



## OBJETIVOS

### GENERAL

Proveer una herramienta que permita a los encargados del arbolado y áreas verdes urbanas, la toma de decisiones para su manejo, con lo cual se mejorará la condición del arbolado y en consecuencia, el ambiente y la calidad de vida de los ciudadanos.

### PARTICULARES

1. Contribuir al estudio y valoración del bosque urbano de las ciudades de México, con el fin de justipreciar su importancia y promover su protección, conservación y mejoramiento.
2. Promover el uso del programa i-Tree Eco en México.

### HÉCTOR M. BENAVIDES MEZA

Investigador Titular  
INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias)  
(55) 3871-8700  
benavides.hector@inifap.gob.mx

### STEPHANIE FABIOLA LÓPEZ LÓPEZ

Asistente de Investigación  
INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias)  
(55) 3871-8700  
stephabj87@gmail.com

### RACHEL SHERIDAN

Latin America and Caribbean Program Specialist  
(202) 644-4583  
rachelsheridan@fs.fed.us

Desde hace decenas de años se ha reconocido la importancia de las áreas verdes urbanas y el arbolado de alineación (bosque urbano), en el mejoramiento de la calidad de vida de los ciudadanos, gracias a los beneficios y servicios ambientales que proporciona este trascendente recurso natural que se ubica en las ciudades.

Si bien en los últimos años ha habido un avance en la caracterización y evaluación de dichos espacios y su arbolado, hasta la fecha el impacto positivo del bosque urbano en las ciudades de México sigue siendo apreciado de manera cualitativa, pues se carece de parámetros derivados de la investigación. Dentro de las temáticas escasamente abordadas en México, se encuentra el almacenamiento y captura de carbono en especies urbanas, pero quedaba pendiente la cuantificación y valoración del resto de los múltiples servicios ambientales que genera el bosque urbano.

## ¿QUÉ ES I-TREE ECO?

Una alternativa para cerrar dicha brecha es la aplicación en México del programa **i-Tree Eco**, el cual fue desarrollado por investigadores del Servicio Forestal de los Estados Unidos de América (FS por sus siglas en inglés). El programa permite caracterizar la estructura del bosque urbano, así como cuantificar y valorar los servicios ambientales que provee.

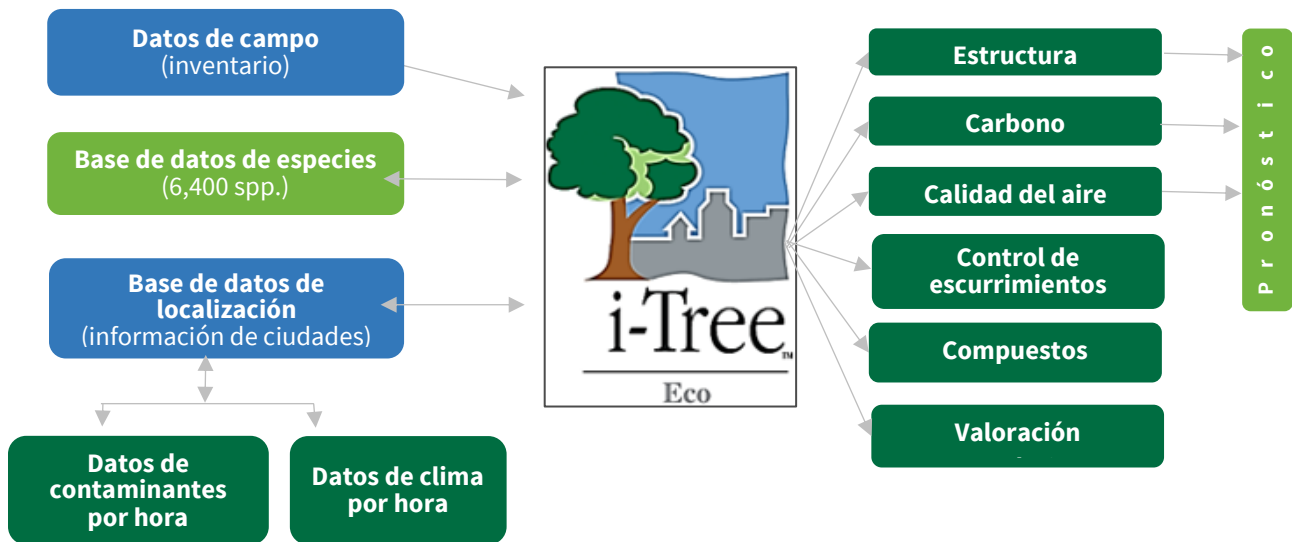
Para determinar con precisión la cuantificación y valoración de los servicios ambientales generados por el bosque urbano, es necesaria la realización de inventarios de arbolado urbano, que incluyan su diagnóstico. Se cuenta en México con metodologías como la de Benavides (2015), para la realización de inventarios y diagnóstico de arbolado urbano, la cual facilita su aplicación.

La aplicación del programa i-Tree Eco será de utilidad para determinar el valor de los servicios ambientales que proporciona el arbolado urbano y expresar su influencia en términos económicos, lo cual facilitará la comprensión de su valor para los ciudadanos, así como para los funcionarios y administrativos relacionados con la gestión de recursos que deben ser destinados para la protección, conservación y mejoramiento del bosque urbano.



## ¿CÓMO OPERA?

El modelo i-Tree Eco emplea los datos dendrométricos obtenidos en el inventario y la evaluación de la condición del arbolado, así como la información de clima y contaminantes atmosféricos, para estimar las características estructurales de la población arbórea y los servicios ecosistémicos que provee.



A través del programa i-Tree Eco adaptado a México se podrá conocer y estimar:

- **Estructura:** composición de especies, número de árboles, densidad y condición de salud del arbolado, entre otros.
- **Carbono:** reservorio de carbono total del arbolado y la tasa de captura de carbono anual.
- **Reducción de contaminantes (calidad del aire):** cantidad de contaminantes ( $O_3$ ,  $NO_2$ ,  $SO_2$ ,  $CO$  y  $PM_{10}$ ) removidos por hora por el arbolado y el porcentaje asociado al mejoramiento de la calidad del aire a lo largo del año.
- **Control de escurrimientos:** cantidad de escurrimientos controlados y los atribuidos a cada especie arbórea y estrato.
- **Bioemisiones:** compuestos volátiles orgánicos (VOC por sus siglas en inglés) por hora a nivel de género o especie.
- **Valoración:** estimación del valor económico de los servicios ambientales que provee el arbolado.
- **Pronósticos:** modela el crecimiento de los árboles y del bosque urbano en el tiempo; considera factores como la mortalidad, tasa de crecimiento, nuevas plantaciones e impactos de plagas y enfermedades. Además, permite estimar en el tiempo el reservorio de carbono y la remoción de contaminantes.

# METODOLOGÍA

## Información necesaria para la adaptación del programa

Los expertos de Davey Institute indicaron la información requerida de cada ciudad con base en la experiencia de la adaptación de i-Tree Eco en otros países:

1. Datos anuales por hora de variables climáticas:
2. Registros anuales por hora de las concentraciones de contaminantes (CO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub> y PM<sub>10</sub> o PM<sub>2.5</sub>).
3. Inventarios de arbolado urbano y/o listados de las especies arbóreas presentes en las áreas verdes.
4. Información de localización, costos de energía eléctrica, entre otros.

## Selección de ciudades

Para definir las ciudades y zonas metropolitanas (ZM) que se seleccionaron para la adaptación de i-Tree Eco a México se consideró:

- Información demográfica (habitantes y densidad poblacional).
- Disponibilidad de registros de contaminantes a través de estaciones o sistemas de monitoreo atmosférico, del Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire (SINAICA) del INECC.
- Disponibilidad de datos de clima.

Con base en lo anterior, se recopiló información de 18 ZM de México a lo largo del país. En la región centro y sur se consideraron 7 ZM, mientras que 11 están ubicadas al norte y occidente de México.

## Recopilación de Información

### Localización

Se obtuvieron de INEGI las coordenadas geográficas y altitud de los municipios, delegaciones y localidades urbanas de las ZM.

### Densidad poblacional

Se obtuvo información de INEGI sobre la densidad poblacional de las ciudades/ZM.

### Contaminantes

Se obtuvieron registros anuales de los Sistemas o Estaciones de Monitoreo Atmosférico (SINAICA del INECC), principalmente para los años 2015 y 2016. Se completaron los datos faltantes con los métodos “Last & next”, “Row mean” y “SDEM”, recomendados por el Dr. Satoshi de Davey Institute.

### Clima

Se procesó la información de 335 estaciones del SMN para estimar la temperatura mínima promedio, periodo libre de heladas, precipitación y otras variables requeridas para la adaptación en cada municipio, delegación y localidad urbana de las ZM.

### Homologación de regiones climáticas

Se analizaron los registros anuales de *días-grado de calefacción/enfriamiento, temperatura y velocidad del viento*, de diversas estaciones para determinar la región climática de los E. U. A. que mejor se corresponde a cada ZM.

### Áreas verdes y arbolado urbano

Se consultó información de las especies arbóreas y arbustivas presentes en los bosques urbanos de las ZM, principalmente inventarios y listados cuando fue posible.

Se incorporaron los datos de 124 taxa al programa (distribución, hábito de crecimiento, tipo de follaje, etc.), cuando estaban presentes en por lo menos 2 ZM.

Se agregaron los nombres comunes en español de las especies más frecuentes en el arbolado de las ZM de México.

## Información complementaria

Con el fin de robustecer las estimaciones de i-Tree Eco, se obtuvieron datos de localización, clima y densidad urbana de otras 2 ZM (Mexicali y Acapulco) y de 13 ciudades importantes del país.

La incorporación de estas ciudades permitió incluir las condiciones y características de un total de 33 núcleos urbanos, en los que vive el

82.7% de la población urbana de México, de acuerdo con los datos de INEGI de 2010.

## Participación de Davey Institute

En el proceso de adaptación de i-Tree Eco para México, participaron ampliamente expertos de Davey Institute, quienes llevaron a cabo las siguientes actividades:

- Resolución de dudas sobre la información solicitada (especificaciones técnicas)
- Revisión de la planificación del proyecto.
- Asesoría sobre los métodos para completar los registros anuales de contaminantes
- Revisión de la información de localización, clima, densidad poblacional, contaminantes e inventarios de arbolado de cada ciudad y ZM.
- Incorporación de la información al sistema de i-Tree Eco

## INTEGRACIÓN DE LA INFORMACIÓN POR EXPERTOS DE DAVEY INSTITUTE

### Base "i-Tree Eco User Input Form"

- Localización
- Clima
- Especies nuevas, etc.

Información ordenada por estados, municipios, delegaciones y localidades urbanas (divisiones).

**Registros anuales de contaminantes por hora por ciudad o ZM**

**Datos anuales de clima por hora por ciudad o ZM**

**Mapas de las divisiones geográficas**



**Adaptado a México**

**Creación de un sitio web de i-Tree Eco en español y traducción del programa.**