



**Riesgo del arbolado urbano: estudio de caso en el Instituto  
Tecnológico Superior de Venustiano Carranza, Puebla**

Ramiro Pérez Miranda<sup>1</sup>

Alberto Santillán Fernández<sup>2\*</sup>

Fredy Donato Narváez Álvarez<sup>2</sup>

Bernardo Galeote Leyva<sup>2</sup>

Nehemías Vásquez Bautista<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales. INIFAP. México.

<sup>2</sup>Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza. México.

\*Autor por correspondencia, correo-e: [asantillanq@itsvc.edu.mx](mailto:asantillanq@itsvc.edu.mx)



**Resumen:**

El componente arbóreo en las zonas urbanas se posiciona como elemento fundamental de bienestar de los ciudadanos y del paisaje. Determinar el riesgo por posibles daños causados por el arbolado urbano es una tarea compleja que aborda varios aspectos. El trabajo que se describe a continuación consistió en inventariar los árboles urbanos y establecer indicadores de aversión al riesgo, así como sugerir prácticas silviculturales que minimicen la probabilidad de un desastre en la zona urbana. Se realizó un inventario del arbolado en el Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza (ITSVC) y se aplicaron encuestas al personal de dicha institución; los datos geográficos de los individuos muestreados se importaron a un programa de Sistemas de Información Geográfica para clasificar el nivel de riesgo. Para definir la percepción del riesgo se empleó estadística descriptiva y un Análisis de Componentes Principales (ACP). Se registraron 143 individuos de 12 especies. Se calculó un índice de  $0.30 \text{ árboles habitante}^{-1}$ . El miedo a la caída de ramas o árboles completos que pueda ocasionar daños a las instalaciones o transeúntes se explica con 38.94 % de la varianza total en los datos. La medida preventiva ante desastres ocasionadas por este factor es la reubicación de los ejemplares. Se determinó que, a medida que se tiene más información sobre las consecuencias de los desastres naturales, la percepción del riesgo es menor. La metodología propuesta puede extrapolarse a comunidades más extensas.

**Palabras clave:** Análisis de Componentes Principales, arbolado urbano, áreas verdes, inventario, riesgo, SIG.

Fecha de recepción/Reception date: 14 de agosto de 2017

Fecha de aceptación/Acceptance date: 4 de diciembre de 2017.

La percepción del riesgo por los posibles daños causados por el arbolado de las áreas verdes en zonas urbanas es un tema de investigación poco recurrente (Matheny y Clark, 2009; Pokorny, 2003). En ocasiones, los árboles tienen defectos estructurales propios (en raíces, tronco o ramas) o derivados de la falta de mantenimiento, lo que origina que se debiliten y provoquen problemas a la población que pueden ser fatales. En dicha condición, adquieren la calidad de ejemplares peligrosos o en riesgo (O'Brien *et al.*, 1992; Chacalo *et al.*, 1997).

La mayoría de los estudios sobre arbolado urbano se centra en los servicios (beneficios) y en los costos (de mantenimiento, principalmente) (Jim y Chem, 2009; Escobedo *et al.*, 2011; Delshammar *et al.*, 2015; Nowak *et al.*, 1997). Sin embargo, Koeser *et al.* (2016) mencionan que la generación de indicadores que ayuden a medir la percepción del riesgo es un mecanismo para la prevención de desastres naturales. Beck (2006) postula que el riesgo es propio de cada sociedad en un espacio y tiempo determinado, y que siempre está latente; hace una distinción entre el riesgo ecológico y el financiero. Establece que, socialmente, se tiene aversión al riesgo ecológico y se conceptualiza al financiero como un efecto secundario, pero se cataloga como desastre a un evento cuando hay pérdidas monetarias. Por su parte, Slovic *et al.* (1982) y García (2005) reconocen que, cuanto mayor sea el desconocimiento del desastre natural, menor será la aversión al riesgo.

En la actualidad, es evidente la expansión urbana por el creciente aumento poblacional; en este contexto, el componente arbóreo se posiciona como elemento fundamental de bienestar en el paisaje y ambiente urbanos (Sánchez y Rodríguez, 2014). El arbolado es considerado como un elemento importante dentro de la ciudad, pues brinda elementos ecológicos de trascendencia económica y social como el control de la contaminación, las barreras contra el viento, el amortiguamiento de ruidos, la formación de microclima, la infiltración de agua a los mantos freáticos, la

producción de oxígeno, la reducción de la erosión del suelo, abrigo y alimento para la fauna silvestre, la captura de dióxido de carbono, la promoción de turismo y del soporte cultural, así como el incremento del valor de la propiedad, por ejemplo (Alanís, 2005; Jim y Chen, 2009; Peterson y Straka, 2011; Urbano, 2013; Peckham *et al.*, 2013; Pimienta *et al.*, 2014).

Por su ubicación geográfica (parques, avenidas, plazas, áreas deportivas y universitarias, etcétera), el arbolado puede ocasionar perjuicios en calles, avenidas y camellones por su constante competencia con el desarrollo urbano (Tovar, 2006; Benavides *et al.*, 2012), de forma que el riesgo es mayor en la medida en la que existan más árboles, pues se maximiza la probabilidad de caída de ramas o de individuos completos. En consecuencia, las vías quedan obstruidas y se daña la infraestructura; a la sociedad, el arbolado profuso le genera inseguridad. A esta situación habría de agregarse el problema del desplazamiento que enfrentan las especies nativas ante la introducción de especies exóticas (Escobedo *et al.*, 2011; Dobbs *et al.*, 2014).

Por lo tanto, es crucial una ordenación del arbolado urbano (Otaya *et al.*, 2006) para plantear medidas correctivas, mediante prácticas silviculturales en áreas con alta densidad, como podas y aclareos; para evitar futuros daños a la ciudad es necesario seleccionar espacios propicios para la ubicación y reubicación de árboles o bosques urbanos, para lo cual los Sistemas de Información Geográfica (SIG) actúan como una herramienta de gran eficiencia (Van Egem *et al.*, 2002).

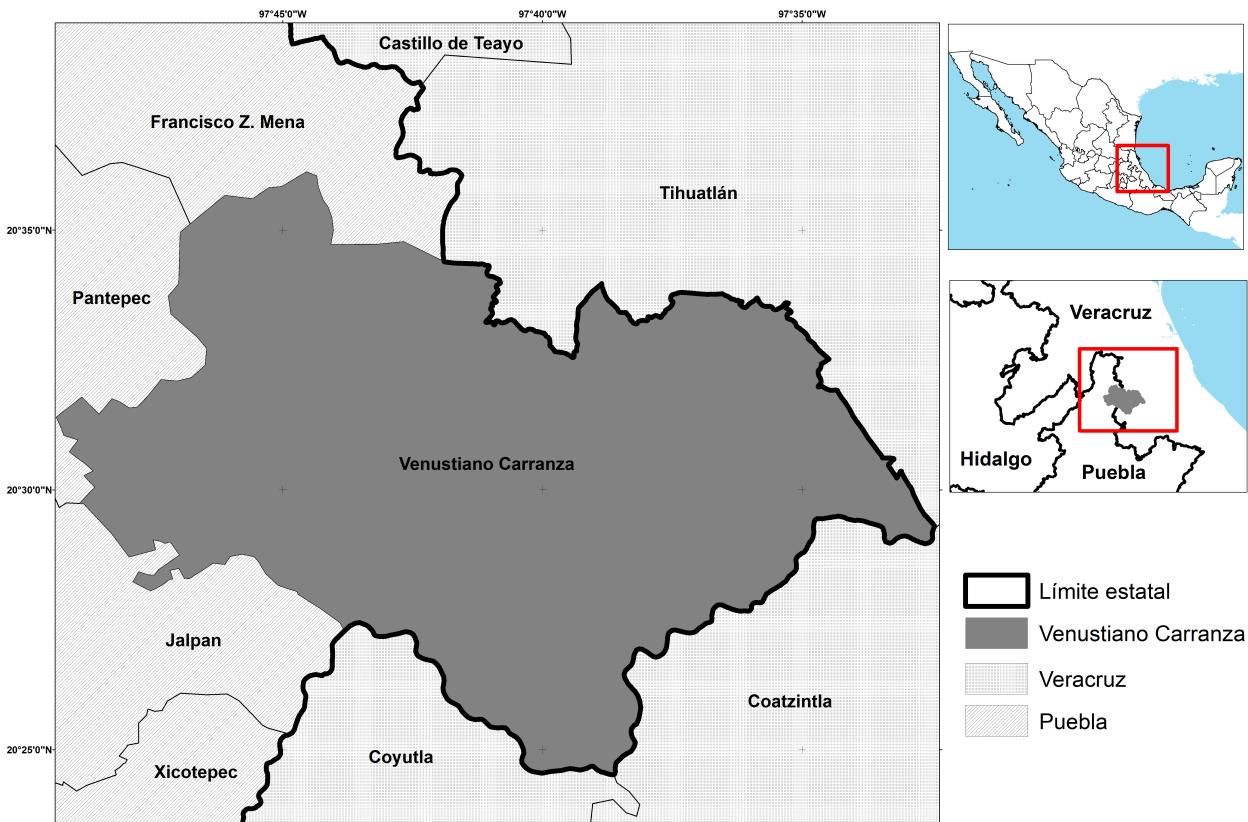
El crecimiento de las concentraciones humanas ha incrementado el interés por estudiar y manejar de forma sustentable el arbolado de las ciudades dentro y en sus alrededores. Ante este panorama, su ordenación mediante los SIG ha mostrado resultados satisfactorios para digitalizar las características dasométricas, obtener inventarios y generar información espacial para la toma de decisiones en el ámbito urbano, como una herramienta para la creación de planes de contingencia para preservar y mejorar las áreas verdes (Pauleit y Duhme, 2000; Rivas, 2000; Otaya *et al.*, 2006; Martínez e Islas, 2008; Yépez y Lozano, 2014).

En México, se han desarrollado investigaciones con resultados exitosos que emplean a los SIG en la caracterización y ordenación del arbolado urbano; tal es el caso de Alanís (2005) en la ciudad de Monterrey; López (2008) en Mérida, Yucatán; Benavides *et al.* (2012) y Velasco *et al.*, 2013 en la Ciudad de México. El tema de los beneficios y costos de la creación, adopción y mantenimiento de áreas verdes ha sido recurrente en los últimos 20 años en el país (Chacalo y Turpin, 1997; Nowak *et al.*, 1997; Chacalo, 2012; Galindo y Victoria, 2012). No obstante, poco se ha abordado sobre la percepción de la sociedad del riesgo por posibles daños causados por el arbolado urbano; los estudios relacionados se enfocan a evaluar los elementos de los árboles que implican un riesgo para la población. En virtud de ello, el objetivo del presente trabajo consistió en desarrollar un inventario del arbolado urbano y establecer indicadores de aversión al riesgo, con el uso de estadística multivariada y Sistemas de Información Geográfica, así como sugerir prácticas silviculturales que minimicen la probabilidad de un desastre en la zona urbana del Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza (ITSVC), localizado en el norte de Puebla.

## El área de estudio

El municipio Venustiano Carranza se localiza en la región Sierra Norte de Puebla, en el estado del mismo nombre, entre los paralelos 20°24' y 20°36' norte, los meridianos 97°32' y 97°50' oeste (Figura 1), en altitudes de 80 a 500 m (Inegi, 2009). Limita al norte con los municipios Pantepec, Francisco Z. Mena y el estado de Veracruz; al este y al sur con la citada entidad; y en esta dirección con el municipio Jalpan; al oeste con este último y con Pantepec (Inegi, 2009). Los climas que predominan son dos: en las partes altas el cálido húmedo, con abundantes lluvias en verano. y en las partes bajas, el cálido subhúmedo con lluvias en verano. La temperatura predominante es de 24 a 26 °C, y la precipitación pluvial en las zonas altas de 1 500 a 2 000 mm y en las bajas 1 200 a 1 500 mm. Los tipos de suelo presentes son los siguientes: Regosol (40 %), Phaeozem (28 %), Vertisol (13 %), Nitrosol (12 %) y Leptosol

(5 %). En relación al uso de suelo y la vegetación, están presentes la agricultura, la zona urbana, el pastizal y la selva alta perennifolia (Inegi, 2009, 2015).



**Figura 1.** Localización del municipio Venustiano Carranza Puebla, donde se asienta el Instituto Tecnológico Superior Venustiano Carranza.

## Descripción socioeconómica del área de estudio

En el municipio existe una población total de 29 090 personas, 47.6 % son hombres y 52.4 % mujeres. En las ciudades viven 18 516 personas y en el ámbito rural 9 374. De acuerdo al indicador social que mide la pobreza, se cuenta con los siguientes datos: en situación de pobreza total, 20 880

---

habitantes; pobreza extrema: 6 640 y pobreza moderada 14 240. El municipio provee 61.08 % del servicio de agua, 90.07 % de drenaje y 97.46 % de electricidad (CEIEGEP, 2017).

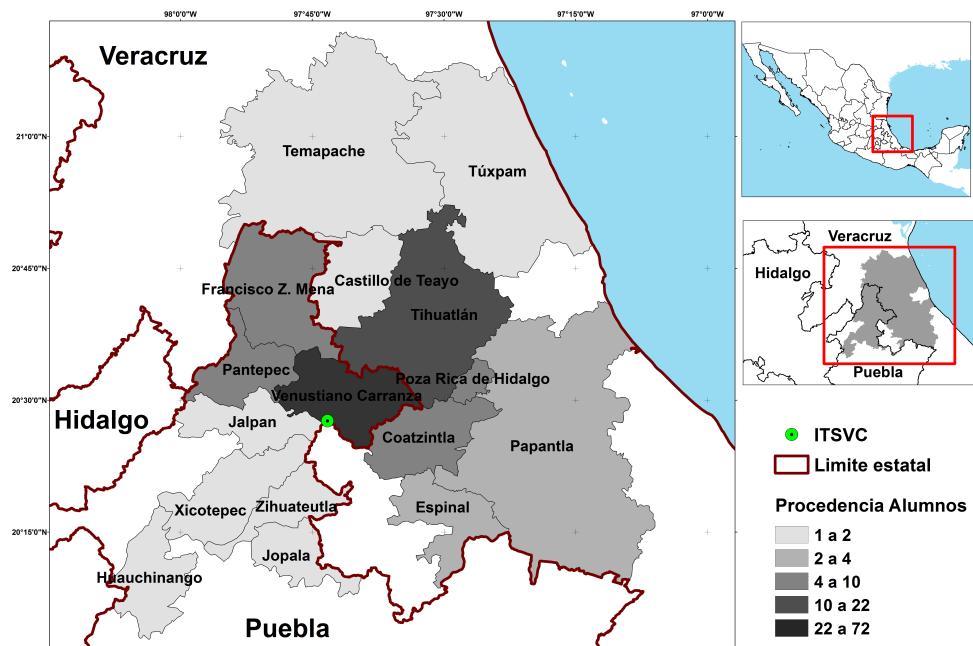
El valor de la producción agrícola en el municipio es de 113.25 millones de pesos, lo que representa 0.87 % de la estatal y la producción de carne de canal alcanza 39.7569 millones de pesos, equivalente a 0.32 % con respecto a la del estado (CEIEGEP, 2017).

La población con ocupación remunerada es de 2 966 habitantes, de los cuales 1 518 son hombres y 1 448 mujeres. De estos, el sector secundario ocupa 546 y el terciario 2 420 personas. En cuanto al nivel educativo, de acuerdo a la Secretaría de Educación Pública en el 2010 la cobertura municipal en preescolar era de 3.70 %, primaria 2.19 %, secundaria 5.13 %, media superior 0.00 % y superior 8.10 % (CEIEGEP, 2017).

## **Instituto Tecnológico Superior Venustiano Carranza**

El Instituto Tecnológico Superior Venustiano Carranza es una institución de educación superior ubicada en el municipio Venustiano Carranza, Puebla; se localiza en la coordenada geográfica 20°28'19.46" norte y 97°41'56.77" oeste, a 130 msnm; el tipo de vegetación dominante es la selva alta perennifolia (Inegi, 2017).

El ITSVC tiene una concurrencia de 477 personas en promedio, entre estudiantes de las carreras de ingeniería (Forestal, Geociencias, Industrias Alimentarias, Sistemas Computacionales y Gestión Empresarial), personal docente y administrativo. Existe una alta diversidad en aspectos culturales, religiosos y económicos acentuada principalmente por la procedencia del alumnado, de municipios de dos entidades federativas, Puebla: Venustiano Carranza, Pantepec, Jalpan, Xicotepec, Zihuateutla, Jopala y Huauchinango; y Veracruz: Tihuatlán, Francisco Z. Mena, Coatzintla, Poza Rica, Espinal, Papantla, Tuxpan, Temapache y Castillo de Teayo (Figura 2).



**Figura 2.** Ubicación espacial del Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza y procedencia de los alumnos.

## Descripción del arbolado urbano en el ITSVC

La caracterización del arbolado urbano se basó en el método propuesto por Benavides *et al.* (2012); para ello, en octubre del 2016 se hizo un inventario en el que se registraron datos de especie, diámetro normal (D), altura total (H) y la ubicación geográfica del árbol muestreado. A cada individuo se le asignó un número consecutivo, para mantener un orden de registro, los cuales se digitalizaron en el programa QGIS 2.18.11 (QGISDT, 2017). Con la herramienta *heatmap* (mapa de calor), se generó un mapa cartográfico sobre la densidad del arbolado, que permitió definir los niveles de densidad (alta, media, baja y nula). Se utilizó el método propuesto por Otaya *et al.* (2006) y Escobedo *et al.* (2011) para clasificar el nivel de riesgo y adoptar medidas óptimas de prevención o corrección.

## Percepción del riesgo por el arbolado urbano en el ITSVC

Posterior al levantamiento del inventario, en los meses de febrero y marzo de 2017, se aplicó una encuesta a 206 estudiantes de una matrícula total de 408. La muestra se distribuyó en las cinco carreras profesionales existentes en la institución: 55 en Ingeniería Forestal (IFOR), 64 a Geociencias (IGEO), 40 a Industrias Alimentarias (IIAL), 33 a Sistemas Computacionales (ISIC) y 14 a Gestión Empresarial (IGE). Además, se hicieron 30 entrevistas a docentes (15), administrativos (11), vigilantes (2) e intendentes (2). La encuesta incluyó información sobre edad, escolaridad, sexo, aversión al riesgo mediante una escala de *Likert* (muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo) y actividades por implementar en el ITSVC para minimizar los posibles daños por el arbolado ante desastres naturales y antrópicos. La información recabada se complementó con pláticas con expertos en el tema.

Una vez descrito el arbolado, se determinó la aversión al riesgo que los individuos bajo estudio perciben, con el supuesto de que en áreas cercanas a las instalaciones al ITSVC y de las de vías más concurridas, se distribuye espacialmente la mayor densidad de arbolado. Por lo tanto, para definir la percepción del riesgo, se empleó estadística descriptiva y un Análisis de Componentes Principales (ACP). Para una mejor representación de los resultados, se promediaron los Eigenvalores de la Componente 1 y 2, por ingeniería.

## Caracterización del arbolado urbano en el ITSVC

En el inventario, se registró un total de 143 individuos distribuidos en 12 especies: seis nativas [*Guazuma ulmifolia* Lam., *Parkinsonia aculeata* L., *Quercus rugosa* Née, *Salix humboldtiana* Willd., *Spondias mombin* L. y *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC.]; además de, seis introducidas [*Acacia mangium* Willd., *Cecropia obtusifolia* Bertol., *Delonix regia* (Bojer ex Hook.) Raf., *Eucalyptus globulus* Labill, *Ficus benjamina* L. y

*Gmelina arborea* Roxb.]. Las especies nativas representan 15 % de la población total, de las cuales *P. aculeata* y *S. humboldtiana* son las de mayor densidad (siete cada una) y las introducidas conforman el resto (85 %); de este grupo, *G. arborea* sobresale (79 individuos). Los taxa introducidos ocupan la superficie de distribución más extensa; ante este panorama, existe la posibilidad de que no se cumpla con el criterio definido por Van Egem *et al.* (2002), quienes consideran necesario realizar, para el establecimiento de este tipo de árboles, previamente un análisis multicriterio (exclusión de áreas con restricciones, identificación de áreas apropiadas y selección de espacios factibles) para ubicar bosques urbanos en los mejores espacios.

La mayor densidad del arbolado (52 %) se localiza en los sitios más concurridos en la institución: la calzada principal (25 %), el estacionamiento (19 %) y la cafetería (8 %) (Figura 3). Este resultado se atribuye a una mala selección del sitio en el que fueron ubicados los árboles; por lo tanto, es posible que, en un futuro, esas áreas presenten una mayor probabilidad de riesgo de desrame o caída completa de los árboles, por eventos naturales o antrópicos. Ante este posible escenario, Otaya *et al.* (2006) y Escobedo *et al.* (2011) proponen una clasificación para definir el nivel de riesgo y adoptar medidas de prevención o correctivas mediante un plan de contingencia, cuyo objetivo es mitigar los efectos adversos posibles derivados de un desastre natural o antrópico. En el Cuadro 1, se describe la clasificación de riesgo de los árboles en la Institución bajo estudio.



**Cuadro 1.** Clasificación del riesgo del arbolado en el ITSVC, según su fisiología y ubicación.

Riesgo	Descripción	Medidas correctivas	
		Poda	Retiro
Alto (52 %)	Árboles en un radio menor a 10 m de las zonas de construcción o áreas concurridas	No	Si
Medio (36 %)	Árboles en un radio de 10 a 20 m de las zonas de construcción o áreas concurridas	Si (30 % de ramificación)	No
Bajo (12 %)	Árboles en sitios distantes de construcciones o áreas concurridas	Si (60 % de ramificación)	No

Cabe mencionar que dicho plan es importante y debe ser oportuno, ya que en un clima caluroso y con fuerte radiación solar es substancial considerar los servicios ambientales que ofrece el arbolado en los lugares concurridos dentro de la zona urbana, ya que los árboles provén efectos benéficos al interceptar la excesiva radiación solar, asimismo las altas temperaturas disminuyen con la absorción del calor, por parte de la vegetación (Sorensen *et al.*, 1998; Lizana, 2003).

En sus estudios sobre la huella ecológica en áreas urbanas, Cano (2009) recomienda, con base en la Organización Mundial de la Salud, que para obtener un grado de bienestar ciudadano alto deben coexistir en el territorio al menos 1 árbol por cada 3 personas ( $0.33 \text{ árboles habitante}^{-1}$ ); dicho criterio no lo cumplen las áreas de ITSVC, donde se determinó un índice de  $0.30 \text{ árboles habitante}^{-1}$ . Ante este déficit en la relación área verde por habitante, es necesario incrementar la densidad arbórea en áreas que representan un nivel de riesgo bajo para la población. Se requiere instrumentar programas de reforestación con árboles y arbustos, mediante una planeación de selección de especies adecuadas; ubicar sitios óptimos

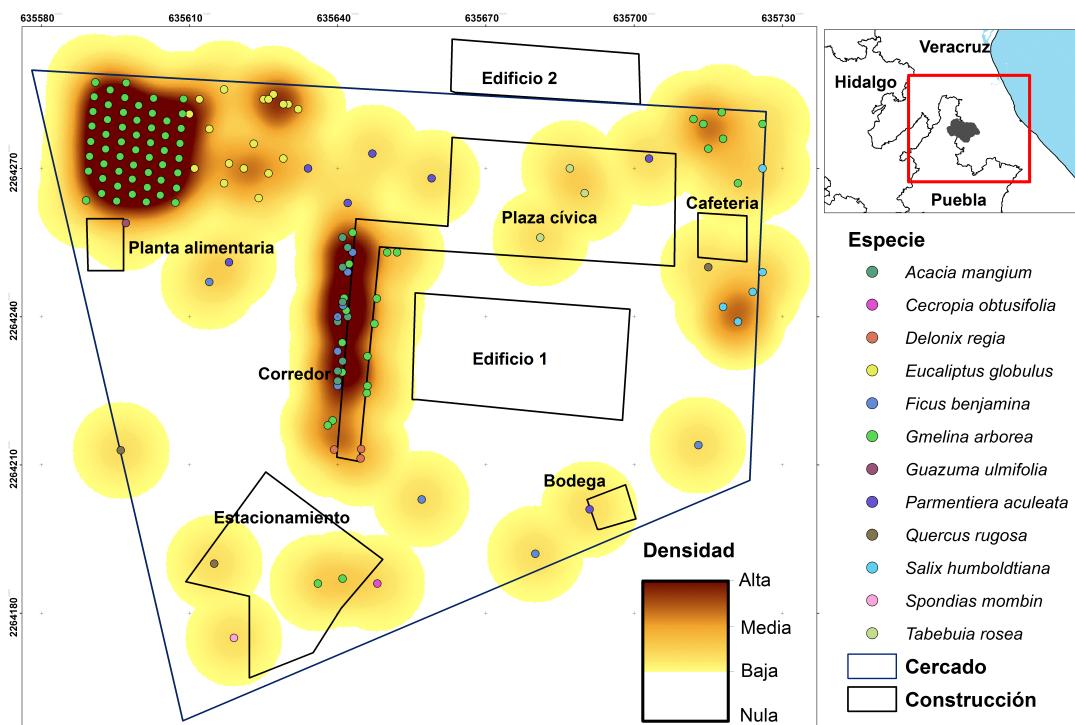
---

para albergar vida arbórea, mantenimiento y cuidado de la vegetación plantada. El arbolado urbano es un elemento esencial para el bienestar individual y espiritual, que responde a derechos y deberes para toda la sociedad de gozar de servicios ambientales (Roy *et al.*, 2012; Peckham *et al.*, 2013).

Adicionalmente, de los beneficios físicos y psicológicos que proporciona el arbolado de las ciudades a la población, también hay aportes en el ámbito ecológico, por su participación en la reducción de la contaminación eólica y acústica, en la regulación del balance térmico y en la absorción del carbono atmosférico. Además, son hábitat de fauna silvestre, retienen y filtran el agua de lluvia, mejoran la calidad del aire, entre otras funciones. Las del orden socioeconómico se refieren al mejoramiento del paisaje urbano, al valor agregado a la propiedad, la educación ambiental y la tranquilidad que propician con su sombra y protección.

Por lo anterior, es importante realizar una planificación adecuada del espacio, el suelo, el manejo de especies, el mantenimiento y la sanidad del arbolado urbano. De esta forma se evitan problemas de riesgo a la población humana, y se reducen los costos de mantenimiento y la exposición a desastres naturales (García y Pérez, 2009).



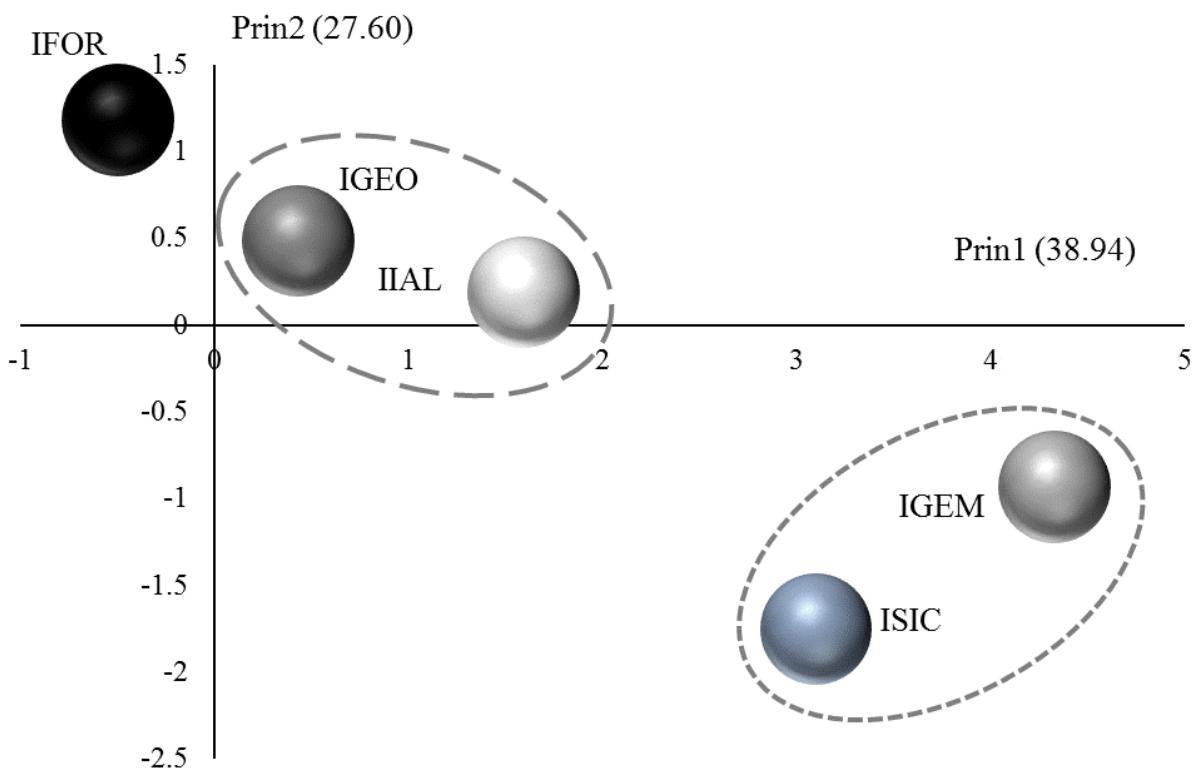


**Figura 3.** Densidad del arbolado en el ITSVC obtenida mediante la técnica heatmap de SIG.

## Percepción del riesgo por el arbolado urbano en el ITSVC

Del Análisis de Componentes Principales (ACP) resultó que la primera componente (Prin1) agrupa variables sobre el miedo a la caída de ramas o individuos completos que pueda ocasionar daños a las instalaciones o transeúntes; explicó 38.94 % de la varianza total en los datos. La segunda componente (Prin2) contempla variables sobre las consecuencias económicas (afectaciones a inmuebles y propiedades que generen gastos de reparación) y sociales (afectaciones a personas), que producen los desastres naturales y aporta 27.60 % de la covarianza total; entre ambas explican 66.54 % de la varianza total de los datos (Figura 4). Estos datos concuerdan con lo que establecen Slovic *et al.* (1982) y Beck (2006) en el entendido de que a medida que se tiene más información sobre las consecuencias de los

desastres naturales, la percepción del riesgo es menor; lo anterior puede ser la razón de por qué en el ITSVC, la población de las ingenierías de perfil industrial como en Gestión Empresarial (IGEM) y en Sistemas Computacionales (ISIC) registraron los mayores niveles de percepción de riesgo. Por el contrario, las disciplinas cuya vocación es ambiental, como la Forestal (IFOR) y en Geociencias (IGEO), tienen mayor aversión al riesgo.



Carreras profesionales en ingenierías: Forestal (IFOR); Geociencias (IGEO); Industrias Alimentarias (IIAL); Sistemas Computacionales (ISIC); Gestión Empresarial (IGE).

**Figura 4.** ACP para determinar la aversión al riesgo por el arbolado urbano en el ITSVC en función del grado de conocimiento de los daños ocasionados por los desastres naturales.

A pesar de que la percepción al riesgo por posibles daños causados por el arbolado en el ITSVC varía en función de los perfiles que siguen las diferentes ingenierías en el Instituto, impera en la mayoría de la población un sentimiento ecologista que prefiere la reubicación de las instalaciones para prevenir desastres (75 %) antes que el derribo de los árboles (15.28 %) (Cuadro 2). Esa sensación, según Urbano (2013), es recurrente en las sociedades contemporáneas por la cantidad de información y difusión que se ha desarrollado en torno a conceptos como cambio climático, sustentabilidad y conservación del ambiente.

**Cuadro 2.** Medidas preventivas ante posibles desastres ocasionados por el arbolado en el ITSVC.

Ingeniería	Medidas preventivas sugeridas ante posible desastre natural		
	Reubicación de instalaciones	Derribo de arbolado	Otra <sup>1</sup>
IFOR	76.36	10.91	12.73
IGEM	78.57	21.43	00.00
IGEO	67.19	17.19	15.63
IIAL	82.50	15.00	02.50
ISIC	78.79	12.12	09.09
Total	75.00	15.28	09.72

Carreras profesionales en ingeniería: IFOR = Forestal; IGEO = Geociencias; IIAL = Industrias Alimentarias; ISIC = Sistemas Computacionales; IGEM = Gestión Empresaria; <sup>1</sup> = Incluye aspectos sobre manejo silvícola del arbolado (poda y aclareo).

El inventario del arbolado del Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza sirvió para analizar la espacialidad y distribución de los árboles, que son cruciales para generar recomendaciones ante la aversión al riesgo de la comunidad del centro de estudio.

Los indicadores en este trabajo fueron instrumentos útiles para estimar la percepción del riesgo de la población del Instituto, los cuales generaron propuestas de medidas correctivas para la prevención de desastres naturales.

El empleo de las herramientas estadísticas y de los sistemas de información geográfica permite crear indicadores espaciales sólidos. Estas herramientas son útiles para los tomadores de decisiones, puesto que permiten optimizar un plan de manejo del arbolado urbano, mediante la programación de actividades que minimizan los escenarios de riesgo en las zonas urbanas.

La educación y la información que posee la comunidad del Instituto han favorecido la opinión positiva de la importancia de conservar las áreas verdes. Sin embargo, aún varía la percepción del riesgo por caída o afectaciones viales que pueda ocasionar algún fenómeno meteorológico de gran intensidad o por edad avanzada de los árboles; aunque de manera general, la percepción del riesgo es menor.

La atención a las áreas con mayor vulnerabilidad para la población y el reordenando de especies en sitios incorrectos fueron las prácticas más sugeridas.

### **Agradecimientos**

Los autores desean expresar su agradecimiento a las autoridades del ITSVC por haber permitido ejecutar el proyecto “Percepción del riesgo por el arbolado urbano ante desastres naturales: estudio de caso en el Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza, Puebla”.

## **Conflictos de Intereses**

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

## **Contribución por Autor**

Ramiro Pérez Miranda: conceptualización y diseño del estudio, redacción del manuscrito original; Alberto Santillán Fernández: desarrollo de mapas cartográficos mediante los SIG y del análisis de componentes principales, revisión y redacción del manuscrito final; Fredy Donato Narváez Álvarez: análisis estadísticos y redacción del manuscrito original; Bernardo Galeote-Leyva: revisión de datos y análisis de la información, redacción del manuscrito original; Nehemías Vásquez Bautista: revisión y seguimiento de resultados.

## **Referencias**

Alanís F., G. J. 2005. El arbolado urbano en el área metropolitana de Monterrey. Ciencia UANL 8(1): 20-32.

Beck, U. 2006. Living in the world risk society. Economy and society 35(3): 329-345.

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.

Chacalo, A., J. Grabinski and A. Aldama. 1997. Site limitations for tree growth in Mexico City. Proceedings METR1A. Ohio State University.

<http://www.ohiostate.edu/METRIA/> Metria9.html (20 de septiembre de 2017).

Chacalo H., A. y S. Turpin. 1997. Beneficios de los árboles en la ciudad. *In:* Chacalo H., A. (ed.). Manejo del arbolado urbano. UNAM. México, D. F., México. pp. 25-33.

- Chacalo H., A. 2012. El cuidado de los árboles en ambientes urbanos. Propuestas para la Gestión de los Parques en México  
[http://www.organicaeditores.mx/biblioteca/parques2012/contenido/0\\_ContDesc\\_Chacalo.pdf](http://www.organicaeditores.mx/biblioteca/parques2012/contenido/0_ContDesc_Chacalo.pdf) (20 de septiembre de 2017).
- Cano O., A. 2009. Territorio y sostenibilidad. Aproximación a la huella ecológica de Andalucía. *Revista de Estudios Regionales* 84:115-145.
- Comité Estatal de Información Estadística y Geográfica del Estado de Puebla (CEIEGEP). 2017. Información Básica del Municipio: Venustiano Carranza. Fichas municipales.  
<http://www.coteigep.puebla.gob.mx/est231.php?muni=21194> (13 de agosto de 2017).
- Delshammar, T., J. Östberg. and C. Öxell. 2015. Urban trees and ecosystem disservices-a pilot study using complaints records from three Swedish cities. *Arboriculture and Urban Forestry* 41(4):187-193.
- 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.
- 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.
- Galindo B., A. S. y R. Victoria U. 2012. La vegetación como parte de la sustentabilidad urbana: beneficios, problemáticas y soluciones, para el Valle de Toluca. *Quivera* 14(1): 98-108.
- García A., V. 2005. El riesgo como construcción social y la construcción social de riesgos. *Desacatos, Revista de Ciencias Sociales* 19: 11-24.
- García., N. y T. Pérez. 2009. El verde urbano: indicador de sostenibilidad. Su incidencia en la calidad de vida del sancristobalense. *In: 7<sup>th</sup> Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology*

(LACCEI' 2009). Energy and Technology for the Americas: Education, Innovation, Technology and Practice. June 2-5. San Cristobal, Venezuela. pp. 1-11.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi). 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. [http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos\\_geograficos/21/21194.pdf](http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/21/21194.pdf) (1 de agosto de 2017).

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi). 2015. Anuario estadístico y geográfico de Puebla. INEGI. Aguascalientes, Ags., México. 827 p.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi). 2017. Espacio y datos de México. <http://www.beta.inegi.org.mx/app/mapa/espacioydatos/> (15 julio de 2017).

Jim, C. Y. y W. Y. Chen. 2009. Ecosystem services and valuation of urban forests in China. *Cities* 26(4): 187-194.

Koeser, A. K., R. J. Hauer, J. W. Miesbauer and W. Peterson. 2016. Municipal tree risk assessment in the United States: Findings from a comprehensive survey of urban forest management. *Arboricultural Journal* 38(4):218-229.

Lizana, C. 2003. Programa de arborización urbana para la Región Metropolitana de Santiago. *Revista Urbano* 6(8):15-21.

López F., I. S. 2008. Arbolado urbano en Mérida, Yucatán y su relación con aspectos socioeconómicos, culturales y de la estructura urbana de la ciudad. Tesis de Maestría. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Mérida, Departamento de Ecología Humana. Mérida, Yuc., México. 161 p.

Martínez T., T. y L. Islas R. 2008. Aplicación de los sistemas de información geográfica en el manejo del arbolado urbano. *Revista Arbolama* 1(1):16-25.

Matheny, N. and J. Clark. 2009. Tree risk assessment. *Arborist News* 19(1):28-33.

- Nowak, D. J., J. F. Dwyer y G. Childs. 1997. Los beneficios y costos del enverdecimiento urbano. *In: Krishnamurthy, L. y J. Rente N. (eds.). Áreas verdes urbanas en Latinoamérica y el Caribe. Banco Interamericano de Desarrollo. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Edo. de Méx., México.* pp. 18 -38.
- O'Brien, J. G., P. J. Bedker and M. E. Mielke. 1992. Urban tree risk management: a community guide to program design and implementation. U.S. Department of Agriculture. NE Area. St Paul, MN, USA. 247 p.
- Otaya B., L. A., R. J. Sánchez Z., L. Morales S. y V. Botero F. 2006. Los sistemas de información geográfica (SIG), una gran herramienta para la silvicultura urbana. *Revista Facultada Nacional de Agronomía* 59(1): 3201-3216.
- Pauleit, S. and F. Duhme. 2000. GIS assessment of Munich's urban forest structure for urban planning. *Journal of Arboriculture* 26(3):133-141.
- Peckham, S. C., P. N. Duinker and C. Ordóñez. 2013. Urban forest values in Canada: Views of citizens in Calgary and Halifax. *Urban Forestry and Urban Greening* 12:154-162.
- Peterson, K. S. and T. J. Straka. 2011. Specialized discounted cash flow analysis formulas for valuation of benefits and costs of urban trees and forests. *Arboriculture and Urban Forestry* 37(5):200-206.
- Pimienta B., E., C. Robles M., S. Carvajal, A. Muñoz U., C. Martínez Ch. y S. de León S. 2014. Servicios ambientales de la vegetación en ecosistemas urbanos en el contexto del cambio climático. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 5(22):28-39.
- Pokorny, J. D. 2003. Urban tree risk management: A community guide to program design and implementation. USDA Forest Service, Northeastern Area, State and Private Forestry NA-TP-03-03. Saint Paul, MN, USA. 194 p.
- Quantum GIS Development Team (QGISDT). 2017. Quantum GIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org> (10 de junio de 2017).

- Rivas T., D. 2000. ÁrbolSig: Sistema de Información Geográfica para Árboles Urbanos. Colombia. Universidad Distrital “Francisco José de Caldas”, Facultad de Ingeniería, Especialización en Sistemas de Información Geográfica. Santa Fe de Bogotá, DC, Colombia. 52 p.
- Roy, S., J. Byrne and C. Pickering. 2012. A systematic quantitative review of urban tree benefits, costs, and assessment methods across cities in different climatic zones. *Urban Forestry and Urban Greening* 11(4): 351-363.
- Sánchez Á., O. J. y L. A. Rodríguez P. 2014. Valoración del arbolado en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas (Famarena) con tecnología field-map. *Boletín Semillas Ambientales* 8(2): 13-18.
- Slovic, P., B. Fischhoff and S. Lichtenstein. 1982. Why study risk perception? *Risk analysis, an International Journal* 2(2): 83-93.
- Sorensen, M., V. Barzetti, K. Keipi y J. Williams. 1998. Manejo de áreas verdes urbanas. Documento de buenas prácticas. Banco Interamericano de Desarrollo. Washington, DC, USA. pp. 19-32.
- Tovar C., G. 2006. Manejo del arbolado urbano en Bogotá. *Colombia Forestal* 9(19): 187-205.
- Urbano L. de M., B. 2013. Naturación urbana, un desafío a la urbanización. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 19(2): 225-235.
- Van Egem, B., T. Embo, B. Muys and N. Lust. 2002. A methodology to select the best locations for new urban forest using multicriteria analysis. *Forestry* 75(1): 13-23.
- 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.
- Yépez R., F. D. y D. F. Lozano G. 2014. Mapeo del arbolado urbano con lidar aéreo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 5(26): 58-74.