



DOI: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v11i60.719>

Artículo

## Evaluación de la monumentalidad de árboles urbanos en México

### Assessment of monumentality of urban trees in Mexico

Nazly A. Mejorado Velazco<sup>1</sup>, José Luis Romo Lozano<sup>1\*</sup>, Antonio Villanueva Morales<sup>1</sup>  
Amparo M. Borja De la Rosa<sup>1</sup>

#### Abstract

The evaluation of monumental trees is an important activity to promote their preservation. Based on the reviewed literature, there is currently no clear and enough legislation in Mexico to provide protection for them. The objective of this research was to evaluate the monumentality of some of the most iconic urban trees in the Mexican territory, which are located in different states. The specimens evaluated were *El Tule*, *El Sabino*, *El Ahuehuete*, *La Higuera*, *El Baobab*, *El Ginkgo* and *El Árbol de los Acuerdos*. Five criteria were defined for the evaluation: tree size, conservation status, cultural importance, landscape importance and rarity. The establishment of the criteria was based on known methodologies used in the valuation of the trees. The PROMETHEE II method was used to determine monumentality. The results of the study indicated that *El Tule*, located in the state of *Oaxaca*, and *El Árbol de los Acuerdos*, in the State of Mexico, have particular characteristics that stand out from the rest of the individuals considered in the study. The first one was graded with the greatest monumentality, based upon the highest preferences from its own attributes.

**Keywords:** Multi-criteria analysis, monumental trees, urban trees, cataloguing singular trees, evaluation of trees, PROMETHEE method.

#### Resumen

La evaluación de los árboles monumentales es una actividad importante para promover su preservación. Según la revisión bibliográfica realizada, se encontró que, actualmente, no existe una legislación clara y suficiente en México para brindar protección a este tipo de individuos arbóreos. El objetivo de esta investigación fue evaluar la monumentalidad de árboles urbanos en México, con la participación de 15 expertos en el tema. Los ejemplares evaluados fueron: "El Tule"; "El Sabino"; "El Ahuehuete"; "La Higuera"; "El Baobab"; "El Ginkgo" y "El Árbol de los Acuerdos"; todos ellos ubicados en diferentes estados del territorio mexicano. Se definieron cinco criterios para la evaluación: tamaño del árbol, estado de conservación, importancia cultural, importancia del paisaje y rareza. El establecimiento de los criterios se basó en metodologías conocidas y utilizadas en la valoración de los árboles. El método *PROMETHEE II* se utilizó para determinar la monumentalidad. Los resultados del estudio indicaron que el "El Tule" y el "Árbol de los Acuerdos", localizados en el estado de Oaxaca y el Estado de México, respectivamente son los árboles que tienen características particulares que los hacen destacar sobre el resto de los individuos considerados en el estudio. El valor de monumentalidad más destacado fue para "El Tule", debido a que las evaluaciones de los expertos mostraron las preferencias más altas a favor del conjunto de atributos que lo caracterizan.

**Palabras clave:** Análisis multicriterio, árboles monumentales, árboles urbanos, catalogación de árboles singulares, evaluación de árboles, método *PROMETHEE II*.

Fecha de recepción/Reception date: 9 de diciembre de 2019  
Fecha de aceptación/Acceptance date: 18 de mayo de 2020

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Chapingo. México.

\*Autor por correspondencia; correo-e: [jlromo@aya.yale.edu](mailto:jlromo@aya.yale.edu)

## Introducción

Los árboles con características especiales han sido objeto de estudio en la mayor parte de los países del mundo. El interés que se tiene en ellos se debe a que una parte importante de la sociedad los considera de gran valor patrimonial, artístico, cultural, comercial, recreativo y ecosistémico (Gutiérrez, 2016). Dada la importancia e interés por su conservación, distintos expertos en el tema definen diferentes conceptos para su catalogación. Tal es el caso de árboles veteranos (Lonsdale, 2015); campeones (Ehrle, 2003); patrimoniales (Cortés y León, 2017); significativos (Sidney, 2013), monumentales (Çağlar, 2014; Asan, 2017); entre otros.

En la actualidad, existen países como Chile y España que proponen la búsqueda y creación de aspectos legislativos como instrumento de protección para los árboles monumentales o singulares; otros estudios en la península Ibérica se encargan de salvaguardar genotipos de antiguos olivos en peligro de extinción (Zapponi *et al.*, 2017; Villota, 2018). La preocupación por la preservación de especímenes arbóreos especiales surge porque los mismos representan un valor patrimonial, científico, artístico, cultural, comercial y además brindan servicio al medio ambiente. (Gutiérrez, 2016).

Con base en la revisión documental, se observa que la regulación de árboles especiales en México es limitada, por lo que se requiere de una normatividad legislativa adecuada que promueva su preservación.

Existen diversos estudios sobre monumentalidad de árboles especiales, uno de ellos es el de Ascuito *et al.* (2015), quienes llevaron a cabo una encuesta con el Método de Valoración Contingente entre los residentes de los hogares de *Madonie Park* (Sicilia, Italia), para estimar el valor de existencia de árboles monumentales del sendero natural llamado *Piano Sempria-Piano Pomo*, representado por una población de "Gigantes *hollies*" y por otros siete árboles individuales.

Algunos autores, como Meza (2015), mencionan que los estudios sobre la vegetación urbana y, en particular sobre el arbolado en México, son escasos, abordan temas muy heterogéneos, y la gran mayoría se han realizado para la

Ciudad de México y unos pocos para la ciudad de Monterrey. Por otra parte, la ubicación de árboles longevos es primordial y constituye un elemento adicional para fundamentar acciones de protección, restauración de ecosistemas degradados, formulación de proyectos ecoturísticos y conservación de la biodiversidad (Villanueva *et al.*, 2010).

Muy a pesar de las aportaciones de los árboles sobresalientes, frecuentemente estos enfrentan grandes retos de supervivencia ante el inminente desarrollo de proyectos urbanísticos mal planificados, la tala indiscriminada, la falta de cuidados y mantenimiento, vandalismo y turismo desmedido. Con las amenazas a los que se enfrentan, es importante resaltar el cuidado, conservación y protección de estos árboles, como patrimonio natural y cultural (Alanís y Ledezma, 2013).

En México existen ejemplares que reúnen una serie de atributos especiales, razón por la cual, a través del tiempo, han sido materia de interés para su conservación. Aun cuando existe poca información al respecto, uno de los esfuerzos documentados es el de Vargas (1997), quien realizó un compendio de árboles históricos y notables de México, mediante una consulta colectada con la participación de oficinas representantes del gobierno federal; en la cual se obtuvo información referente a la presencia de árboles notables, que a su vez fueron clasificados en ocho categorías: árbol notable, árbol histórico, árbol notable e histórico, árbol indefinido, arboleda notable, arboleda histórica, arboleda notable e histórica y arboleda indefinida. Sin embargo, estas no se describen, ni se incluyen los criterios considerados para su definición.

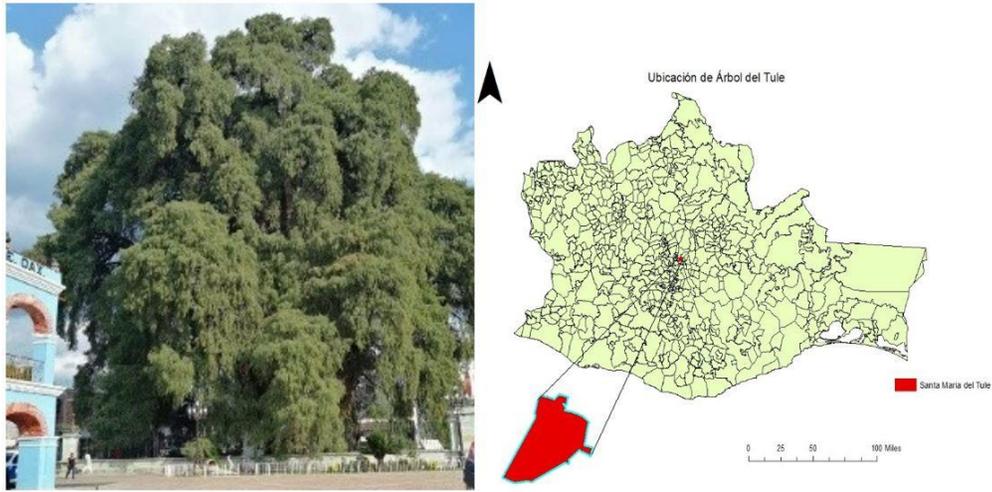
Los objetivos de la presente investigación fueron analizar y calificar la monumentalidad de siete árboles considerados por sus características especiales; para ello se definió un conjunto de criterios, asociado a uno de pesos de importancia, mediante el método *PROMETHEE II*.

## **Materiales y Métodos**

Los árboles incluidos en este trabajo son apenas una muestra de los muchos ejemplares que se podrían evaluar. Existe en el país una extensa lista de ellos, que cumplen bien con la mayor parte de los criterios que definen su monumentalidad (Verástegui, 2013; Meza, 2015; Hernández, 2019). Para fines de la investigación, se analizaron y consensuaron un conjunto de árboles que reunieran varios de los siguientes criterios: a) Tamaño del árbol, en el cual se considera la altura y circunferencia del tronco; b) Estado de conservación, en el que se asigna un valor del estado general de conservación, a partir del vigor, color y marchitamiento del follaje; c) Significado cultural, el cual se valora como figura o elemento natural, vínculo árbol – historia; d) Significado paisajístico, se refiere al paisaje desde el análisis visual que ofrece el árbol a su entorno; e) Rareza (escasez) de la especie, en función de la frecuencia de su presencia en el medio.

Los árboles seleccionados se localizan en distintas ciudades de la república mexicana y la descripción que a continuación se expone está basada, principalmente, en los trabajos del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), (2007) y Vargas (1997).

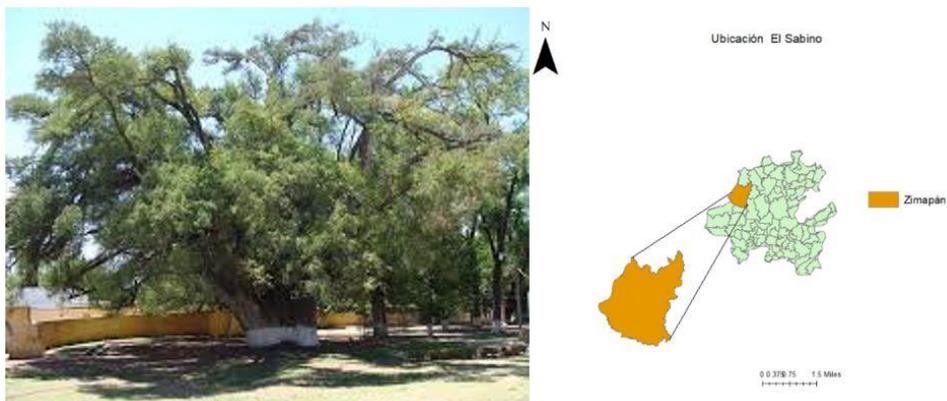
1. Árbol del Tule: nombre científico, *Taxodium mucronatum* Ten., localizado en el atrio de la iglesia Santa María de la Asunción, Santa María del Tule, Oaxaca (Figura 1). Su diámetro a la altura del pecho (DAP) es mayor de 14.36 m y su altura es de 35.40 m. Entre sus aspectos relevantes, se le considera como uno de los árboles con el tronco más grande del mundo y de los más longevos (más de 2 000 años). En el 2003, se le declaró Patrimonio Cultural de la Humanidad por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO); además la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) lo reconoce como “El Árbol más Notable del Estado de Oaxaca”.



Elaboración propia. Fuente: Conabio (2011).

**Figura 1.** Árbol del Tule y su localización.

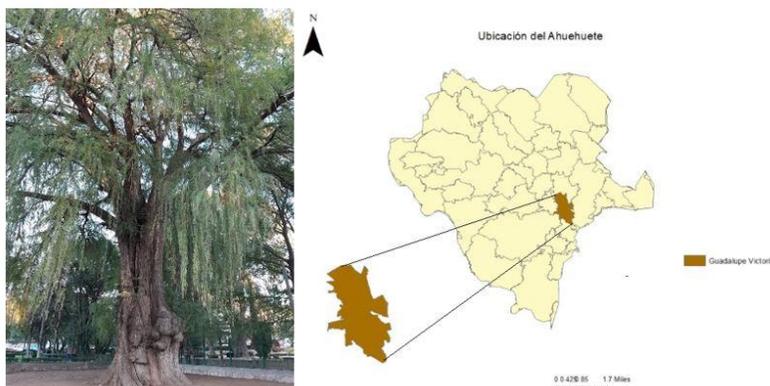
2. El Sabino: nombre científico, *Taxodium mucronatum* Ten., se ubica en Zimapán Hidalgo, parque El Sabino (Figura 2). Su (DAP) es de 4.6 m y su altura de 25 m. En 1993, El Sabino fue reconocido por el Instituto Nacional de Ecología, como el único Árbol Notable del estado. Se utilizó, según distintas versiones, para ajusticiar a delincuentes en la época de la Revolución Mexicana.



Elaboración propia. Fuente: Conabio (2011).

**Figura 2.** Árbol El Sabino y su localización.

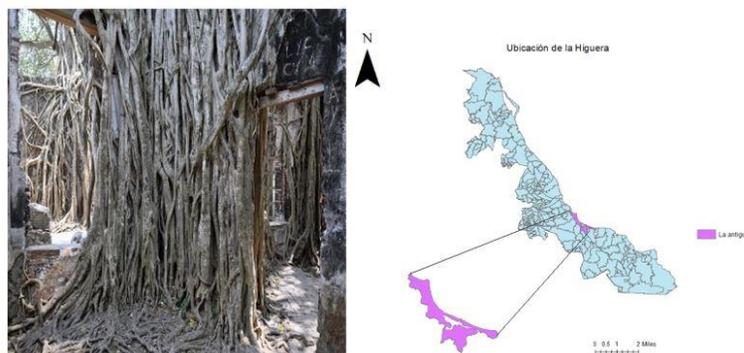
3. El Ahuehuete: nombre científico, *Taxodium mucronatum* Ten, localizado en Victoria de Durango, parque El Guadiana (Figura 3). Su DAP es de 5.50 m y su altura de 9.10 m. Es el ahuehuete más longevo del parque Guadiana, con una edad aproximada de 200 años (Árboles Monumentales, 2013).



Elaboración propia. Fuente: Conabio (2011).

**Figura 3.** El Ahuehuete y su localización.

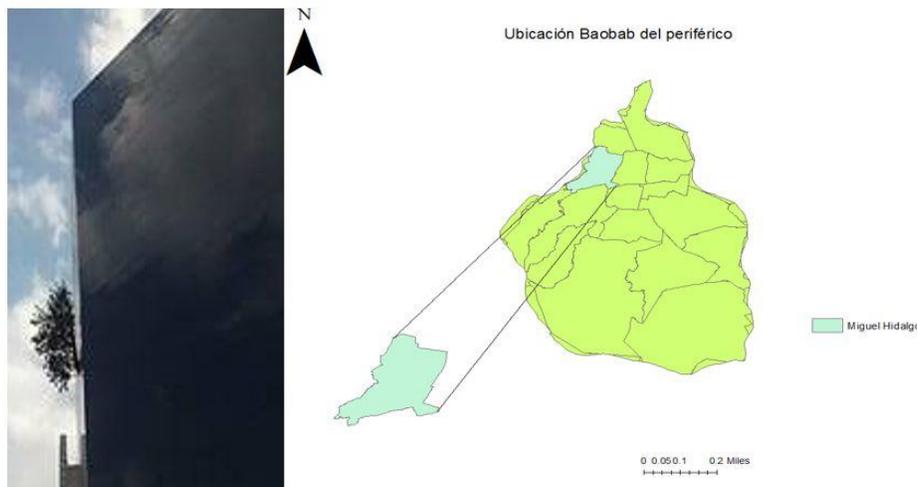
4. La Higuera: nombre científico, *Ficus aurea* Nutt., situado en La antigua Veracruz, México (Figura 4). Un aspecto relevante, entre otros, es que está ubicado en la casa que fuera propiedad de Hernán Cortés.



Elaboración propia. Fuente: Conabio (2011).

**Figura 4.** La Higuera y su localización.

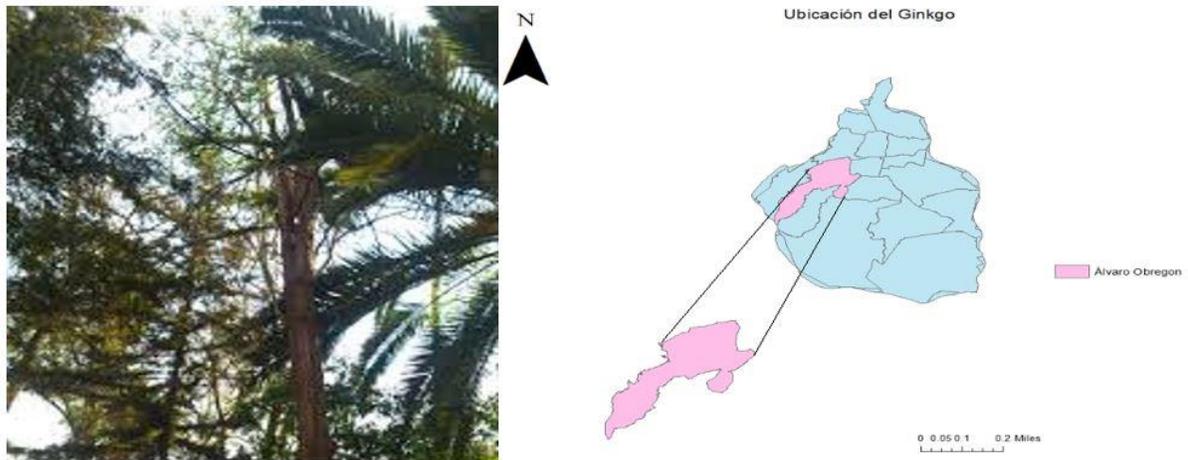
5. El Baobab del periférico: nombre científico, *Adansonia digitata* L., localizado en Bulevar Manuel Ávila Camacho, Ciudad de México (Figura 5). Este árbol fue colocado por el Arquitecto Víctor Lama, quien decidió establecerlo en los ventanales de un noveno piso, en el marco de una avenida urbana muy transitada. Se encuentra trasplantado en una maceta de dos metros de diámetro, para su sobrevivencia, cuyo interior contiene más de una tonelada de tierra. Cuando El Baobab necesita hidratarse, el macetón cuenta con un mecanismo traído de Europa, que por medio de una fotocelda acciona un sistema de riego.



Elaboración propia. Fuente: Conabio (2011).

**Figura 5.** El Baobab y su localización.

6. Ginkgo: nombre científico, *Ginkgo biloba* L., se localiza en el parque La Bombilla, alcaldía Álvaro Obregón, Ciudad de México (Figura 6), con un DAP de 0.44 m y altura de 18 m. Se piensa que fue introducido por el Ing. Miguel Ángel de Quevedo, padre de la ingeniería forestal en México; el cual mencionó durante una conferencia en el puerto de Veracruz que: "...en las sociedades modernas, se debe considerar la conservación forestal como una función necesaria y obligatoria del Estado" (Boyer, 2007).

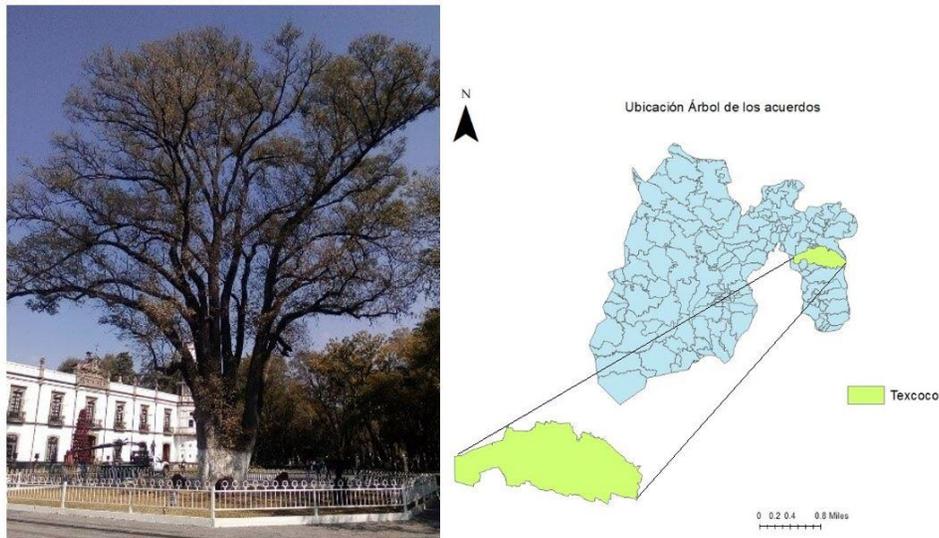


Elaboración propia. Fuente: Conabio (2011).

**Figura 6.** Ginkgo y su localización.

7. Árbol de Los Acuerdos: nombre científico, *Fraxinus uhdei* (Wenz.) Lingelsh., situado en la Universidad Autónoma Chapingo (Figura 7), con un DAP de 2.9 m y altura de 50 m. Bajo la sombra de este árbol el General Manuel González, quien fuera Presidente Constitucional de la República Mexicana, hizo algunos acuerdos. Asimismo, después se convirtió en el centro de reunión de la comunidad estudiantil de la Escuela de Nacional de Agricultura, posteriormente Universidad Autónoma Chapingo, para tomar acuerdos.





Elaboración propia. Fuente: Conabio (2011).

**Figura 7.** Árbol de Los Acuerdos y su localización.

El método *PROMETHEE* es uno de los distintos métodos que se utilizan para tomar decisiones sobre problemas relacionados con un conjunto de alternativas calificadas en un grupo de criterios, el acrónimo proviene de sus siglas en inglés (*Preference Ranking Organization Method for Enriched Evaluation*) (Brans y Vincke, 1985). Pertenece a los métodos que utilizan relaciones de superación (*outranking*) entre cada par de alternativas, a partir de las puntuaciones que estas registran en cada criterio o atributo. El método *PROMETHEE I* puede proveer un orden parcial en el ordenamiento de las alternativas de decisión, mientras que *PROMETHEE II* produce un ordenamiento completo del conjunto de las alternativas (Athawale y Chakraborty, 2010).

En la literatura se registra una muy amplia cantidad aplicaciones del método *PROMETHEE* en distintos campos de la investigación. Por ejemplo, la selección de localización de aeropuertos (Palczewski y Salabun, 2019); clasificación de distritos por riesgo de inundaciones (Wendpanga, 2019); evaluación de procesos de regeneración (Bottero *et al.*, 2018); comparación de alternativas en estructuras

hidráulicas (Brankovic *et al.*, 2018); selección de mejores estudiantes (Fadlina *et al.*, 2017); análisis de competencias y clasificación de empresas industriales (Veza *et al.*, 2015); selección de equipos industriales (Yilmaz y Dağdeviren, 2011), entre muchas otros más.

La estructura de la información utilizada en *PROMETHEE*, al igual que en cualquier problema multicriterio, en general, consiste en una matriz (Cuadro 1) donde,  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$  es el conjunto de alternativas, árboles en nuestro caso;  $C = \{c_1, c_2, \dots, c_m\}$  es el conjunto de criterios, los cuales en este problema se asumen a maximizar; y  $c_i(a_j)$  es la evaluación de la alternativa  $a_j$  en el criterio  $c_i$ . Se asume que  $c_i(a_j)$  es un valor numérico.

**Cuadro 1.** Estructura de la información sobre los árboles.

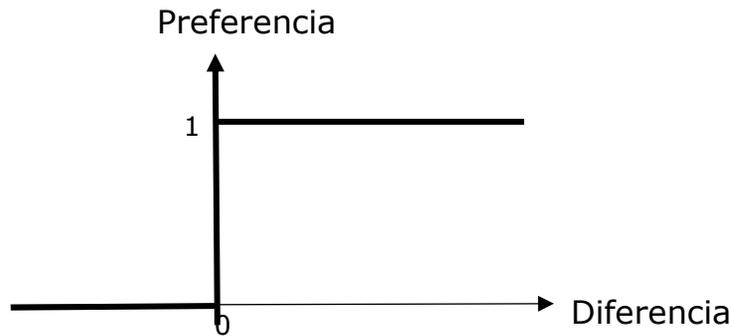
$A$	$c_1$	$c_2$	...	$c_m$
$a_1$	$c_1(a_1)$	$c_2(a_1)$	...	$c_m(a_1)$
$a_2$	$c_1(a_2)$	$c_2(a_2)$	...	$c_m(a_2)$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$a_n$	$c_1(a_n)$	$c_2(a_n)$	...	$c_m(a_n)$

En la presente investigación, se aplicó el método *PROMETHEE II* desarrollando los siguientes pasos (Ishizaka y Nemery, 2013):

(1) Estimación de los grados de preferencia, denotados por  $P_{ij}^c$ , en cada criterio  $c$ , para cada par ordenado de árboles  $ij$ . Las decisiones sobre los grados de preferencia pueden enriquecerse mediante funciones de Preferencia; Brans y De Smet (2016) proponen seis para expresarlas. En este estudio se utiliza la función conocida como usual [Figura 3, y ecuación (1)]; en la cual, los valores de los

umbrales de indiferencia y preferencia son igual a cero, lo que significa que ante la más mínima diferencia positiva en  $c_i(a_i) - c_i(a_j)$  el grado de preferencia es fuerte, igual a 1.; si la diferencia resultara negativa o cero, el grado de preferencia es cero o indiferente.

$$P_{ij}^c = \begin{cases} 0 & \text{si } c_i(a_i) - c_i(a_j) \leq 0 \\ 1 & \text{si } c_i(a_i) - c_i(a_j) > 0 \end{cases} \quad (1)$$



**Figura 3.** Función de preferencia usual.

(2) Cálculo de los flujos unicriterio positivos, negativos y netos. El flujo positivo indica cómo un árbol es preferido sobre todos los árboles en un criterio en particular. Su estimación resulta de la siguiente fórmula:

$$\text{Flujo Positivo} = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n P_{ij}^c$$

Los flujos unicriterio negativos miden cómo las otras alternativas (árboles) son preferidas con respecto a una alternativa en particular, este es dado por:

$$\text{Flujo negativo} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n P_{ji}^c$$

Los flujos netos consideran los aspectos positivos y negativos de una alternativa. Se obtienen restando el flujo negativo del positivo. Representa el balance entre la fortaleza y la debilidad de una alternativa, y su valor siempre está entre -1 y 1.

(3) Estimación de los flujos globales positivos, negativos y netos, los cuales consideran todos los criterios de manera simultánea; y son:

$$\text{Flujo Global Positivo} = \Phi^+(a_i) = \frac{\sum_{j=1}^n \pi_{ij}}{n-1}$$

$$\text{Flujo Global Negativo} = \Phi^-(a_i) = \frac{\sum_{j=1}^n \pi_{ji}}{n-1}$$

Donde:

$\pi_{ij}$  = Representa los grados de preferencia global, tomando en cuenta los grados de preferencia unicriterio y los pesos asociados ( $w_j$ ) a cada criterio, esto es:

$$\pi(a_i, a_j) = \pi_{ij} = \sum_{c_1}^{c_n} w_j \cdot P_{ij}^c$$

El Flujo Global Neto es la diferencia entre el Flujo Global Positivo y el Flujo Global Negativo.

Para el análisis de la monumentalidad y la aplicación del método, se recabaron los datos de los siete árboles seleccionados con la participación de 15 expertos (Cuadro 2), cuyas valoraciones promedio fueron asumidas como valores consensuados.

**Cuadro 2.** Características del grupo de expertos participantes en la evaluación.

<b>Principal área de estudio</b>	<b>Número de Expertos</b>	<b>Principal actividad</b>
Biología	7	Academia e investigación
Silvicultura	4	Academia y Arboricultura
Restauración Forestal	2	Academia y Arboricultura
Ecología	2	Academia e investigación

La mayor parte de los ejemplares eran conocidos por los expertos; sin embargo, las evaluaciones se apoyaron con la exhibición de fotografías recientes de los árboles de interés. En la calificación del desempeño de los árboles en los distintos criterios, los expertos expresaron sus valoraciones mediante una escala lingüística de cinco términos, misma que fue posteriormente convertida a una numérica de la siguiente manera: Muy bueno, 4; Bueno, 3; Regular, 2; Malo, 1; y Muy malo, 0. La ponderación de los criterios se estimó con la distribución de 100 puntos entre estos, de acuerdo con la importancia otorgada a cada criterio. Las estimaciones de la aplicación del método *PROMETHEE II* se realizaron utilizando el *software Smart Picker Pro*-versión 4.1.0<sup>©</sup> (Smart Picker, 2019).

## **Resultados**

Las evaluaciones expresadas por los expertos para cada árbol y en cada criterio, se presentan en el Cuadro 3. En una primera inspección de los datos, tal como ocurre usualmente en problemas de múltiples criterios, se observa que ninguno de los árboles tiene las mejores calificaciones en todos los criterios considerados. Los

pesos asignados a cada criterio quedaron como sigue: Tamaño = 0.3; Estado de Conservación = 0.15; Significado Cultural = 0.3; Significado paisajístico = 0.15; y Rareza = 0.1.

**Cuadro 3.** Resultados de la evaluación.

Árbol	Tamaño	Estado de conservación	Significado cultural	Significado paisajístico	Rareza
Árbol del Tule	3.00	2.73	2.67	2.93	2.67
El Sabino	2.50	2.40	1.40	2.53	2.60
El Ahuehuate	2.00	2.87	2.20	1.73	2.67
La Higuera	2.00	3.07	2.33	2.33	2.47
El Baobab	2.00	2.53	2.47	1.40	2.67
Ginkgo	2.00	2.73	2.07	1.73	2.73
Árbol de Los Acuerdos	3.00	2.67	2.53	2.29	2.27

El cálculo del grado de preferencia de un árbol con respecto a los otros ( $P_{ij}^c$ ), así como el grado de preferencia de los demás en relación a cada un árbol en particular ( $P_{ji}^c$ ) permitió la obtención de los flujos netos unicriterio (Cuadro 4). La estimación del flujo neto global definió la posición individual de los ejemplares evaluados (Cuadro 5).



**Cuadro 4.** Flujos netos unicriterio.

<b>Árbol</b>	<b>Tamaño</b>	<b>Estado de conservación</b>	<b>Significado cultural</b>	<b>Significado paisajístico</b>	<b>Rareza</b>
Árbol del Tule	0.833	0.167	1.000	1.000	0.333
El Sabino	0.333	-1.000	-1.000	0.667	-0.333
El Ahuehuete	-0.500	0.667	-0.333	-0.500	0.333
La Higuera	-0.500	-0.667	0.333	-1.000	0.333
El Baobab	-0.500	0.167	-0.667	-0.500	1.000
Ginkgo	0.833	0.167	1.000	1.000	0.333
Árbol de Los Acuerdos	0.833	-0.333	0.667	0.000	-1.000

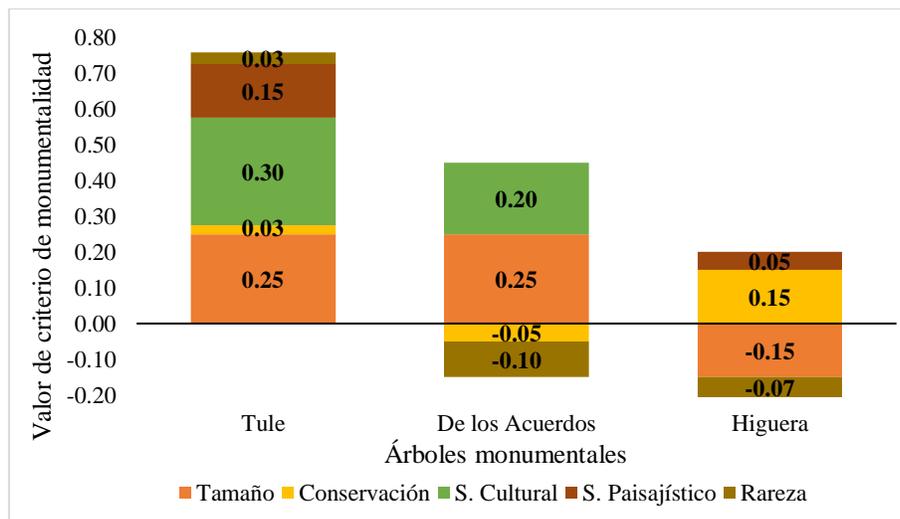
**Cuadro 5.** Flujos Globales.

<b>Árbol</b>	<b>Flujo Positivo</b>	<b>Flujo Negativo</b>	<b>Flujo Neto</b>	<b>Posición</b>
Árbol del Tule	0.825	0.067	0.758	1
Árbol de Los Acuerdos	0.625	0.325	0.300	2
La Higuera	0.417	0.433	-0.017	3
El Ahuehuete	0.300	0.492	-0.192	4
El Baobab	0.275	0.542	-0.267	5
El Sabino	0.358	0.642	-0.283	6
Ginkgo	0.250	0.550	-0.300	7

## Discusión

De los resultados, se observa que solo dos árboles presentan valores positivos en el Flujo Global Neto (Árbol del Tule, Árbol de Los Acuerdos), lo cual indica que al considerar el conjunto de los criterios que determinan la monumentalidad, son los más preferidos en comparación con el resto de los árboles.

Con base en lo anterior, se observa que el mejor evaluado, y en consecuencia de mayor monumentalidad expresada por el Flujo Global Neto (0.758, Cuadro 5), fue el Árbol del Tule. En su calificación, dos criterios tuvieron el mejor desempeño, expresado en el valor de sus flujos netos unicriterio correspondientes al Significado Cultural y al Significado Paisajístico. Sin embargo, la influencia del primero fue mayor por el peso del criterio (0.3); mientras que, la influencia del segundo resultó más baja por tener un peso menor (0.15). Los aportes de ambos criterios a la monumentalidad del Árbol del Tule se expresan en los colores verde y café, respectivamente (Figura 4). La influencia del criterio Tamaño tuvo un valor neto unicriterio de 0.833 (Cuadro 3), el cual al multiplicarse por su peso de importancia asignado (0.3) fue de 0.25, en color naranja (Figura 4). En este caso, la contribución de todos los criterios fue positiva.



**Figura 4.** Árboles con mejor calificación en monumentalidad

En la Figura 4 se grafican solo los tres árboles con mejor calificación en monumentalidad. El segundo árbol de mayor monumentalidad fue el Árbol de Los Acuerdos, cuyo criterio de mayor aporte fue el Tamaño (0.25). Asimismo, se observan aportes negativos en los criterios: Estado de conservación (-0.05) y Rareza (-0.1), lo cual significa que en ambos criterios, la suma promedio de las preferencias del resto de los árboles, con respecto al Árbol de Los Acuerdos, fue superior. Aun cuando este árbol ocupa el segundo lugar, su valor de monumentalidad (0.30) queda muy distante del valor correspondiente al Árbol del Tule (Figura 4).

La Higuera registró un valor de monumentalidad negativo, muy cercano a cero, aunque ocupa la tercera posición. Lo anterior, se explica por la negativa contribución de dos criterios: Tamaño (-0.15), y Rareza (-0.067).

El resto de los árboles tuvieron Flujo Global Neto negativo que indica grados de preferencia muy bajos en las comparaciones pareadas realizadas por los expertos, entre los distintos árboles para cada uno de los criterios, lo cual resultó en valores negativos de su monumentalidad.

Existen muy pocos ejemplos documentados sobre la evaluación de árboles especiales, y en ellos, lo que se aplica es la suma ponderada de las valoraciones en las alternativas. Uno de esos estudios es el de Villota (2016) realizado en el territorio histórico de Álava, España, en el cual se generó una lista ordenada de mayor a menor importancia de singularidad de los árboles evaluados. Es importante señalar, que en la literatura no hay estudio alguno sobre la evaluación de árboles mediante el método *PROMETHEE*, lo que evidencia la importancia del presente estudio.

## **Conclusiones**

La monumentalidad de los árboles estudiados se adapta de manera apropiada para la aplicación de métodos de análisis multicriterio en general, y del método *PROMETHEE II* en particular.

En el marco de la investigación, los dos árboles con mayor monumentalidad son el Árbol del Tule y el Árbol de Los Acuerdos. Para el Árbol del Tule, todas sus características son evaluadas positivamente, pero sobresalen el Significado cultural, el Significado paisajístico y el Tamaño. Por otra parte, el Árbol de Los acuerdos también se evalúa de manera sobresaliente en su Tamaño y su Significado cultural.

El orden de mayor a menor monumentalidad obtenido puede ser útil para definir las prioridades de manejo y conservación, así como para la asignación presupuestal en el contexto de una política de apoyo para el mantenimiento y la preservación de los árboles monumentales y con características de monumentalidad en las diferentes ciudades del país.

### **Agradecimientos**

La primera autora agradece al Conacyt por la beca otorgada para realizar los estudios de maestría.

### **Conflicto de intereses**

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

### **Contribución por autor**

Nazly A. Mejorado Velasco: diseño de la investigación, colecta de información, escritura del documento; José Luis Romo Lozano: diseño de la investigación, apoyo en la descripción de información, aporte de la metodología; Antonio Villanueva Morales: apoyo en la escritura del documento; Amparo M. Borja De la Rosa: apoyo en la descripción de información.

## Referencias

- Alanís F., G. J. y A. R. Ledezma M. 2013. Sobre árboles monumentales o notables. *Ciencia UANL* 16: 20–25. <https://go.aws/2OKW06C> (14 de octubre de 2020).
- Árboles Monumentales. 2013. Árboles Monumentales. <https://www.monumentaltrees.com/es/> (25 de enero de 2020).
- Asan, Ü. 2017. Mystical and holistic aspect of the monumental trees, and their importance for ecotourism. *International Symposium on New Horizons in Forestry*. 18-20 October 2017. Isparta, Turkey. pp. 50–58. <https://bit.ly/2uu3wfz> (10 de enero de 2020).
- Asciuto, A., V. Borsellino, M. D'Acquisto, C. P. Di Franco, M. Di Gesaro and E. Schimmenti. 2015. Monumental trees and their existence value: Case study of an Italian natural park. *Journal of Forest Science*, 61(2): 56–61. Doi: 10.17221/86/2014-JFS.
- Athawale, V. M. and S. Chakraborty. 2010. Facility location selection using PROMETHEE II method. *In: Proceedings of the 2010 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*. 9-10 January. Dhaka, Bangladesh. pp. 59-64. [https://www.researchgate.net/publication/228221619\\_Facility\\_Layout\\_Selection\\_Using\\_PROMETHEE\\_II\\_Method](https://www.researchgate.net/publication/228221619_Facility_Layout_Selection_Using_PROMETHEE_II_Method) (18 de octubre de 2019).
- Bottero, M., C. D'Alpaos and A. Oppio. 2018. Multicriteria Evaluation of Urban Regeneration Processes: An Application of PROMETHEE Method in Northern Italy. *Advances in Operations Research*, 1-12. Doi: 10.1155/2018/9276075.
- Boyer, C. R. 2007. Revolución y paternalismo ecológico: Miguel Ángel de Quevedo y la política forestal en México, 1926-1940. México. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=600/60057103> (15 de noviembre de 2019).

- Brankovic, J. M., M. Markovic and D. Nikolic. 2018. Comparative study of hydraulic structures alternatives using promethee II complete ranking method. *Water Resources Management*, 32(10), 3457-3471. Doi: 10.1007/s11269-018-2001-x.
- Brans, J. P and Y. De Smet. 2016. Promethee methods. *In: Greco, S., M. Ehrgott and J. R Figueria. (Eds.). Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys. Ed. Springer. New York, NY USA. 195 p. Doi: 10.1007/978-1-4939-3094-4\_6.*
- Brans, J. P and P. Vincke 1985. Note-A- preference ranking organization method. *Management Science*, 31(6): 647-656. Doi: 10.1287/mnsc.31.6.647.
- Çağlar, Y. 2014. Thoughts on Monumental Trees management. Ankara, Turkey. <https://bit.ly/2OJ6XG4> (6 de enero de 2019).
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). 2011. División política estatal 1:250000 (Versión 4, modificado de Conjunto de Datos vectoriales y toponimia de la carta topográfica). Serie III. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (2003-2004). [http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/dest\\_2010gw.xml?\\_httpcache=yes&\\_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc\\_html.xsl&\\_indent=no](http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/dest_2010gw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no) (22 de agosto de 2019).
- Cortés C., Y y N. León R. 2017. Valoración económica ambiental para los árboles patrimoniales de Bogotá. *International Business and Economics Review* 8: 504-33. <https://bit.ly/2ULwAts> (14 de noviembre de 2019).
- Ehrle, E. B. 2003. The Champion Trees and Shrubs of Michigan. *The Michigan Botanist* 42(2): 3-46. <https://bit.ly/2uu4hFr> (15 de octubre de 2019).
- Fadlina, L., S. Tomoria, A. Karim, A. P. Mesran and S. Utama. 2017. Best student selection using extended Promethee II Method. *International Journal of Recent Trends in Engineering and Research* 3:21-29. Doi:10.23883/IJRTER.2017.3382.SK4CV.

Gutiérrez Á., G. 2016. Árboles monumentales: un patrimonio natural no reconocido en Chile. BOSQUE 37(2): 445-449. Doi: 10.4067/S0717-92002016000300001.

Hernández, A. 2019. El ahuelito de los oaxaqueños y treinta y cuatro historias de ahuehuetes más. Elementum. Pachuca, Hgo., México. 112p.

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). 2007. Árboles notables. <https://bit.ly/3buPkDz> (12 de febrero de 2019).

Ishizaka, A. and P. Nemery. 2013. Multi-Criteria Decision Analysis: Methods and Software. Wiley editorial. Chichester West Sussex, United Kingdom. 296 p.

Lonsdale, D, 2015. Árboles veteranos: guía avanzada para su gestión. Lifelong Learning Programme. Londres, United Kingdom, 197 p. <https://bit.ly/2UMZTfd> (10 de septiembre de 2019).

Meza A., M. C. 2015. Los árboles de la Ciudad de México. Guardianes de su imagen y calidad ambiental. Bitácora Arquitectura 31: 96–103. Doi: 10.22201/fa.14058901p.2015.31.56652.

Palczewski, K. and W. Sałabun. 2019. Influence of various normalization methods in PROMETHEE II: an empirical study on the selection of the airport location. Procedia Computer Science, 159: 2051-2060. Doi: 10.1016/j.procs.2019.09.378.

Sidney, C. 2013. Register of significant trees. Sidney, Australia, 243 p. <https://bit.ly/37c1az6> (14 de marzo de 2019).

Smart Picker. 2019. Smart Picker Pro. Version 4.3. Brussels, Belgium. n/p.

Vargas M., F. 1997. Compendio de árboles históricos y notables de México. Instituto Nacional de Ecología, Semarnap. México, DF., México. 52 p.

Verástegui, F. 2013. Árboles emblemáticos de Oaxaca. Patrimonio vivo de la humanidad. Gobierno Municipal de Oaxaca. Oaxaca, Oax., México. 72 p.

Veza, I., S. Celar and I. Peronja 2015. Competences-based comparison and ranking of industrial enterprises using PROMETHEE method. *Procedia Engineering*, 100: 445–449. Doi: 10.1016/j.proeng.2015.01.389.

Villanueva D., J., J. Cerano P., D. W. Stahle., V. Constante G., L. Vázquez S., J. Estrada Á y J. D. Benavides S. 2010. Árboles longevos de México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 1(2): 7–29. Doi: 10.29298/rmcf.v1i2.634.

Villota G., M. 2018. Estado actual de la legislación autonómica de los árboles singulares: del concepto a la protección. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales* 44(1): 61-76. Doi: 10.31167/csef.v0i44.17546.

Villota G., M. 2016. Los árboles en el paisaje. Propuesta de un modelo para su evaluación: El caso del territorio histórico de Álava. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales* 44:611-618. Doi: 10.31167/csef.v0i42.17513.

Wendpanga, Y., J. 2019. The ranking of districts in Ouagadougou by the risk of flood and runoff using PROMETHEE. *European Journal of Pure Applied Mathematics* 12(4):1731-1743. Doi: 10.29020/nybg.ejpam.v12i4.3562.

Yilmaz B. and M. Dağdeviren. 2011. A combined approach for equipment selection: F-PROMETHEE method and zero-one goal programming. *Expert Systems with Applications* 38: 11641–11650. Doi: 10.1016/j.eswa.2011.03.043.

Zapponi, L., G. Mazza, A. Farina, L. Fedrigoli, F. Mazzocchi, P. F. Roversi, G. S. Peverieri and F. Mason. 2017. The role of monumental trees for the preservation of saproxylic biodiversity: re-thinking their management in cultural landscapes. *Nature Conservation* 243: 231–243. Doi: 10.3897/natureconservation.19.12464.



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)*, que permite a terceros utilizar lo publicado siempre que mencionen la autoría del trabajo y a la primera publicación en esta revista.