



## OBJETIVOS

### GENERAL

Proveer una herramienta que permita a los encargados del arbolado y áreas verdes urbanas de México, 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.

## CONTENIDO

- ¿Qué es i-Tree Eco?
- ¿Cómo opera?
- Metodología
- Integración de la información por expertos de Davey Institute
- Limitaciones
- Integración de datos mediante i-Tree Database
- Anexo 1. Mapas de las ciudades incluidas en la adaptación
- Anexo 2. Mapas de las EMA incluidas en la adaptación

### I-TREE

Tools for Assessing and Managing Forest & Community Trees  
<https://www.itreetools.org/index.php>  
i-Tree Support: [info@itreetools.org](mailto:info@itreetools.org)

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, al carecer de parámetros derivados de la investigación. Dentro de las temáticas escasamente abordadas en México se encuentra la cuantificación y valoración de los servicios ambientales que genera el bosque urbano.

## ¿QUÉ ES I-TREE ECO?

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

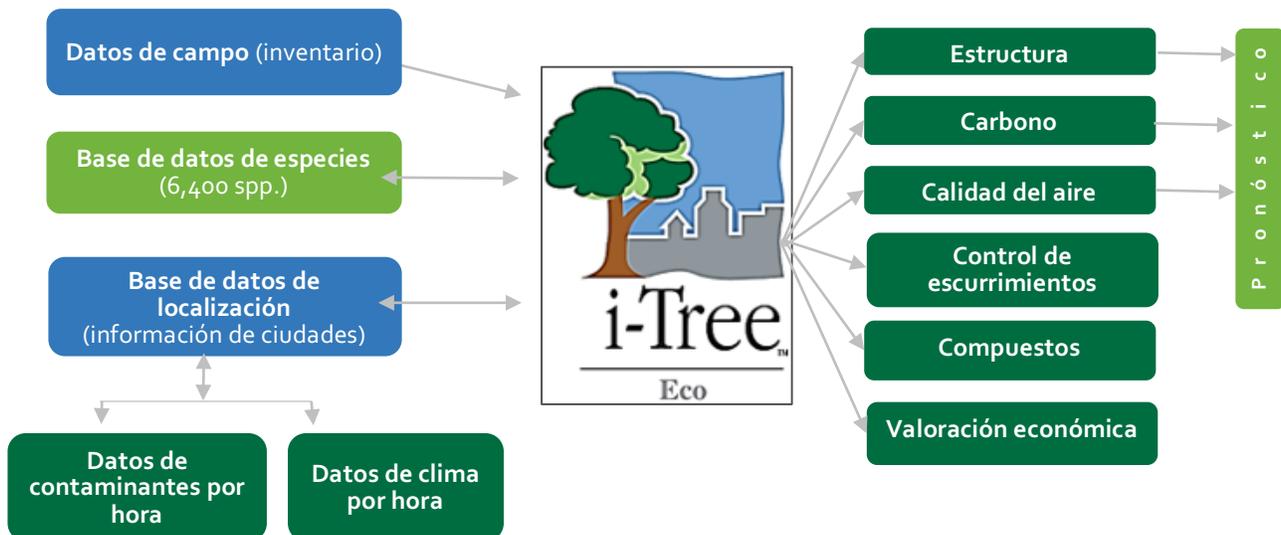
Para determinar con precisión la cuantificación y valoración de los servicios ambientales generados por el bosque urbano, es necesaria la realización de inventarios de arbolado urbano, que incluyan su diagnóstico. Se cuenta en México con metodologías para la realización de inventarios de arbolado urbano, lo cual facilitará que se lleven a cabo.

Al expresar la influencia del arbolado urbano en términos económicos, se facilita la comprensión de su valor para los ciudadanos, así como para los funcionarios, y administrativos relacionados con su gestión. La aplicación de i-Tree Eco será de utilidad para determinar el valor del arbolado, lo que serviría para gestionar los recursos que deben ser destinados para su protección, conservación y mejoramiento.



## ¿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  $PM_{2.5}$ ) 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 para 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, distribuidas a lo largo del país: Valle de México, Guadalajara, Monterrey, Puebla -Tlaxcala, Toluca, Tijuana, León, Juárez, La Laguna, Querétaro, San Luis Potosí – Soledad de Graciano, Mérida, Chihuahua, Morelia, Xalapa, Oaxaca, Tepic y Durango (Anexo 1).

### 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 EE. UU. que mejor se corresponde a cada ZM.

#### Áreas verdes y arbolado urbano

Se obtuvo información de las especies arbóreas y arbustivas presentes en los bosques urbanos de las ZM y se incorporaron los datos de 124 taxa al programa (distribución, hábito de crecimiento, tipo de follaje, etc.), pues estaban presentes en por lo menos 2 ZM.

Asimismo, 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: Aguascalientes, Campeche, Cancún (Benito Juárez), Colima, Cuernavaca, Culiacán, Gaymas, La Paz, Pachuca, Villahermosa, Tuxtla Gutiérrez, Tampico, Zacatecas (Anexo 1).

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 en 2010.

### Participación de Davey Insitute

En el proceso de adaptación de i-Tree Eco 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.

## LIMITACIONES

En virtud de la gran cantidad de datos locales (localización, clima, contaminación atmosférica, densidad poblacional, especies arbóreas, etc.) que requiere i-Tree Eco para operar, la adaptación se enfocó a las principales ciudades de México. Además, debido a la carencia o dificultad para adquirir

información confiable de algunas variables, la herramienta presenta algunas limitaciones que se abordan a continuación.

### Localidades

La herramienta i-Tree Eco adaptada a México no incluye todos los municipios y localidades de México. Sin embargo, debido a que presenta información precisa de numerosas entidades municipales, delegaciones y localidades urbanas ubicadas en las diferentes regiones climáticas del país, los usuarios pueden seleccionar una localidad cercana y con condiciones climáticas similares a las localidades no incluidas. Además, los usuarios pueden agregar información de otros lugares mediante la aplicación i-Tree Database.

### Contaminantes atmosféricos

i-Tree Eco emplea los registros anuales (2015) por hora de los contaminantes atmosféricos de la estación más cercana a la localidad seleccionada en cada proyecto. Sin embargo, debido a la limitada información de las Estaciones de Monitoreo Atmosférico (EMA) de México, el programa solo opera con los datos de 60 EMA ubicadas en las principales ciudades del país (Anexo 2).

### Ahorros de energía

El programa no proporciona estimaciones sobre el efecto del arbolado en el consumo de energía en las edificaciones, debido a que los modelos fueron desarrollados para las condiciones de las ciudades de los Estados Unidos de América (clima, tipos de construcciones, etc.) y es necesario contar con datos locales de México sobre las variables que emplean dichos modelos para proporcionar una estimación adecuada de este componente.

### Valoración económica de servicios ambientales

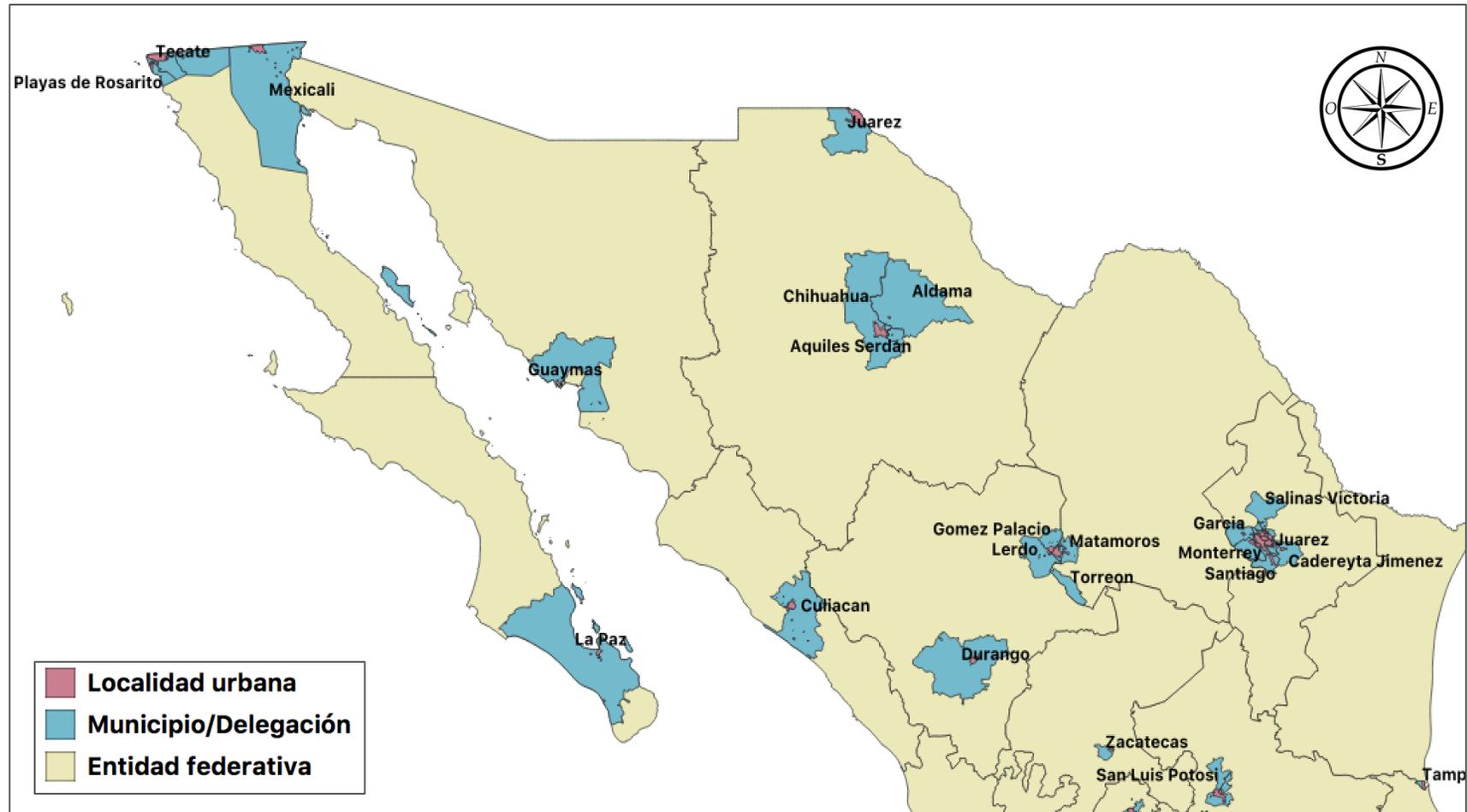
Debido a que en México no se cuenta aún con modelos de valoración económica de diversos servicios ambientales, i-Tree Eco emplea los precios empleados en los EE. UU. para la valoración de la remoción de contaminantes, ajustados mediante los Índices de Precios al Productor Nacionales (IPPN). Asimismo, el valor monetario de los árboles (estructural) y del control de escorrentías se calcula mediante los métodos y precios utilizados en los EE. UU.; las estimaciones posteriormente se convierten a pesos (MXN).



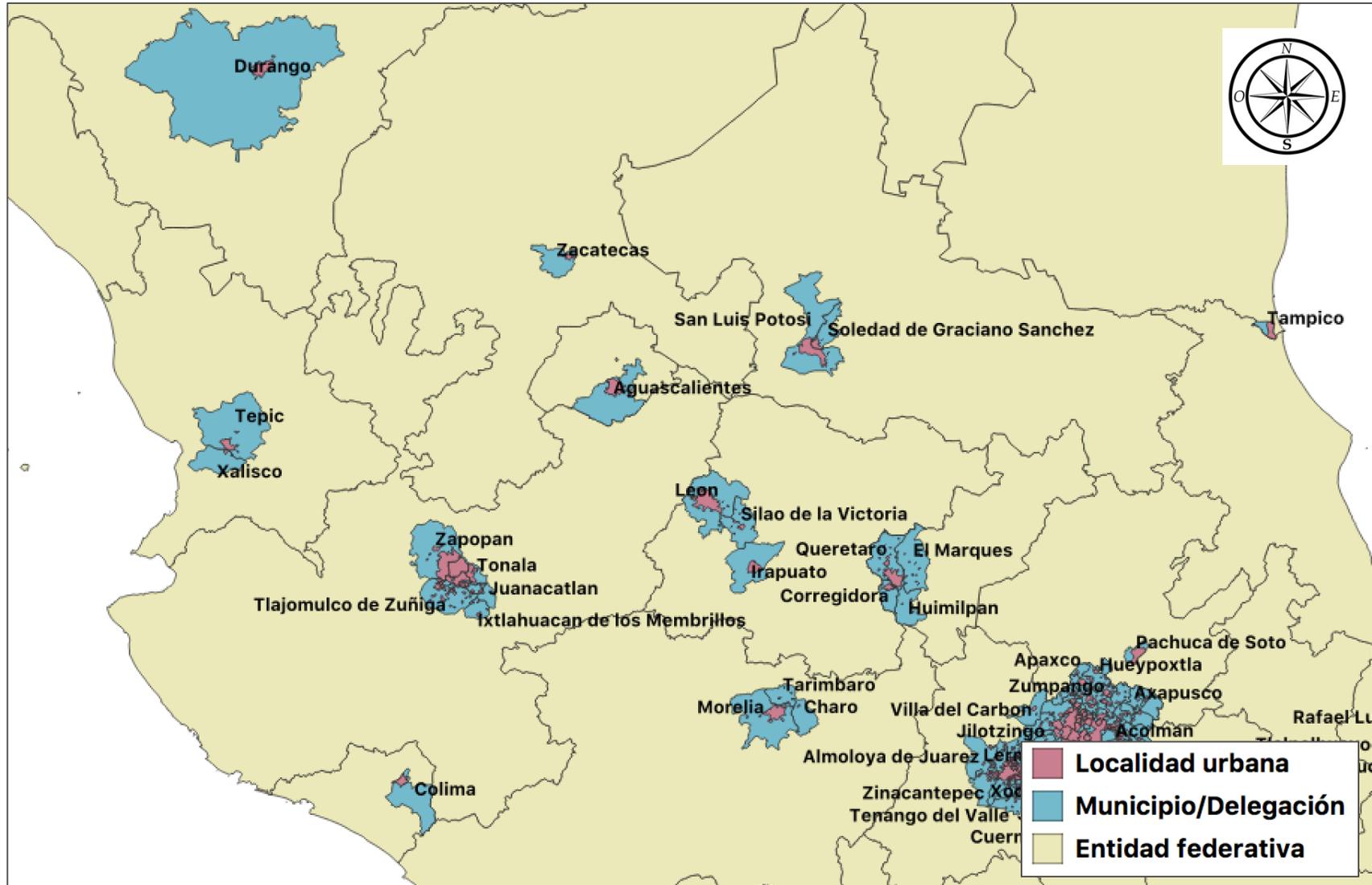
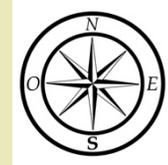
## INTEGRACIÓN DE DATOS MEDIANTE I-TREE DATABASE

En virtud del uso internacional de i-Tree Eco, es factible que los usuarios proporcionen información climática, de contaminantes atmosféricos, ubicación geográfica y de especies mediante la plataforma i-Tree Database (<http://www.itreetools.org/database/#/splash>). No obstante, los datos proporcionados no estarán disponible inmediatamente en la aplicación, debido a que la integración de la información puede tomar varios meses.

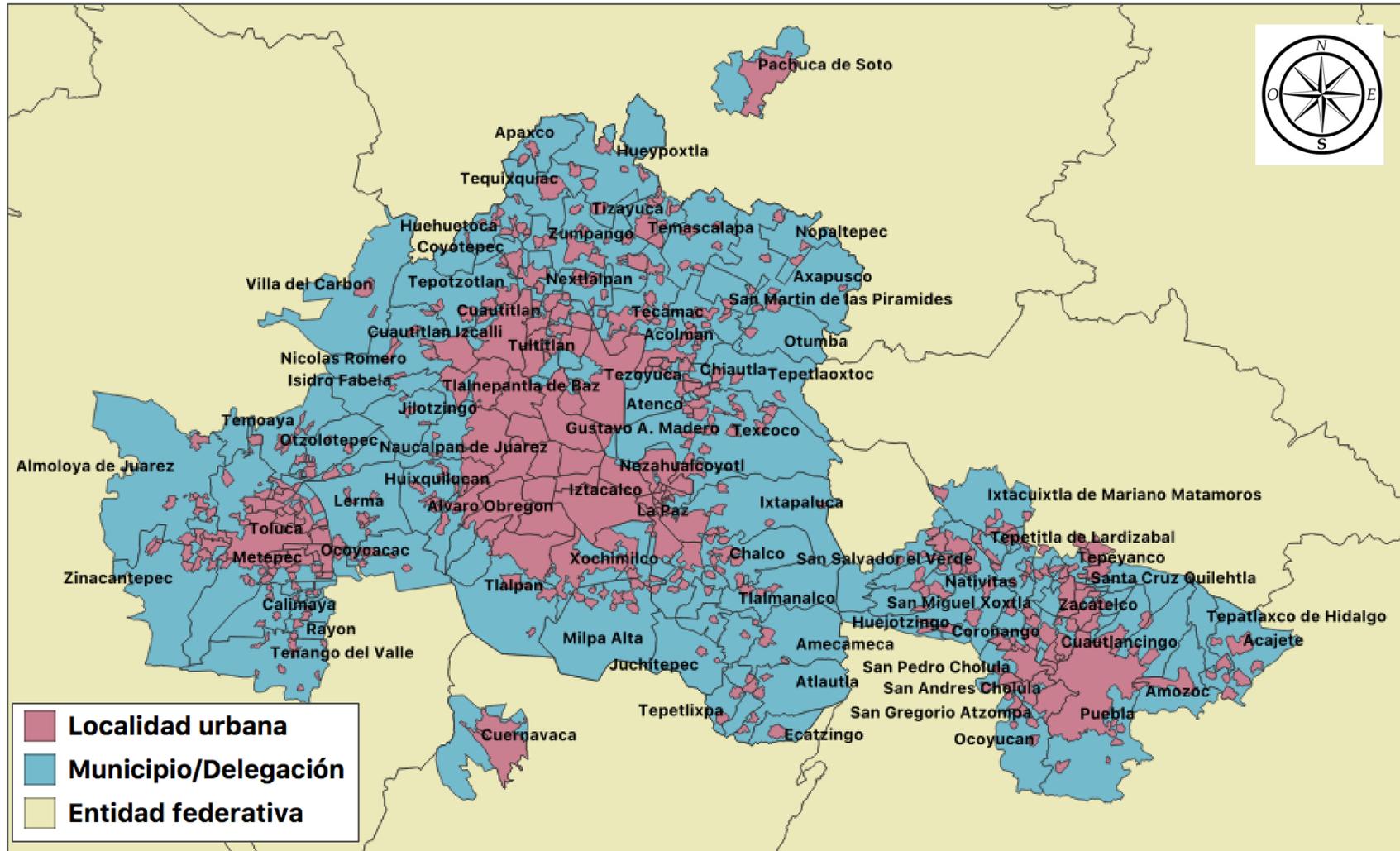
## ANEXO 1. MAPAS DE LAS CIUDADES INCLUIDAS EN LA ADAPTACIÓN



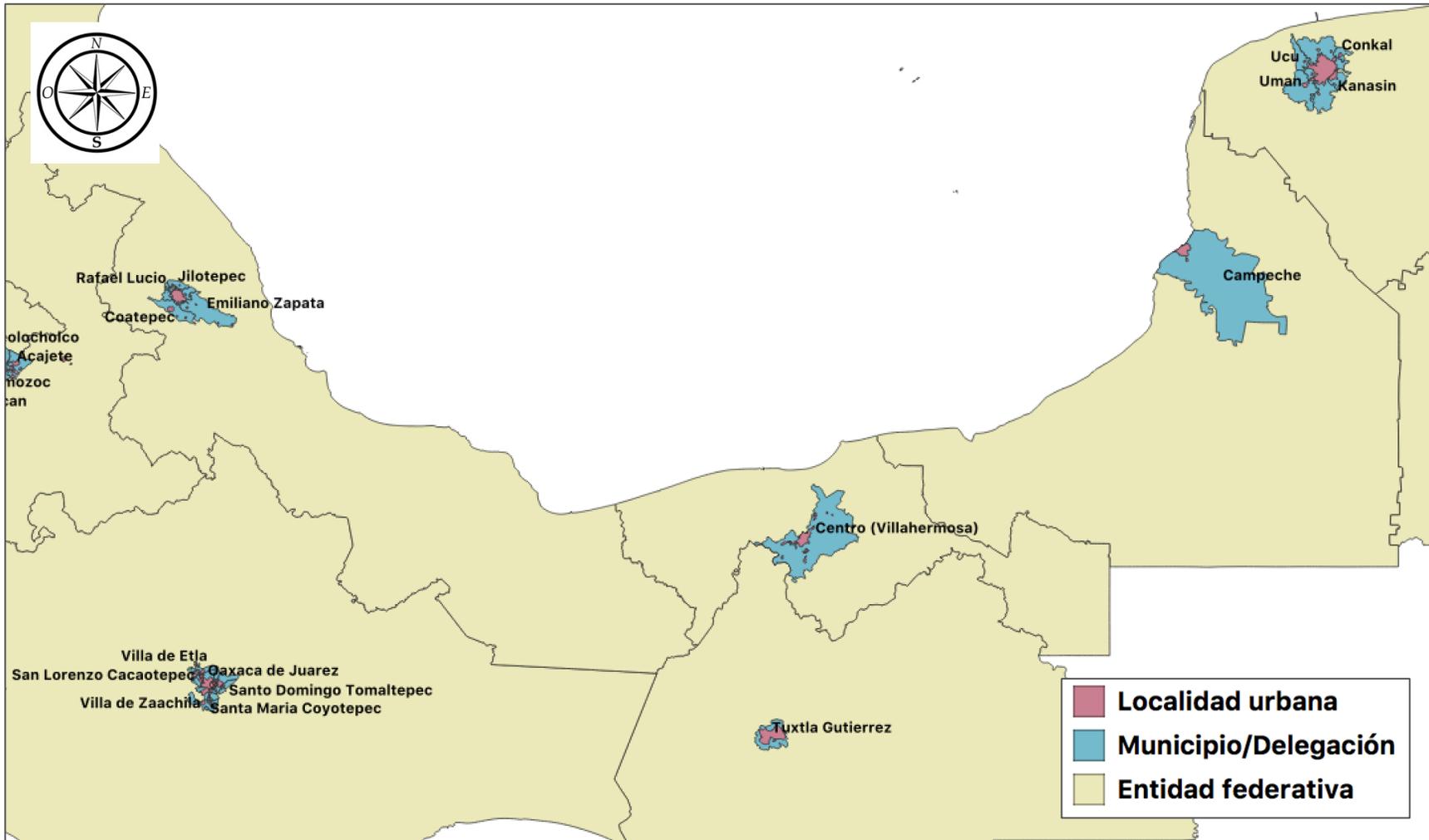
Mapa 1. Municipios y localidades urbanas de las ciudades del Norte de México consideradas en la adaptación de i-Tree Eco.



Mapa 2. Municipios y localidades urbanas de las ciudades del Bajío de México consideradas en la adaptación de i-Tree Eco.

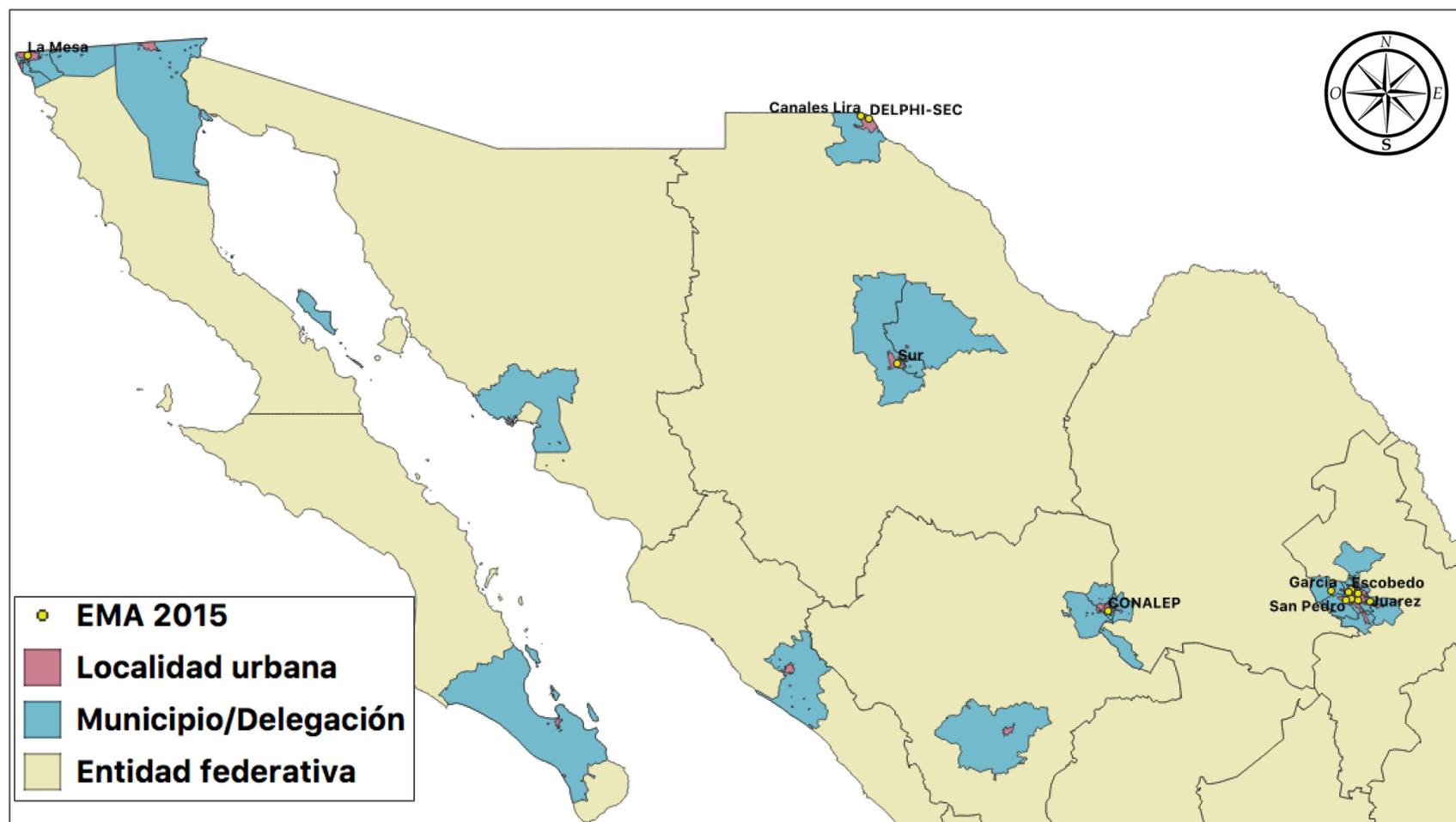


Mapa 3. Municipios, delegaciones y localidades urbanas de las ciudades del Centro de México consideradas en la adaptación de i-Tree Eco. Nota: No aparecen los nombres de todos los municipios y delegaciones debido a su proximidad.

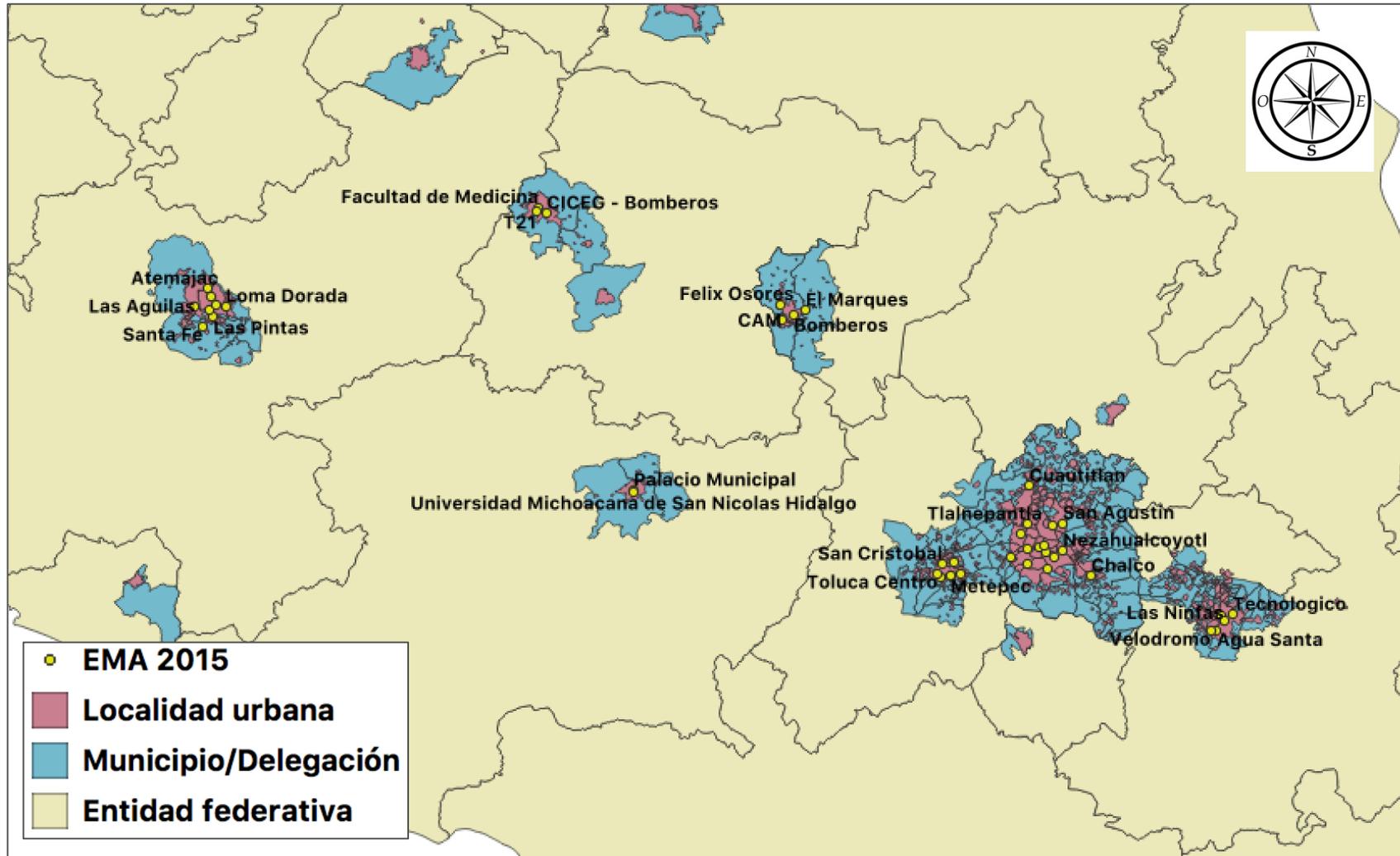
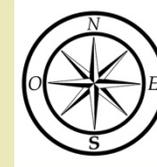


Mapa 4. Municipios y localidades urbanas de las ciudades del Sur de México consideradas en la adaptación de i-Tree Eco.

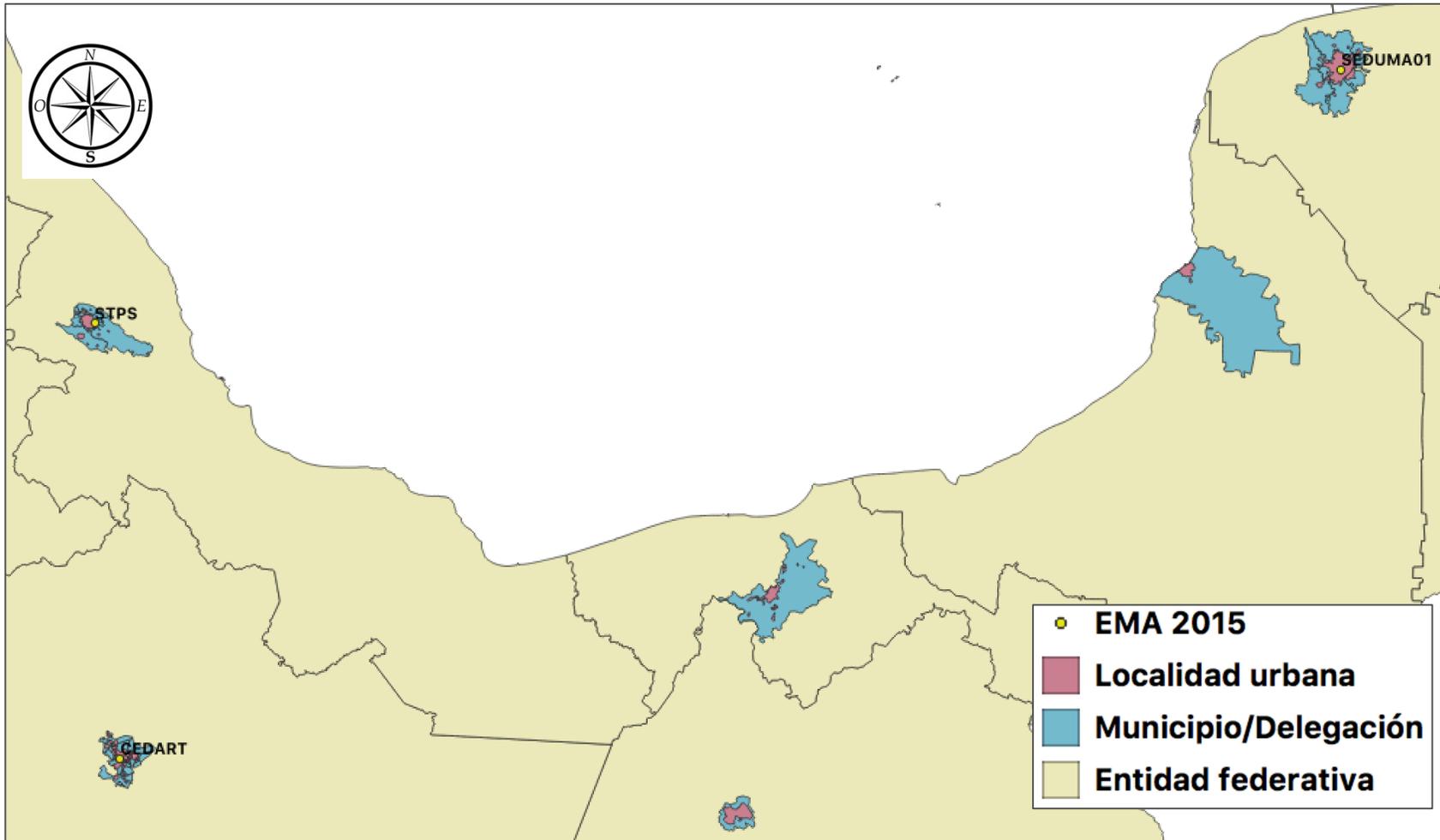
## ANEXO 2. MAPAS DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO ATMOSFÉRICO (EMA) INCLUIDAS EN LA ADAPTACIÓN



Mapa 5. Estaciones de Monitoreo Atmosférico (EMA) ubicadas al Norte de México e incluidas en la adaptación de i-Tree Eco.



Mapa 6. Estaciones de Monitoreo Atmosférico (EMA) ubicadas al Centro de México e incluidas en la adaptación de i-Tree Eco.



Mapa 7. Estaciones de Monitoreo Atmosférico (EMA) ubicadas al Sur de México e incluidas en la adaptación de i-Tree Eco.