áreas verdes en la ciudad, proponen esquemas de cooperación que integren a la educación ambiental, ya que consideran que el deterioro de las áreas verdes existentes se da porque los ciudadanos no las respetan.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) por la cátedra otorgada al primer autor. A las autoridades del Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza por las facilidades brindadas para la defensa de tesis de la Licenciatura en Ingeniería Forestal del segundo autor.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.



Contribución por autor

Alberto Santillán Fernández: conceptualización y diseño del estudio, análisis estadísticos y redacción del manuscrito final; Ilse Joselín Gómez Cruz: toma de datos en campo y análisis de la información; Cindy Emiliano Terrazas y Javier Vera López: análisis de la información y redacción del manuscrito original; Benigno Rivera Hernández: elaboración de mapas cartográficos mediante SIG y revisión de datos; Jaime Bautista Ortega: revisión, seguimiento de resultados y redacción del manuscrito final.

Referencias

- Alanís F., G. J. 2005. El arbolado urbano en el área metropolitana de Monterrey. *Ciencia UANL* 8(1):20-32.
- Bascuñán W., F., P. Walker F. y J. Mastrantonio F. 2007. Modelo de cálculo de áreas verdes en planificación urbana desde la densidad habitacional. *Urbano* 10(15):97-101.
- Benavides M., H. M. y D. Y. Fernández G. 2012. Estructura del arbolado y caracterización dasométrica de la segunda sección del Bosque de Chapultepec. *Madera y Bosques* 18(2):51-71. Doi: 10.21829/myb.2012.182352.
- Bozal, M. G. 2006. Escala mixta Likert-Thurstone. *ANDULI Revista Andaluza de Ciencias Sociales* 5:81-95.
- Cano O., A. 2009. Territorio y sostenibilidad: Aproximación a la huella ecológica de Andalucía. *Revista de Estudios Regionales* 84:115-145.
- Castro, S. 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. *Revista Reflexiones* 1(84):107-125.

Checa A., M. M. 2016. Las áreas verdes en la Ciudad de México. Las diversas escalas de una geografía urbana. *Biblio3W Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales* 21(1):1-22.

Comisión Nacional Forestal (Conafor). 2009. Restauración de ecosistemas forestales: guía básica para comunicadores.

<http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/7/579Restauraci%C3%B3n%20de%20ecosistemas%20forestales.pdf> (11 de abril de 2019).

Comisión Nacional Forestal (Conafor). 2012. Inventario Nacional Forestal y de Suelos: Manual y procedimientos para el muestreo de campo Re-muestreo 2012. <https://snigf.cnf.gob.mx/wp-content/uploads/Documentos%20metodologicos/2012/Manual%20remuestreo%202012.pdf> (13 de agosto de 2018).

Dobbs, C., D. Kendal and C. R. Nitschke. 2014. Multiple ecosystem services and disservices of the urban forest establishing their connections with landscape structure and sociodemographics. *Ecological Indicators* (43):44-45. Doi: 10.1016/j.ecolind.2014.02.007.

Escobedo, F. J., T. Kroeger and J. E. Wagner. 2011. Urban forests and pollution mitigation: analyzing ecosystem services and disservices. *Environmental Pollution* 159(8-9):2078-2087. Doi: 10.1016/j.envpol.2011.01.010.

Instituto Nacional de Ecología e Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INE-INEGI). 1997. Uso del suelo y vegetación, escala 1:250000, serie I. http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadata/gis/usv250kcs1agw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadata/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no (18 de junio de 2018).

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2001. Uso del suelo y vegetación, escala 1:250000, serie II.

http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/usv250ks2gw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no (18 de junio de 2018).

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2005. Uso del suelo y vegetación, escala 1:250000, serie III.

http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/usv250ks3gw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no (18 de junio de 2018).

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2009. Uso del suelo y vegetación, escala 1:250000, serie IV.

http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/usv250ks4gw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no (18 de junio de 2018).

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2013. Uso del suelo y vegetación, escala 1:250000, serie V.

http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/usv250s5ugw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no (18 de junio de 2018).

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2015. Censos económicos 2014: Veracruz de Ignacio de la Llave.

http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/Productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/CE_2014/702825083243.pdf (17 de junio de 2019).

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2016. Uso del suelo y vegetación, escala 1:250000, serie VI.

http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/usv250s6gw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no (18 de junio de 2018).

- Infante G., S. y G. Zárate L. 1990. Métodos estadísticos: un enfoque interdisciplinario. Ed. Trillas. México, D.F., México. 643 p.
- López F., S. L. 2008. Arbolado urbano en Mérida, Yucatán y su relación con aspectos socioeconómicos, culturales y de la estructura urbana de la ciudad. Tesis de Maestría. Cinvestav, Instituto Politécnico Nacional. Mérida, Yuc., México 132 p.
- Mena, C., Y. Ormazábal, Y. Morales, R. Santelices y J. Gajardo. 2011. Índices de área verde y cobertura vegetal para la ciudad de Parral (Chile), mediante fotointerpretación y SIG. *Ciencia Florestal* 21(3):521-531. Doi:10.5902/198050983809.
- Moreno-Mata, F. A. y D. M. Sánchez-Moreno. 2018. Ciudades biofílicas, espacios verdes y calidad de vida en la zona metropolitana de San Luis Potosí, México. *Legado de Arquitectura y Diseño* 14(24):48-59.
- Neckel, A., A. Pandolfo, W. J. Rojas J., G. Fanton, M. Salles, L. Pandolfo y J. Kurek. 2009. Recuperación ambiental de un área verde urbana. *Revista de Ciencia y Tecnología* 11(11):33-41.
- Orozco H., M. E. y G. A. García L. 2014. Walmart en áreas periurbanas de la ciudad de Toluca, México: efectos sociales, económicos y territoriales. *Convergencia* 21(64):93-116.
- Panel Intergubernamental de cambio climático (IPCC). 2014. Cambio climático 2014: Informe de síntesis. https://archive.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full_es.pdf (23 de junio de 2019).
- Peña S., C., O. Leyva C., R. Rojas C., A. Alonso N. y P. Íñiguez A. 2014. The identification and classification of green areas for urban planning using multispectral images at Baja California, Mexico. *WIT Transactions on Ecology and the Environment* 191(1):611-621. Doi:10.2495/SC140511.

Pérez M., R., A. Santillán F., F. D. Narváez Á., B. Galeote L. y N. Vásquez B. 2018. Riesgo del arbolado urbano: estudio de caso en el Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza, Puebla. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 9(45):208-228.
Doi: 10.29298/rmcf.v9i45.143.

Ponce D., M., O. Vallejos B., G. Daniluk M. y C. Avilés P. 2013. Comparación de siete fórmulas chilenas para la valoración del arbolado. *Agrociencia* 47(7):723-737.

Quantum GIS Development Team (QGISDT). 2018. Quantum GIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project.
<http://qgis.osgeo.org> (10 de junio de 2018).

Santana, L. 2010. Estimación de un índice de calidad ambiental urbano, a partir de imágenes de satélite. *Revista de Geografía Norte Grande* 45:77-95.
Doi:10.4067/S0718-34022010000100006.

The R Project for Statistical Computing (R Project). 2019. R version 3.6.1.
<https://www.r-project.org/> (8 de mayo de 2019).

Tovar C., G. 2006. Manejo del arbolado urbano en Bogotá. *Colombia Forestal* 9(19):187-205.

Velasco B., E., E. N. Cortés B., A. González H., F. Moreno S. y H. M. Benavides M. 2013. Diagnóstico y caracterización del arbolado del bosque de San Juan de Aragón. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 4(19):102-111. Doi: 10.29298/rmcf.v4i19.382.

Wardle, A. D. and M. Jonsson. 2014. Long-term resilience of above and belowground ecosystem components among contrasting ecosystems. *Ecology* 95(7):1836-1849. Doi: 10.1890/13-1666.1.



Todos los textos publicados por la **Revista Mexicana de Ciencias Forestales** –sin excepción– se distribuyen amparados bajo la licencia *Creative Commons 4.0* [Atribución-No Comercial \(CC BY-NC 4.0 Internacional\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/), que permite a terceros utilizar lo publicado siempre que mencionen la autoría del trabajo y a la primera publicación en esta revista.