

INFORME ANUAL 2025

PROGRAMA ESTATAL DE INVENTARIO Y MAPEO DEL ARBOLADO URBANO EN QUINTANA ROO



SEMA
SECRETARÍA
DE ECOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE

INTRODUCCIÓN.....	5
Funcionalidad y Gobernanza Colaborativa.....	8
Impacto Integral del Arbolado Urbano.....	8
Evolución histórica y antecedentes del monitoreo en Quintana Roo.....	9
¿Qué es el Programa Estatal de Inventario y Mapeo de Arbolado Urbano?.....	11
Colaboración Académica y Acceso a la Información.....	13
Publicación de Resultados y Transparencia.....	13
Marco Legal.....	14
Fundamento Constitucional y el Derecho a un Medio Ambiente Sano..	15
Leyes Estatales Clave: Pilares de la Gestión del Arbolado.....	15
Ley de Conservación, Mantenimiento, Protección y Desarrollo del Arbolado Urbano del Estado de Quintana Roo.....	16
El Arbolado Urbano como Estrategia de Mitigación al Cambio Climático.	17
Tabla Resumen del Marco Jurídico.....	18
Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático y el Carbono Urbano.....	19
RESULTADOS 2025.....	21
MATERIALES DE DIFUSIÓN.....	23
REGISTROS.....	27
• Alumnos del Centro de Bachillerato Tecnológico Industrial y de Servicios No. 25 "Miguel Hidalgo y Costilla" (CBTIS #253).....	31
PLATAFORMA WEB Y SERVIDOR DE MAPAS (GIS).....	32
INTEGRACIÓN DE TECNOLOGÍA LIDAR Y DRONES EN 2025.....	33
Funcionamiento y Beneficios.....	34
Plataforma Web para la Gestión y Análisis Geoespacial.....	36
Funcionamiento y Beneficios.....	37
CAPACITACIÓN PARA LA INTEGRACIÓN AL PROGRAMA ESTATAL DE INVENTARIO Y MAPEO DEL ARBOLADO URBANO.....	39
Educación Media:.....	42
Arborización:.....	43
Educación Media Superior:.....	44
SERVICIO SOCIAL Y ESTANCIA PROFESIONAL.....	46

Colaboradores:



[UAQROO](#)



[ITCH](#)



[ITZM](#)



[ANÁHUAC](#)



[EVA SAMANO](#)



[CETMAR](#)



[CBTIS 214](#)



[CBTIS 253](#)



[COBACH UNO](#)



[COBACH DOS](#)



[CONALEP](#)



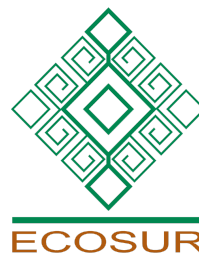
[ESC.SEC.TEC. 15](#)



[MAYAKOBA](#)



[APIQROO](#)



[ECOSUR](#)

Municipios



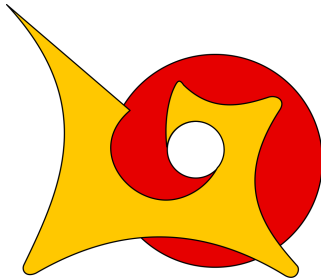
[Cozumel](#)



[Felipe Carrillo Puerto](#)



[Isla Mujeres](#)



[Othón P. Blanco](#)



[Benito Juárez](#)



[José María Morelos](#)



[Lázaro Cárdenas](#)



[Playa del Carmen](#)



[Tulum](#)



[Bacalar](#)



[Puerto Morelos](#)

INTRODUCCIÓN

La concepción del arbolado en los entornos urbanos ha experimentado una transformación paradigmática en las últimas décadas, transitando de una visión puramente estética u ornamental hacia una comprensión técnica como infraestructura verde crítica para la sostenibilidad y la resiliencia urbana. Esta reevaluación sitúa a los árboles no como meros adornos paisajísticos, sino como componentes esenciales del entramado funcional de las ciudades, capaces de mitigar efectos adversos del desarrollo acelerado.

En el contexto geográfico de Quintana Roo, caracterizado por su vulnerabilidad sistémica ante fenómenos hidrometeorológicos extremos (ciclones y tormentas) y el incremento acelerado de las temperaturas superficiales urbanas, la gestión eficaz, proactiva y basada en evidencia científica de los bosques urbanos se presenta como una estrategia de adaptación climática ineludible. Las altas tasas de urbanización y la alteración de los ecosistemas costeros y selváticos circundantes intensifican la necesidad de maximizar los beneficios que el arbolado puede ofrecer dentro del tejido urbano.

Los árboles situados en el entorno urbano no son elementos aislados; constituyen un sistema biológico complejo e interconectado que interactúa dinámicamente con el medio ambiente construido para proporcionar una amplia gama de servicios ecosistémicos que impactan de manera directa y cuantificable en la calidad de vida, la salud pública y la economía local. Entre estos servicios se incluyen: la reducción del efecto de isla de calor urbana, la mejora de la calidad del aire mediante la filtración de contaminantes particulados, la gestión de aguas pluviales al reducir la escorrentía superficial, la provisión de hábitat para la biodiversidad local y la contribución a la salud mental de los habitantes.

La literatura técnica especializada y los marcos de referencia internacionales más robustos, como las directrices emanadas del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), subrayan con claridad que el carbono depositado en la biomasa de los árboles urbanos representa el mayor compartimento de carbono biótico en pie y la principal fuente de incremento anual de captura de carbono para los asentamientos humanos. Este reconocimiento posiciona al arbolado urbano como un aliado estratégico en los esfuerzos de mitigación del cambio climático.

En Quintana Roo, esta premisa adquiere una relevancia singular y amplificada debido a la excepcional capacidad de regeneración de las selvas tropicales secundarias y la vegetación nativa. Estos ecosistemas son conocidos por su resiliencia y su habilidad para recuperar rápidamente su biomasa, y por ende su capacidad de secuestro de carbono, tras eventos de disturbio natural o antrópico. No obstante, la gestión de esta vegetación dentro de los límites de los asentamientos urbanos —que incluye la selección de especies, las prácticas de plantación, poda y mantenimiento— puede significar ganancias o pérdidas críticas de carbono en el balance total de la ciudad. El resultado depende directamente de las políticas, normativas y prácticas de mantenimiento y expansión del arbolado que se implementen, subrayando la necesidad de un enfoque de silvicultura urbana planificado y sostenible.



Figura 1. Fotografía del Árbol de Samanea frente al Palacio de Gobierno en la ciudad de Chetumal, alude al arbolado urbano. Enero de 2019.

El Programa Estatal de Inventario y Mapeo del Arbolado Urbano nace como una iniciativa para generar una base de datos geoespacial que centralice la información técnica de cada individuo arbóreo en las superficies urbanas del estado. Esta plataforma colaborativa permite el cálculo de servicios ecosistémicos mediante parámetros dasonómicos precisos, facilitando el análisis de la silvicultura urbana y fomentando la

participación de la comunidad. La integración de estos datos en el Sistema Estatal de Información Ambiental asegura que las decisiones políticas en materia de desarrollo urbano y ecología se fundamenten en evidencia científica sólida y no en suposiciones empíricas.

Los beneficios ambientales del arbolado urbano son multifacéticos. Las hojas actúan como filtros biológicos, atrapando partículas en suspensión (PM2.5 y PM10), polvos y humos que son comunes en zonas de alto tráfico vehicular. Simultáneamente, la estructura radicular de los árboles nativos favorece la infiltración del agua pluvial, reduciendo la escorrentía superficial y el riesgo de inundaciones en una entidad donde el sistema kárstico demanda una gestión hídrica cuidadosa. Desde la perspectiva social, se ha documentado que el acceso a áreas arboladas reduce la fatiga mental, disminuye los niveles de criminalidad y aumenta la plusvalía de las propiedades. Económicamente, la sombra estratégica sobre los edificios reduce de forma drástica el consumo de energía eléctrica derivado del uso de sistemas de climatización, un factor crítico en el clima cálido-subhúmedo de la región.

El Programa Estatal de Inventario y Mapeo del Arbolado Urbano (PEIMAU) surge como una iniciativa estratégica y fundamental para transformar la gestión del patrimonio arbóreo en las zonas urbanas de la entidad. Su objetivo principal es la creación y mantenimiento de una base de datos geoespacial unificada que centralice toda la información técnica detallada de cada individuo arbóreo dentro de los límites municipales. Esta centralización no solo simplifica la consulta, sino que establece un estándar de rigor científico y transparencia.

Esta plataforma va más allá de un simple registro de ubicación; se concibe como un repositorio de información dasonómica precisa. Al integrar datos como la especie, la altura total, el diámetro a la altura del pecho (DAP), la extensión de la copa y el estado fitosanitario, el sistema permite el cálculo exacto y en tiempo real de los servicios ecosistémicos (SE) que proporciona el arbolado. Estos servicios, a menudo invisibles, incluyen la captura de carbono, la mitigación de la contaminación atmosférica y la gestión hídrica.

Funcionalidad y Gobernanza Colaborativa

El PEIMAU se estructura como una plataforma colaborativa, diseñada para fomentar la interacción y la participación activa de dependencias gubernamentales, instituciones académicas, el sector privado y, crucialmente, la comunidad. Esta naturaleza colaborativa es esencial para la validación y actualización continua de los datos, garantizando su precisión. La información generada es clave para:

1. **Análisis de Silvicultura Urbana:** Ofrece a los planificadores y ecólogos urbanos las herramientas necesarias para diagnosticar la salud del dosel arbóreo, identificar especies vulnerables o invasoras, y diseñar planes de manejo, poda y reforestación basados en la ciencia.
2. **Toma de Decisiones Fundamentada:** La integración de estos datos geoespaciales en el Sistema Estatal de Información Ambiental (SEIA) asegura que las políticas públicas relativas al desarrollo urbano, la infraestructura y la ecología se elaboren con una base empírica sólida. Esto contrarresta la tendencia a depender de suposiciones intuitivas o prácticas empíricas obsoletas, promoviendo inversiones más eficientes y efectivas.

Impacto Integral del Arbolado Urbano

Los beneficios derivados de un arbolado urbano bien gestionado son sistémicos y abarcan las esferas ambiental, social y económica:

- **Beneficios Ambientales y Salud Pública:**
 - **Mejora de la Calidad del Aire:** Las hojas de los árboles funcionan como filtros biológicos de alta eficiencia, capturando y reteniendo partículas en suspensión (PM2.5 y PM10), óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles (COVs), que son subproductos peligrosos de las emisiones vehiculares e industriales. Esto se traduce directamente en una reducción de enfermedades respiratorias y cardiovasculares en la población.
 - **Gestión Hídrica y Resiliencia:** La densa estructura radicular de las especies nativas facilita una mayor infiltración del agua pluvial en el suelo. Esta función es vital para recargar los acuíferos subterráneos y, en una región con un sistema kárstico sensible como la península de Yucatán, mitiga significativamente la escorrentía superficial. Al reducir la velocidad y el volumen del agua que fluye sobre el pavimento,

disminuye drásticamente el riesgo de inundaciones urbanas, protegiendo infraestructura y bienes.

- Mitigación del Efecto "Isla de Calor Urbano": La evapotranspiración del follaje y la sombra que proyectan los árboles contribuyen a enfriar el microclima urbano, un efecto crucial en el clima cálido-subhúmedo de la región.
- Beneficios Sociales y de Bienestar:
 - Salud Mental y Comunitaria: La evidencia científica ha demostrado que el simple acceso visual o físico a entornos arbolados tiene un impacto positivo en la salud psicológica. Se documenta una reducción del estrés crónico y la fatiga mental, una mejora en la concentración y una percepción de mayor seguridad.
 - Cohesión Social y Seguridad: La presencia de espacios verdes gestionados se correlaciona con una disminución en las tasas de criminalidad y vandalismo, al fomentar un sentido de pertenencia y vigilancia comunitaria.
- Beneficios Económicos y de Infraestructura:
 - Ahorro Energético Sustancial: La sombra estratégica que el arbolado proyecta sobre fachadas, techos y zonas de estacionamiento reduce la ganancia de calor solar en los edificios. Este efecto se traduce en una drástica reducción en el consumo de energía eléctrica requerido para el uso de sistemas de aire acondicionado y climatización, generando ahorros significativos tanto para los hogares como para el sector comercial.
 - Valor Inmobiliario: La presencia de un dosel arbóreo maduro y saludable incrementa la plusvalía de las propiedades adyacentes, actuando como un diferenciador de calidad de vida y atractivo estético en el mercado inmobiliario.

Evolución histórica y antecedentes del monitoreo en Quintana Roo

El actual programa estatal de gestión del arbolado urbano y periurbano no emergió de un vacío institucional o como una iniciativa súbita. Por el contrario, representa la culminación lógica y la sistematización de una serie de esfuerzos, a menudo aislados y de alcance limitado, que se remontan a más de una década en el pasado. Su génesis técnica se establece

firmemente en los pioneros trabajos de dasometría realizados dentro de los confines del Jardín Zoológico Payo Obispo. Aquellos estudios iniciales fueron llevados a cabo por estudiantes del Instituto Tecnológico de Chetumal, operando bajo la supervisión y guía técnica del profesor Rafael Olvera.

Este proyecto académico primario resultó crucial, ya que no solo proveyó datos, sino que fundamentalmente validó la aplicabilidad y la fiabilidad de los métodos tradicionales de estudio de vegetación forestal en entornos controlados y altamente antropizados como el urbano. De esta manera, sentó las bases metodológicas y empíricas necesarias para la posterior integración de tecnologías geomáticas avanzadas en la gestión de la cubierta vegetal.

El antecedente del Jardín Zoológico demostró, sin lugar a dudas, que la recopilación sistemática de variables clave como el diámetro a la altura del pecho (DAP), la altura total o comercial, y la evaluación de la salud fitosanitaria de los árboles era perfectamente viable y sostenible, especialmente a través de modelos de colaboración interinstitucional (academia-gobierno). No obstante, este mismo esfuerzo inicial puso en relieve una limitación crítica: la falta de una plataforma centralizada y dinámica. Se hizo evidente la imperiosa necesidad de un sistema que no solo almacenara los datos recopilados, sino que también permitiera la actualización en tiempo real, la validación estandarizada de la información y, crucialmente, la visualización geoespacial de todo el inventario arbóreo.

La respuesta a esta necesidad vino impulsada por la evolución tecnológica. Con el rápido desarrollo de las telecomunicaciones móviles y la masificación de los dispositivos con Sistemas de Posicionamiento Global (GPS) integrados, el programa pudo realizar una transición fundamental. De las tradicionales libretas de campo, los formularios impresos y los sistemas de registro analógicos, se migró hacia la herramienta digital "Inventario y Mapeo del Arbolado Urbano". Esta aplicación móvil fue diseñada y desarrollada de manera específica y personalizada para cumplir con los requerimientos operativos de la Secretaría de Ecología y Medio Ambiente (SEMA).

Esta profunda transición digital no ha sido meramente un cambio de formato, sino un mecanismo para democratizar la información y fomentar la transparencia. Mientras que los estudios y levantamientos dasométricos anteriores, por su naturaleza, se confinaban a voluminosos reportes impresos de circulación extremadamente limitada, el actual sistema digital

permite la divulgación y el acceso público e inmediato a los resultados detallados de los levantamientos. Esto genera un impacto social inmediato, pues empodera a la ciudadanía con datos precisos sobre su entorno y, al mismo tiempo, fortalece la rendición de cuentas y la transparencia gubernamental.

Finalmente, esta sofisticación tecnológica ha coincidido y ha sido complementada por una maduración conceptual en la comprensión del valor multifuncional de la vegetación. Hoy, la planificación urbana se basa en el conocimiento científico que reconoce a la masa arbórea como una barrera física y ecológica crítica. Por ejemplo, en el diseño de infraestructura vial, existe una diferenciación clara basada en la velocidad de circulación: se ha establecido que en carreteras o avenidas urbanas con velocidades operacionales inferiores a los 60 km/h, una franja de vegetación con una anchura que oscila entre los 6 y 16 metros es suficiente para alcanzar una mitigación y absorción efectiva del ruido generado por el tráfico. En contraste, para las vías de alta velocidad, donde la energía acústica es significativamente mayor, se requieren franjas de amortiguamiento más robustas, recomendándose una cobertura vegetal densa que se extienda de 20 a 30 metros para garantizar una reducción acústica óptima.

¿Qué es el Programa Estatal de Inventario y Mapeo de Arbolado Urbano?

El proyecto fundamental se centra en la creación de un robusto y detallado Sistema de Información Georreferenciada (SIG) para el arbolado urbano del Estado de Quintana Roo. Esta base de datos geoespacial no es meramente un listado, sino una herramienta de gestión ambiental y planificación territorial que integra de manera sistemática y precisa una amplia gama de información. Detalles de la Recolección y Procesamiento de Datos.



SEMA
SECRETARÍA
DE ECOLOGÍA
Y MEDIO AMBIENTE



TE INVITAMOS A FORMAR PARTE DEL “PROGRAMA ESTATAL DE INVENTARIO Y MAPEO DEL ARBOLADO URBANO” A TRAVÉS DE SERVICIO SOCIAL, ESTANCIA PROFESIONAL, RESIDENCIA Y TESIS.

Figura 2. Invitación para las escuelas de los diferentes niveles para participar en el Programa Estatal.

La captura de información se realiza mediante la aplicación móvil especializada denominada "Inventario y Mapeo del Arbolado Urbano", diseñada y establecida por la Secretaría competente. Esta herramienta tecnológica permite a los equipos de campo registrar datos de alta calidad de cada individuo arbóreo, incluyendo:

- Identificación Taxonómica: Nombre común y científico de la especie.
- Ubicación Georreferenciada Precisa: Coordenadas exactas (latitud y longitud) para su mapeo en el SIG.
- Datos Dasométricos: Mediciones clave para evaluar la salud, el estado de desarrollo y los beneficios ambientales del árbol, como el Diámetro a Altura de Pecho (DAP), la altura total, y el diámetro de la copa.
- Evaluación del Estado Fitosanitario y Estructural: Observaciones sobre la salud general del árbol, la presencia de plagas, enfermedades, daños estructurales (inclinación, cavidades, ramas secas o rotas) y el nivel de riesgo asociado.
- Evidencia Fotográfica: Múltiples fotografías de alta resolución de cada ejemplar, incluyendo vistas generales, detalles de tronco, copa y cualquier condición particular o de riesgo.

Alcance de la Implementación y Beneficios Municipales

La plataforma de inventario y gestión no se limitará a una zona piloto, sino que será implementada de manera integral en la totalidad de los 11 municipios que conforman el Estado de Quintana Roo. Esta implementación responde directamente a las responsabilidades legales y ambientales de las administraciones municipales, quienes tienen la obligación directa de:

- Conservar, Mantener y Proteger el patrimonio arbóreo urbano dentro de sus límites geográficos.
- Planificación Estratégica: La información recolectada es esencial para ser incorporada como un componente fundamental en los Planes de Desarrollo Urbano Municipal, los programas de Arborización, Forestación y Reforestación, y otros instrumentos de ordenamiento territorial.

El uso de esta información georreferenciada proporcionará beneficios tangibles y operacionales para los municipios, incluyendo:

- Generación de Reportes y Catálogos: Producción automatizada de inventarios detallados y catálogos de especies, facilitando la toma de decisiones informadas.
- Gestión Proactiva del Riesgo: La capacidad de definir y programar acciones específicas de revegetación, poda de formación, poda de saneamiento y, crucialmente, la intervención inmediata en árboles en situación de riesgo que puedan comprometer la seguridad pública o la infraestructura urbana.

Colaboración Académica y Acceso a la Información

El proyecto fomenta activamente la colaboración con la comunidad científica y académica. Se garantizará que estudiantes, académicos, investigadores y participantes autorizados tengan un acceso transparente a los datos de los levantamientos realizados en todo el estado.

El objetivo de esta apertura es capitalizar el conocimiento para:

- Formular Análisis Rigurosos: Realizar estudios avanzados sobre la distribución de especies, el secuestro de carbono, los servicios ecosistémicos provistos por el arbolado, y el impacto del cambio climático.
- Elaborar Reportes y Publicaciones Científicas: Contribuir al acervo de conocimiento ambiental del estado.

Publicación de Resultados y Transparencia

Es imperativo que los productos y resultados de estos análisis (reportes, publicaciones, modelos) sean integrados de manera oficial en el Sistema

Estatual de Información Ambiental (SEIA), asegurando que la investigación se traduzca en conocimiento público y en políticas ambientales eficaces.

Con un compromiso hacia la transparencia y la rendición de cuentas, los reportes consolidados que documentan los resultados de los inventarios del arbolado urbano se publicarán con una periodicidad anual. Esta publicación se llevará a cabo durante el segundo semestre del año por parte del gobierno estatal, complementándose con los informes específicos generados por cada uno de los municipios.

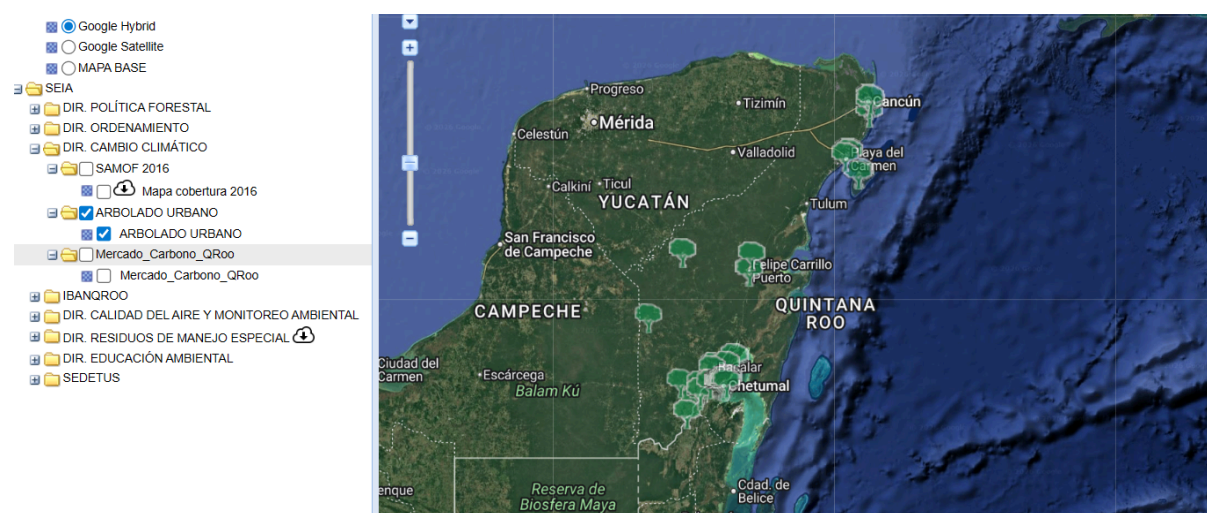


Figura 3. Captura de la página oficial del Sistema Estatal de Información Ambiental (SEIA). <http://sema.groo.gob.mx/cartografia/index.php?ordenamientos> donde se pueden observar los avances.

Marco Legal

La estrategia de Quintana Roo para la gestión del arbolado urbano y la consecuente creación del Programa Estatal de Inventario y Mapeo se sustenta en un andamiaje legal integral y permanentemente actualizado, cuyo propósito primordial es fortalecer la resiliencia climática del estado. Esta estructura legal no solo legitima la acción gubernamental, sino que también establece los mecanismos de coordinación y las responsabilidades específicas de los diferentes órdenes de gobierno y del sector privado.

Fundamento Constitucional y el Derecho a un Medio Ambiente Sano

El punto de partida de este marco legal es el nivel más alto de la jerarquía normativa:

- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (Artículo 4º): Establece el derecho fundamental de toda persona a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar, imponiendo al Estado la obligación de garantizar este derecho y sancionar a quien lo contravenga. Esta disposición es la base para cualquier política de conservación de la infraestructura verde.
- Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Quintana Roo (Artículo 10): A nivel local, este artículo refuerza el principio al mandar que el desarrollo económico y social del estado debe llevarse a cabo en estricto equilibrio con el medio ambiente y los recursos naturales, vinculando intrínsecamente la planificación urbana con la protección ecológica.

Leyes Estatales Clave: Pilares de la Gestión del Arbolado

Las siguientes leyes son el cuerpo normativo esencial que da forma y obliga la ejecución del inventario: Ley de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Quintana Roo (LEEPA)

Esta ley es el pilar para la conservación de la biodiversidad en general y, por extensión, de la flora urbana.

- Protección de Interés Público (Artículo 94): La LEEPA declara de interés público la protección, conservación y restauración de la flora silvestre, incluyendo explícitamente el arbolado histórico, singular y las áreas verdes urbanas. Esto eleva la protección del arbolado a un asunto de prioridad pública.
- Competencia Municipal y Estatal (Artículo 98): Se establece una distribución clara de competencias: se otorga a los ayuntamientos la facultad exclusiva para autorizar las podas, trasplantes y derribos de árboles urbanos, mediante la expedición de permisos y licencias. La intervención del Estado (SEMA) solo ocurre de manera supletoria o en ausencia de una reglamentación municipal específica, reforzando el principio de autonomía municipal en la gestión territorial.

- Reforma para la Resiliencia (Decreto 136, Agosto de 2025): Las reformas sustanciales de 2025 armonizaron los criterios de evaluación de impacto ambiental con las nuevas dinámicas de crecimiento urbano. Estas reformas exigen que todo proyecto de obra, público o privado, debe incorporar en su proceso de evaluación de impacto ambiental la presentación de estudios detallados de riesgo y planes de mitigación. Un elemento central de esto es la obligatoriedad del inventariado previo y georreferenciado del arbolado existente en el sitio de la obra, antes de cualquier intervención.

Ley de Conservación, Mantenimiento, Protección y Desarrollo del Arbolado Urbano del Estado de Quintana Roo

Esta legislación específica es el fundamento directo para la creación y operación del inventario estatal.

- Obligación de Vinculación y Coordinación (Artículos 4 y 9): Define la obligación ineludible del Estado (a través de la SEMA) de vincularse y coordinarse con los 11 ayuntamientos para establecer y homologar las políticas de arborización, definiendo a la SEMA como el ente coordinador central.
- Desarrollo y Confianza de los Datos (Artículo 59): Dispone que el inventario georreferenciado debe ser desarrollado por cada municipio, bajo una metodología estandarizada definida en coordinación con la SEMA. Esta colaboración es esencial para garantizar que los datos estadísticos resultantes sean exactos, contables y confiables, sirviendo de base para la toma de decisiones presupuestarias y de planificación.
- Garantía de Calidad Técnica (Reforma de Septiembre de 2022): Esta reforma sentó las bases para el establecimiento de un registro estatal de profesionales acreditados en el manejo, diagnóstico y evaluación del arbolado. El objetivo es asegurar que todas las intervenciones técnicas (podas, trasplantes, dictámenes) sean realizadas por personal certificado, evitando que el desconocimiento comprometa la salud y vitalidad de los ejemplares arbóreos.

El Arbolado Urbano como Estrategia de Mitigación al Cambio Climático

Quintana Roo es pionero en la integración del arbolado urbano como un componente estratégico de su política climática.

- Ley de Acción al Cambio Climático del Estado de Quintana Roo (LACCEQROO):
 - Aumento de Sumideros de Carbono (Artículo 16): Exige que el Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático (PEACC) considere explícitamente el aumento y la protección de los sumideros de carbono naturales, donde el arbolado urbano juega un papel crucial.
 - Medición de Remociones (Artículo 26): Fomenta la creación y expansión de zonas verdes y la reforestación urbana como un mecanismo de captura de carbono. El inventario de arbolado se convierte, por lo tanto, en una herramienta esencial de medición y reporte para el inventario estatal de emisiones y remociones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), permitiendo cuantificar la contribución de la infraestructura verde a los objetivos climáticos estatales.

Obligaciones al Sector Inmobiliario y Urbanístico

La legislación más reciente ha cerrado el círculo de protección, imponiendo obligaciones directas al sector que históricamente genera mayor presión sobre el arbolado: el desarrollo urbano.

- Ley de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano (Reforma de Agosto de 2025 – Artículo 95): Esta reforma es fundamental. Ahora se exige de manera obligatoria que la promoción de fraccionamientos, conjuntos urbanos y desarrollos inmobiliarios presente, como requisito indispensable, un Estudio de Viabilidad Urbanística y Mitigación de Impactos Ambientales. Este estudio debe garantizar dos puntos críticos:
 1. La infraestructura verde y los espacios públicos deben ser conservados e integrados funcionalmente al desarrollo.
 2. Se prohíbe la pérdida neta de cobertura arbórea. Cualquier afectación debe ser compensada in situ o ex situ bajo el

principio de costo del interesado, asegurando que el desarrollo no reduzca la capacidad de servicios ecosistémicos de la zona.

Tabla Resumen del Marco Jurídico

He mejorado la tabla que resume el marco jurídico del documento, haciendo los nombres de las leyes más explícitos y la columna de "Enfoque Estratégico y Propósito" más concisa para facilitar su lectura.

Instrumento Legal	Artículos Clave	Enfoque Estratégico y Propósito
Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos	Art. 4	Garantiza el derecho fundamental a un medio ambiente sano y fundamenta la política ecológica.
Ley de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LEEPA)	Art. 94, 98	Declara de interés público la flora urbana y delimita las facultades municipales (Ayuntamientos) para podas y derribos.
LEEPA (Decreto 136, Agosto de 2025)	Nuevo articulado	Establece la obligatoriedad de incluir el inventario del arbolado y un plan de mitigación en los estudios de impacto ambiental para toda obra.
Ley de Conservación, Mantenimiento, Protección y Desarrollo del Arbolado Urbano	Art. 4, 9, 59	Define la coordinación estatal-municipal para la creación, homologación y uso del inventario georreferenciado (PEIMAU).
Ley de Acción al Cambio Climático (LACCEQROO)	Art. 16, 26	Integra el arbolado urbano como un sumidero de carbono esencial y herramienta de medición para el inventario de Gases de Efecto Invernadero (GEI).

Ley de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano (Reforma de Agosto de 2025)	Art. 95	Obliga a realizar estudios de viabilidad que garanticen la conservación e integración de la infraestructura verde, prohibiendo la pérdida neta de cobertura arbórea.
---	---------	--

Figura 4. Tabla de resumen del marco jurídico que ampara el cumplimiento del PEIMAU

Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático y el Carbono Urbano

El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) reconoce de manera explícita la relevancia de la vegetación urbana, y en particular del arbolado, en la mitigación del cambio climático. El carbono almacenado en los árboles dentro de los entornos urbanos representa el compartimento de biomasa en pie más significativo y la principal fuente de incremento anual de captura de carbono dentro de los límites de los asentamientos humanos.

De acuerdo con las directrices metodológicas del IPCC, la gestión de los árboles urbanos es un componente clave que se aborda específicamente en el capítulo 1 (Asentamientos). Dentro de este marco, las actividades de manejo de la vegetación en los asentamientos pueden resultar en dinámicas complejas que involucran ganancias, pérdidas o transferencias netas de carbono entre los distintos depósitos. Específicamente:

1. **Ganancias de Carbono:** Se refieren principalmente al aumento de la biomasa forestal (captura o secuestro de carbono) que resulta de la plantación de nuevos árboles, el crecimiento de los árboles existentes y las prácticas de silvicultura urbana que promueven la salud y longevidad de los ejemplares.
2. **Pérdidas de Carbono:** Ocurren por la remoción o tala de árboles, la mortalidad natural o inducida por plagas/enfermedades, o eventos catastróficos. Estas pérdidas representan una emisión de carbono a la atmósfera (excepto si la madera se destina a productos de vida útil prolongada).
3. **Transferencias de Carbono:** Implican el movimiento de carbono de un depósito a otro, como cuando la madera talada se utiliza para productos duraderos (muebles, construcción), lo que prolonga el tiempo que el carbono permanece fuera de la atmósfera, o cuando

se destina a ser quemada o se descompone rápidamente, transfiriendo el carbono de la biomasa viva a la atmósfera.

La inclusión de los árboles urbanos en el marco del IPCC subraya su papel dual: no solo mitigan las emisiones absorbiendo CO₂ atmosférico (considerado como "absorción de emisiones" en los lineamientos), sino que también ofrecen cobeneficios cruciales para la adaptación, como la reducción del efecto isla de calor, la mejora de la calidad del aire y la gestión de las aguas pluviales. Por lo tanto, la adecuada gestión del arbolado en los asentamientos humanos es una estrategia reconocida a nivel global para contribuir a los compromisos nacionales de reducción de emisiones y al desarrollo de ciudades más resilientes y sostenibles.

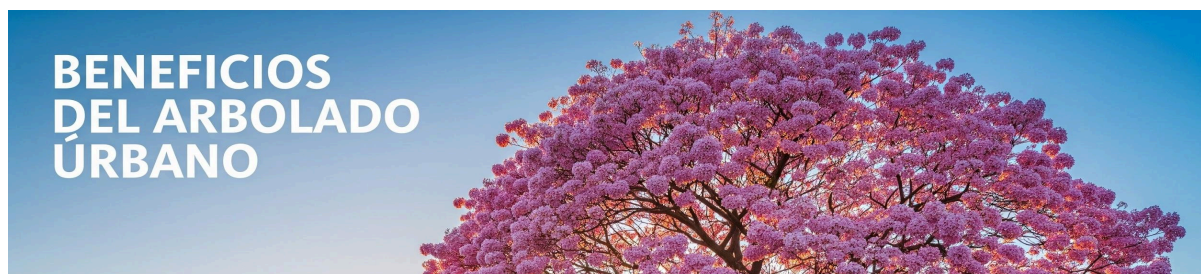


Figura 5. Foto alusiva a los beneficios del Programa Estatal de Inventario y Mapeo del Arbolado Urbano.

Los árboles brindan beneficios ambientales, sociales y económicos a las ciudades al purificar el aire, reducir las temperaturas extremas, mitigar las inundaciones, mejoran la salud mental y física de los habitantes.

Ayudan a regular el clima, proporcionan hábitat para la biodiversidad y capturan dióxido de carbono liberando oxígeno. Las hojas actúan como filtros, atrapando partículas finas como polvo y humo.

Es importante señalar que los árboles que se encuentran en los camellones y espacios urbanos tienen innumerables beneficios, proporcionan sombra, mejoran la calidad del aire, capturan carbono entre otros beneficios.

Nos permitirá conocer cuántas especies de árboles existen, su ubicación, su altura, el diámetro del tronco, la biomasa, la cantidad de CO₂ y otros gases de efecto invernadero que capturan, su estado de salud, o si representan algún tipo de riesgo o peligro para la población.

Se podrá planear la restauración y reforestación de las áreas urbanas que carezcan de arbolado, que permitirán disminuir la sensación térmica, minimizando el efecto dañino del impacto directo de los rayos solares.

RESULTADOS 2025

MUNICIPIOS DE QUINTANA ROO

Playa del Carmen

- Palacio Municipal de Playa del Carmen. (Iniciado)
- Mayakoba. (Iniciado)

Bacalar

- Parque de Bacalar. (Iniciado)

Felipe Carrillo Puerto

- Parque de Felipe Carrillo Puerto. (Iniciado)

José María Morelos

- Parque de José María Morelos. (Iniciado)

Benito Juárez

- Universidad Anáhuac Cancún. (Iniciado)
- Parque Urbano Kabah Cancún. (Iniciado)

Cozumel

- Parque Miraflores. (Iniciado)
- Parque de interpretación ambiental “El Cenote”. (Iniciado)
- Esc. Primaria Bernardino Mezo Mendez. (Iniciado)
- Guardería Infantil CANACO U812.

Othón P. Blanco

Comunidades

- Pucte
- Sabidos
- Carlos A. Madrazos
- Palmar
- Ucum
- Calderitas (Parque de la Colonia Yucatán, Campo de Béisbol, anexo de la Colonia 16 de Septiembre y Parque de la Colonia Centro)
- Sacxan



Figura 6. Los parques concluidos en la ciudad de Chetumal.

PARQUE CONCLUIDOS EN CHETUMAL

- Parque del Maestro
- Glorieta de la Fuente Maya
- Parque Fovissstes primera etapa
- Parque circuito campestre
- Parque de la madre
- Parque / Área verde (Calle Tecnológico de Veracruz con Calle Tela)
- Parque / Área verde (Calle Tecnológico de Minatitlán)
- Parque Residencial de Chetumal
- Parque de la Juventud
- Parque de las Casitas
- Área verde del Mercado viejo "Manuel Altamirano"
- Parques Américas I, II, III.
- Parque Los Caimanes
- Parque del Bosque
- Parque Aarón Merino Fernández
- Parque del Renacimiento
- Parque de la Privada San Salvador
- Área verde de la colonia Polígono II
- Parque Polígono II

- Parque del Queso
- Parque Forjadores
- Parque Insurgentes
- Área verde ubicada en la Av. Antonio Handall con calles Cantabria
- Áreas verdes del Muelle Fiscal de Chetumal

Parques en proceso de levantamiento y captura

- Palacio Municipal (Parque La Alameda inicio)
- Parque ecológico Zazil. (Iniciado)
- Jardín Zoológico Payo Obispo. (Iniciado)
- Parque Urbano Kabah Cancún. (Iniciado)

Principales avenidas de Chetumal

- Boulevard Bahía
- Av. Insurgentes
- Av. Luis Antonio Sevilla Sanchez

ESCUELAS

- Instituto Tecnológico de Chetumal (ITCH iniciado)
- Universidad Autónoma de Quintana Roo Campus Chetumal (UQROO)
- Colegio de Bachilleres Plantel Dos de Chetumal
- Escuela Secundaria Técnica Número 15 “José Marrufo” Chetumal
- Universidad Anáhuac Cancún (iniciado)
- CETMAR No. 10 Chetumal (iniciado)
- Centro de Bachillerato Técnico “Eva Samano de Lòpez Mateos”
- CONALEP Plantel Chetumal (iniciado)

MATERIALES DE DIFUSIÓN

Como parte de los esfuerzos de la Secretaría de Ecología y Medio Ambiente del Estado de Quintana Roo para socializar en los temas en un esfuerzo por

promover la preservación del medio ambiente y la lucha contra el cambio climático se ha realizado la impresión de materiales de difusión centrados en el Programa Estatal de Inventario y Mapeo del Arbolado Urbano del Estado de Quintana Roo.

La iniciativa, dirigida a generar mayor conocimiento en generar un inventario y mapeo geoespacial, cuantitativo y cualitativo de todas las especies arbóreas y arbustivas existentes en las zonas urbanas del estado, en cumplimiento con la Ley de Conservación, Mantenimiento, Protección y Desarrollo del Arbolado Urbano de Quintana Roo.

Por lo que en el mes de junio del año 2025 se han realizado la impresión del siguiente material:

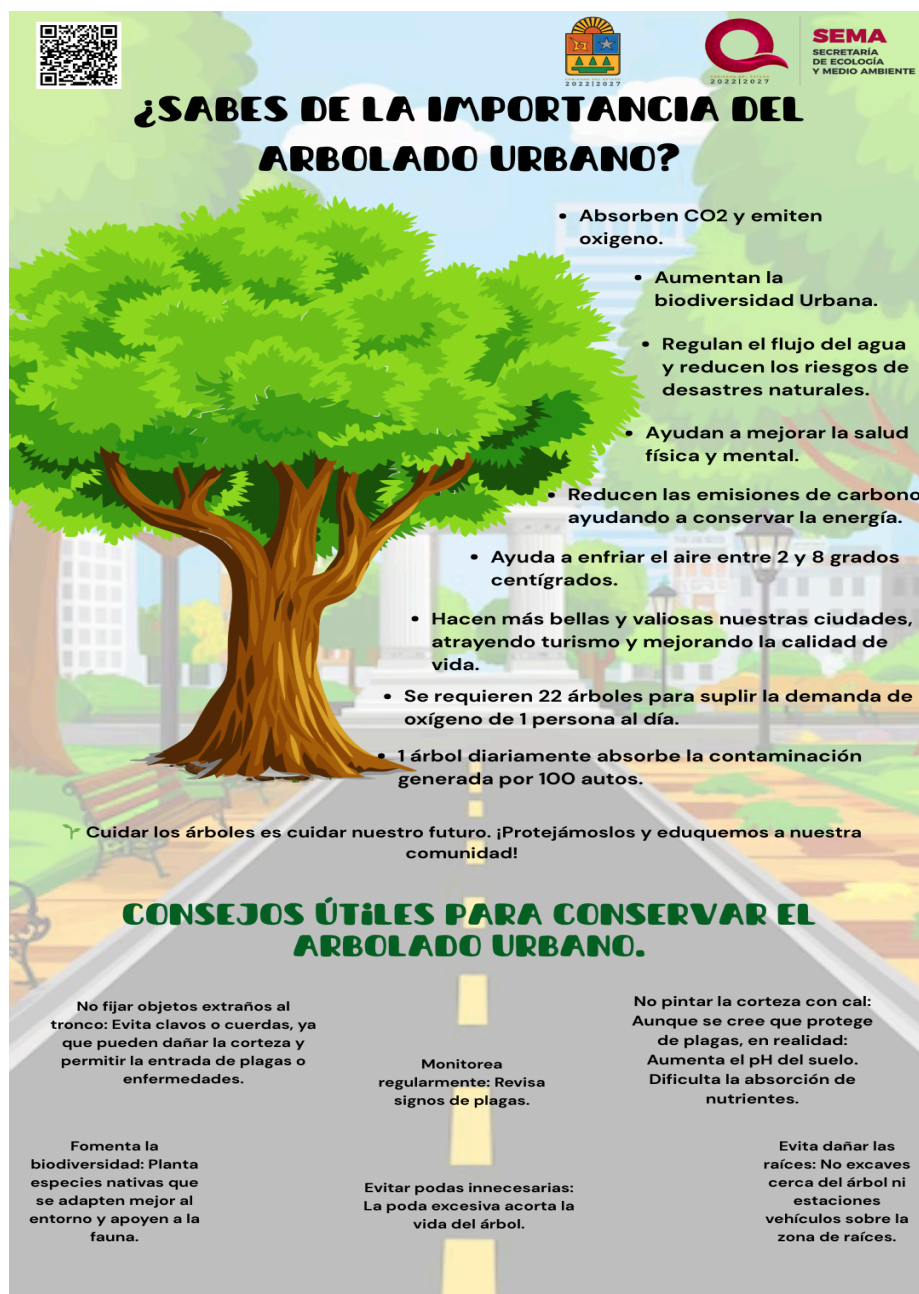


Figura 7. Infografía para promover la importancia del arbolado urbano.

75 piezas de infografía tamaño tabloide en cartulina couché mate 300 grs, llamado: "Importancia de arbolado urbano". En donde explica la importancia del arbolado urbano, que es fundamental y se manifiesta en tres grandes categorías de beneficios: Ambientales, Sociales y Económicos, como también los consejos útiles para conservar el arbolado urbano.

800 trípticos del "Programa Estatal de inventario y Mapeo", para promover a formar parte del programa a través de servicio social, estancia profesional, residencia y tesis, también explicando los objetivos y la metodología.



Figura 8. Tríptico del "Programa Estatal de inventario y Mapeo" carátula A



Figura 9. Tríptico del "Programa Estatal de inventario y Mapeo" carátula B

100 playeras manga largas tela Dry Fit , 200 playeras manga largas tela de algodón y 150 gorras para el arbolado urbano. La vestimenta distintiva para el que participa en el Programa y puedan realizar su trabajo de inventario de manera eficiente y segura en las ciudades.



Figura 10. Playeras y gorras como material de difusión para el programa.

Estos materiales se distribuyen como parte de una estrategia clave para dar a conocer el Programa Estatal de Inventario y Mapeo del Arbolado Urbano de Quintana Roo y, de esta manera, proteger y gestionar eficientemente el patrimonio arbóreo en nuestras ciudades."

REGISTROS

El Programa Estatal de Inventario y Mapeo del Arbolado Urbano (PEIMAU) fue concebido e implementado a finales del año 2021, como una iniciativa fundamental para la gestión y conservación del patrimonio arbóreo en las zonas urbanas del estado. Este programa pionero surge de la necesidad imperante de contar con información precisa y georreferenciada sobre la población de árboles, elemento clave para la planificación urbana sostenible y la mitigación de los efectos del cambio climático.

Desde su inicio, la idea original se ha venido fortaleciendo progresivamente, logrando sumar el esfuerzo coordinado de diversas instancias gubernamentales, organizaciones de la sociedad civil y la participación activa de la comunidad. Esta colaboración intersectorial ha sido crucial para la consolidación y expansión de las actividades del programa.

La siguiente tabla ilustra de manera contundente la trayectoria de crecimiento y la eficacia operativa del programa, mostrando el incremento sostenido en la actividad de inventario desde su puesta en marcha hasta el

cierre del año 2025. Este crecimiento exponencial ha resultado en la creación de una base de datos robusta, que a la fecha, registra un total acumulado de 13,988 árboles inventariados y mapeados. Este registro no solo representa una cifra, sino la materialización de un compromiso estatal con el medio ambiente, la conservación y protección de los árboles en las zonas urbanas y la calidad de vida de la población. Este registro no solo representa una cifra cuantificable, sino que constituye la materialización tangible de un profundo y constante compromiso estatal con la protección y el mejoramiento del medio ambiente. Priorizando la conservación y la protección activa del arbolado en las zonas urbanas, reconociendo su valor no solo ecológico sino también social. Este esfuerzo incansable contribuye directamente a la mitigación de los efectos del cambio climático, mejora la calidad del aire y reduce el efecto de isla de calor. En última instancia, la preservación y el incremento de las áreas verdes urbanas se traducen en una mejora sustancial en la calidad de vida de toda la población, ofreciendo espacios de recreación, bienestar y un entorno más saludable para las futuras generaciones.



Figura 11. Tabla del número de registros, por año.

Se han realizado registros, en los Municipios de Othón P. Blanco, Bacalar, Felipe Carrillo Puerto, José María Morelos, Playa del Carmen, Benito Juárez y Cozumel teniendo un acumulado de 13,988 registros de árboles urbanos en el 2025.

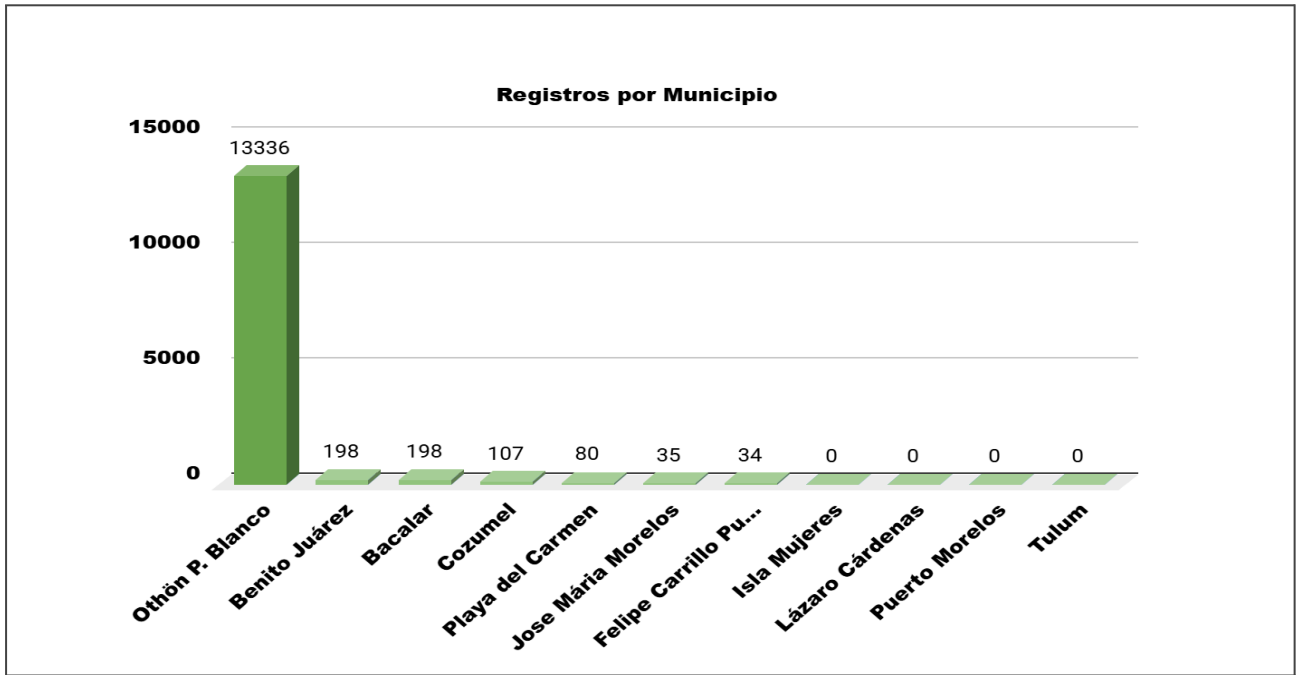


Figura 12. Gráfica de mayor a menor del número de registros por municipio.

Figura 13. Tabla del número de registros, por municipio.

NÚMERO	MUNICIPIOS	REGISTROS
1	Othón P. Blanco	13,336
2	Benito Juárez	198
3	Bacalar	198
4	Cozumel	107
5	Playa del Carmen	80
6	Jose María Morelos	35
7	Felipe Carrillo Puerto	34
8	Isla Mujeres	0
9	Lázaro Cárdenas	0
10	Puerto Morelos	0
11	Tulum	0
	Total	13,988

El municipio que ha realizado más registros hasta el año 2025 es el de Othón P. Blanco con 13,336 como se muestran en las gráficas, seguidos por los municipios de Bacalar y Benito Juárez con 198 cada uno, Cozumel con 107, Playa del Carmen con 80, José María Morelos con 35, Felipe Carrillo Puerto con 34 y los que no tienen registros Isla Mujeres, Tulum, Lázaro Cardenas y Puerto Morelos.

Registros de Arbolado Urbano por municipios y personal quienes hay hechos levantamiento de datos

Municipio de Playa del Carmen

- Dirección de Medio Ambiente del H. Ayuntamiento
- Secretaría de Servicios Públicos
- Dirección de Desarrollo urbano
- Colegio de Arquitectos
- Dirección de Medio Ambiente y Cambio climático

Municipio de Bacalar

- Dirección de Medio Ambiente del H. Ayuntamiento
- Dirección de Ecología. Ayuntamiento
- Dirección de Servicios públicos
- Colegio de Bachilleres de Bacalar

Municipio de Jose Maria Morelos

- Dir. Ecología H. Ayuntamiento JMM
- Brigada Forestal JMM
- Auxiliar General Ecología y Medio Ambiente
- Instituto Quintanarroense de la Mujer (IQM)

Municipio de Felipe Carrillo Puerto.

- Dirección de Desarrollo Urbano y Ecología
- Servicio Social (CBTIS 72)

Municipio de Othón P. Blanco

- Personal de la Secretaría de Ecología y Medio Ambiente (SEMA)
- alumnos del Instituto Tecnológico de la Zona Maya (ITZMAYA)
- Alumnos de la Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo (UQROO)
- Alumnos del Centro de Estudios Tecnológicos del Mar No. 10 (CETMAR #10)
- Alumnos del Centro de Estudios de Bachillerato Técnico "Eva Sámano De López Mateos"
- Alumnos del Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica (CONALEP)
- **Alumnos del Centro de Bachillerato Tecnológico Industrial y de Servicios No. 25 "Miguel Hidalgo y Costilla" (CBTIS #253)**
- Alumnos del Centro De Bachillerato Tecnológico Industrial Y De Servicios 214 (CBTIS 214).
- Alumno de la Escuela Secundaria Técnica 15 José Marrufo Hernández
- Administración Portuaria Integral de Quintana Roo (APIQROO)

Municipio de Benito Juárez

- Entorno Vivo A.C.
- Alumnos de la Universidad del Caribe (UNICARIBE)
- Vivero LUUM PAAL
- Dirección de Ecología de Benito Juárez
- Municipio de Benito Juárez

- Colegio de Ciencias Ambientales de Quintana Roo.
- Centinelas del Agua A.C.
- Asociación Mexicana de Arboricultura (AMA)
- Alumnos del Colegio de Estudios Científicos y Tecnológicos del Estado de Quintana Roo (CECYTEQROO)
- Dirección General de Ecología Benito Juárez
- DGE Benito Juárez Áreas Naturales Protegidas

Municipio de Lazaro Cardenas

- Dirección General de Ecología Lazaro C.

Municipio de Puerto Morelos

- H. Ayuntamiento de Puerto Morelos
- Dirección de Medio ambiente de Puerto Morelos

Municipio de Tulum

- H. Ayuntamiento de Tulum
- Coordinación de Reforestación Tulum Ecología y Medio Ambiente

Municipio de Cozumel

- H. Ayuntamiento de Cozumel
- Dirección de Alumbardo Público
- Dirección de Servicios Públicos
- Dirección de Áreas Verdes
- Dirección de Parques y Jardines

PLATAFORMA WEB Y SERVIDOR DE MAPAS (GIS)

La Aplicación Móvil es la herramienta principal para la recopilación de datos georreferenciados del arbolado urbano directamente en campo. Ha sido diseñada bajo un esquema que prioriza la eficiencia y el uso mínimo de recursos. La Aplicación Móvil constituye la columna vertebral del proyecto para el levantamiento de registros en campo, la catalogación y gestión del arbolado urbano. No es una simple herramienta de captura, sino la interfaz principal diseñada para la recopilación eficiente y precisa de datos georreferenciados directamente en el entorno de campo.

Su diseño y arquitectura han sido concebidos bajo un riguroso esquema de optimización, lo que se traduce en una doble prioridad:

1. Priorización de la Eficiencia Operativa: La interfaz de usuario es intuitiva y el flujo de trabajo está minimizado para permitir a los técnicos de campo registrar información de manera rápida y con el menor número de interacciones posibles. Esto reduce drásticamente el tiempo de permanencia por árbol y maximiza el número de ejemplares inventariados por jornada.
2. Uso Mínimo de Recursos: La aplicación está optimizada para funcionar eficazmente en condiciones de conectividad limitadas o intermitentes. Esto incluye la minimización del consumo de datos móviles y una gestión inteligente de la batería de los dispositivos, asegurando que la herramienta pueda ser utilizada durante largas horas de trabajo sin necesidad de recargas frecuentes o costosos planes de datos.

Esta herramienta digital garantiza que la información esencial del arbolado como especie, estado de salud, dimensiones y coordenadas exactas sea capturada con la máxima fidelidad y trasladada de manera fluida a la base de datos central para su posterior validación, análisis y planificación de manejo.

La información capturada se sincroniza con una plataforma web construida sobre WordPress con una base de datos PostgreSQL y su extensión espacial PostGIS.¹ El uso de GeoServer como servidor de mapas permite la visualización de capas digitales que son consultadas por planificadores urbanos y tomadores de decisiones.¹ Este esquema colaborativo permite calcular en tiempo real los servicios ecosistémicos, como la captura de carbono y la retención hídrica, transformando datos brutos en conocimiento estratégico para la mitigación del cambio climático.¹

INTEGRACIÓN DE TECNOLOGÍA LIDAR Y DRONES EN 2025

Un avance tecnológico disruptivo ocurrido en diciembre de 2025 fue la alianza entre la SEMA y el Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) para el uso de tecnologías de teledetección en la ciudad de Chetumal.¹⁷ Esta colaboración ha permitido la incorporación de:

- Sistemas de medición LiDAR: Permiten obtener nubes de puntos de alta densidad para realizar análisis de arquitectura arbórea con un margen de error mínimo.⁸
- Cámaras Multiespectrales: Utilizadas para evaluar el índice de salud de la vegetación (NDVI) a gran escala.⁸

- Cámaras Térmicas: Cruciales para documentar el efecto de "Isla de Calor Urbana" y cuantificar cómo el arbolado reduce la temperatura superficial en zonas críticas como el centro de Chetumal.¹⁷

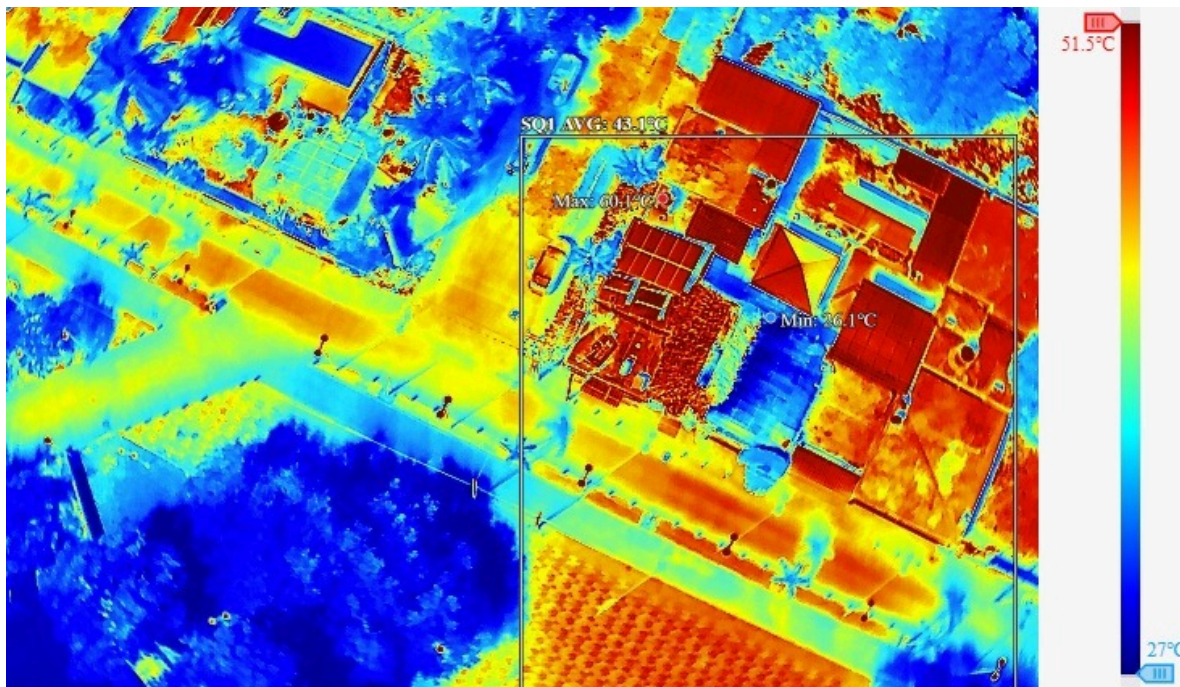


Figura 14. Imagen térmica aérea (termografía) que muestra que las zonas con vegetación tienen temperaturas más bajas.

Este despliegue tecnológico no solo mejora la precisión del inventario, sino que fortalece las fórmulas técnicas utilizadas en la plataforma para el procesamiento de la información, permitiendo estimaciones de biomasa y contenido de carbono mucho más precisas que los métodos manuales tradicionales.⁸

Funcionamiento y Beneficios

La Plataforma Web actúa como el centro de control y análisis de toda la información recopilada por la aplicación móvil. Su objetivo es transformar los datos de campo en conocimiento estratégico para la toma de decisiones.

La plataforma está construida sobre una arquitectura robusta que permite la gestión de grandes volúmenes de datos geoespaciales. El diseño de la aplicación móvil representa un avance crucial en la eficiencia del manejo de inventarios de arbolado. Su arquitectura ha sido optimizada específicamente para permitir el levantamiento de inventario de forma simplificada, rápida y precisa, incluso en áreas remotas con conectividad

limitada o nula, logrando consumir el mínimo de datos y maximizando la autonomía del trabajo de campo.

La funcionalidad offline asegura que los equipos de campo puedan continuar su labor sin interrupciones, sincronizando automáticamente la información una vez que se restablece la conexión, garantizando así la integridad y actualidad de los datos.

La recopilación de información se organiza de manera lógica y estandarizada en 6 secciones clave, diseñadas para capturar todos los atributos esenciales de cada ejemplar de arbolado:

1. Clasificación: Esta sección es fundamental para la identificación botánica. Incluye campos para registrar la Especie (nombre científico, fundamental para análisis de biodiversidad) y el Nombre Común local (para referencia rápida y comunicación). La aplicación puede incorporar catálogos precargados para asegurar la uniformidad en la nomenclatura.
2. Ubicación (Georreferenciación): Se utiliza el GPS integrado del dispositivo para obtener las Coordenadas Geográficas (Latitud y Longitud) exactas. Esta georreferenciación precisa es vital para el análisis espacial, la cartografía del arbolado urbano y la planificación de rutas de mantenimiento.
3. Evidencia Fotográfica: Se requiere la Captura en el sitio de al menos una imagen del ejemplar. Esta evidencia no solo sirve para la validación y verificación del inventario, sino también para documentar el estado actual del árbol, la presencia de daños o plagas, y su entorno inmediato. Las fotografías son etiquetadas automáticamente con la fecha, hora y ubicación.
4. Estado del Ejemplar (Evaluación Fitosanitaria): Esta sección permite una Evaluación fitosanitaria rápida y estructurada. Se registran variables sobre la salud del árbol, incluyendo la vitalidad general, la presencia de plagas, enfermedades, daños mecánicos, y el riesgo potencial de caída. La captura de estos datos es esencial para priorizar las acciones de manejo y mantenimiento.
5. Dasometría (Medición de Parámetros Físicos): Se registran las Mediciones de parámetros físicos clave para estimar el valor ecológico y el crecimiento del árbol. Los parámetros estándar incluyen el Diámetro a Altura del Pecho (DAP), y la Altura total o de fuste. Estas mediciones, aunque simplificadas en la aplicación, son la base para calcular la biomasa y los servicios ecosistémicos.

6. Comentarios: Un campo de texto abierto para Observaciones adicionales relevantes. Permite al técnico de campo registrar detalles únicos que no encajan en las secciones estructuradas, como el tipo de suelo, la interacción con infraestructura (cables, banquetas), o necesidades de poda urgentes.

Este flujo de trabajo estructurado y centralizado reduce significativamente la necesidad de utilizar múltiples instrumentos especializados (como GPS externos o distanciómetros complejos), centralizando y estandarizando la información desde el punto de captura. Esto no solo incrementa la eficiencia, sino que también minimiza el error humano antes de su posterior integración transparente en la base de datos central.

Plataforma Web para la Gestión y Análisis Geoespacial

Complementando la robustez de la aplicación móvil, la Plataforma Web actúa como el centro de control, procesamiento y análisis geoespacial de toda la información recopilada. Su objetivo estratégico es transformar los datos brutos de campo en conocimiento estratégico accionable para los gestores y tomadores de decisiones. Aspectos Técnicos y Funcionalidades Clave

La plataforma está construida sobre una arquitectura robusta y escalable que permite la gestión eficiente de grandes volúmenes de datos geoespaciales. Entre sus funcionalidades principales se encuentran:

- Visualización Cartográfica: Despliegue interactivo de todos los ejemplares inventariados sobre mapas base de alta resolución, permitiendo la consulta de atributos específicos por punto.
- Herramientas de Análisis Espacial: Capacidad para generar mapas temáticos (ej. densidad de arbolado, distribución de especies, áreas con alto riesgo fitosanitario) y ejecutar consultas espaciales complejas.
- Generación de Informes y Dashboards: Creación automatizada de reportes estadísticos y dashboards dinámicos que muestran indicadores clave de desempeño (KPIs), como el número total de árboles inventariados, el porcentaje de árboles sanos/enfermos, y la distribución por especie.

- Gestión de Usuarios y Roles: Un sistema de permisos que garantiza que solo personal autorizado pueda acceder, modificar o exportar los datos.

Funcionamiento y Beneficios

La plataforma cumple con funciones esenciales para la gestión del arbolado:

- Generación de Base de Datos Geoespacial: Crea un inventario digitalizado y georreferenciado, esencial para la planificación urbana.
- Plataforma Colaborativa: Facilita la integración de datos de diversos actores (instituciones, académicos, ciudadanía) para enriquecer el inventario.
- Cálculo de Servicios Ecosistémicos: Permite calcular el valor de los beneficios que el arbolado proporciona (captura de carbono, retención de agua, reducción de temperatura).
- Análisis de Silvicultura Urbana: Proporciona herramientas para diagnosticar el estado del arbolado, identificar zonas prioritarias para reforestación o tratamiento fitosanitario.
- Participación Comunitaria: Fomenta la interacción ciudadana en el monitoreo y cuidado de la infraestructura verde.

Beneficios del Ecosistema Tecnológico para la Gestión del Bosque Urbano como Infraestructura Verde de Mitigación y Adaptación

El aprovechamiento estratégico de esta plataforma y aplicación digital, mediante la estandarización rigurosa y la georreferenciación precisa de toda la información pertinente, se erige como una herramienta de trascendental importancia y carácter vital. Su función primordial es la optimización de la gestión integral de los bosques urbanos, conceptualizados y valorados como infraestructura verde esencial.

Esta herramienta está diseñada para operar a nivel de todo el estado de Quintana Roo, facilitando la toma de decisiones informada y la ejecución de acciones concretas tanto para la administración estatal como para los diversos municipios que lo componen, incluyendo sus principales capitales y centros urbanos de mayor relevancia, tales como Chetumal (la capital administrativa), Cancún (el polo turístico internacional), Playa del Carmen (corazón de la Riviera Maya), Cozumel, y otros centros urbanos emergentes.

La estandarización asegura la coherencia y comparabilidad de los datos a lo largo de todo el territorio, mientras que la georreferenciación permite una localización exacta y un monitoreo espacial detallado de cada elemento del arbolado urbano y de las áreas verdes. Esto facilita la identificación de zonas prioritarias para la reforestación, el manejo de riesgos asociados a árboles en mal estado, la planificación de la expansión de la cubierta arbórea, y la evaluación precisa de los beneficios ecosistémicos que esta infraestructura verde proporciona a la población, tales como la mitigación del efecto de isla de calor, la mejora de la calidad del aire y el agua, la absorción de carbono, y el embellecimiento del entorno urbano. En esencia, la plataforma transforma la manera en que se administra, protege y desarrolla este valioso patrimonio natural dentro del contexto urbano del estado.

Mitigación del Cambio Climático

- **Cuantificación de Carbono:** El cálculo de servicios ecosistémicos permite estimar la cantidad de CO₂ capturada por el arbolado, lo que convierte a los bosques urbanos en un activo medible dentro de las estrategias de reducción de emisiones del estado.
- **Toma de Decisiones Informada:** La plataforma identifica las áreas con mayor densidad y salud arbórea para asegurar su conservación, así como las zonas con déficit de arbolado para priorizar proyectos de reforestación que maximicen la captura de carbono a futuro.

Adaptación ante los Efectos Adversos

- **Reducción del Efecto Isla de Calor:** Al mapear el estado y ubicación del arbolado, se puede planificar la sombra y la evapotranspiración para reducir las temperaturas superficiales urbanas, un efecto crítico del cambio climático que impacta la salud pública y el consumo energético.
- **Gestión Hídrica y de Riesgos:** El inventario ayuda a identificar árboles en riesgo de caída o zonas vulnerables a inundaciones. El arbolado sano contribuye a la infiltración de agua pluvial y reduce la escorrentía superficial, minimizando el riesgo de encharcamientos.
- **Planificación de Resiliencia:** La información sobre la diversidad de especies (clasificación) es clave para fomentar la plantación de especies nativas y resilientes a huracanes, sequías o nuevas plagas, fortaleciendo la capacidad del bosque urbano para recuperarse tras un evento climático extremo.

La combinación de la App Móvil y la Plataforma Web proporciona a Quintana Roo un sistema integral para el monitoreo, cuantificación, y planificación del arbolado, transformando los datos en acciones concretas de adaptación y mitigación climática para garantizar la sostenibilidad y calidad de vida en sus entornos urbanos.

CAPACITACIÓN PARA LA INTEGRACIÓN AL PROGRAMA ESTATAL DE INVENTARIO Y MAPEO DEL ARBOLADO URBANO

El pasado 24 de febrero de 2025, se llevó a cabo un Taller de Capacitación fundamental en el emblemático Parque Kabah de la Ciudad de Cancún. Este evento estuvo dirigido específicamente al personal técnico y operativo de cinco ayuntamientos estratégicos de la zona norte del estado de Quintana Roo: Lázaro Cárdenas, Benito Juárez, Puerto Morelos, Cozumel y Tulum.

El objetivo primordial de esta jornada de instrucción fue lograr la integración plena de estos municipios al ambicioso Programa Estatal de Mapeo de Inventario del Arbolado Urbano en Quintana Roo. Este programa es un esfuerzo coordinado para generar un conocimiento detallado y actualizado de los macizos forestales presente en los entornos urbanos del estado de Quintana Roo.

La capacitación se estructuró en dos fases cruciales: una parte teórica y una intensiva sesión práctica. El enfoque principal fue instruir a los participantes en el uso y correcto funcionamiento de la aplicación móvil desarrollada para el censo del arbolado urbano. Esta herramienta tecnológica de vanguardia es un pilar central del programa, ya que está diseñada para optimizar drásticamente la eficiencia en la recolección de datos.

La implementación de esta aplicación móvil tiene un impacto directo en la gestión de recursos, permitiendo una significativa reducción en los costos operativos y en el tiempo requerido para completar el inventario del arbolado urbano a lo largo y ancho del estado de Quintana Roo. La estandarización de la metodología de censo mediante esta herramienta asegura la uniformidad y la calidad de los datos recopilados.

Como parte del protocolo de bienvenida y para formalizar la incorporación de los nuevos colaboradores, se realizó la entrega de uniformes, consistentes en playeras de manga larga, destinadas a identificar al

personal que forma parte activa del Programa Estatal de Inventario y Mapeo del Arbolado Urbano.

En un acto que subraya la importancia de la biodiversidad y el conocimiento local, se hizo entrega de ejemplares del "Atlas de la Apicultura y Meliponicultura de la zona maya de Quintana Roo 2023". Este valioso material, elaborado por la Universidad Intercultural Maya de Quintana Roo (UIMQRoo), no solo enriquece el conocimiento de los participantes sobre los ecosistemas locales, sino que también fomenta la conciencia sobre la interconexión entre el arbolado, los polinizadores y la cultura maya.

Estas acciones conjuntas y la participación activa de los ayuntamientos fortalecen sustancialmente las relaciones de colaboración entre los municipios y el Gobierno del Estado. El compromiso compartido está enfocado en alcanzar la meta estratégica de obtener la paleta vegetal completa de Quintana Roo, un inventario exhaustivo que servirá de base para la planificación urbana sostenible, la gestión ambiental y la toma de decisiones informadas sobre la conservación y expansión del patrimonio arbóreo del estado.



Figura 15. Fotografía grupal de la capacitación en el parque Kabah con personal de los Ayuntamientos de la zona Norte

La capacitación dirigida a los representantes de los Municipios de Tulum, Cozumel, Benito Juárez y Lázaro Cárdenas se llevó a cabo en un entorno significativo: las instalaciones del Parque Urbano Ecológico Kabah. Este parque no es solo un lugar de encuentro, sino que es reconocido y valorado

como el pulmón vegetal de Cancún, una denominación que subraya su importancia crucial para la calidad ambiental y la biodiversidad de la ciudad.

El Parque Kabah constituye un Área Natural Protegida (ANP) que abarca una impresionante extensión de 41 hectáreas en el corazón de la zona urbana. Su establecimiento formal data del año 1995, mediante un decreto cuyo objetivo primordial fue y sigue siendo la preservación de la flora y fauna locales, muchas de las cuales son endémicas o cumplen funciones vitales en el ecosistema regional. Este compromiso con la conservación lo convierte en un laboratorio natural y un santuario de la vida silvestre, ofreciendo a los participantes un contexto inigualable para la formación en temas de desarrollo sostenible, gestión ambiental o protección ecológica municipal. La elección de este sitio para la capacitación refuerza el mensaje sobre la necesidad de integrar la conservación de los recursos naturales en la planificación y administración de los municipios de Quintana Roo.

El día 30 de mayo de 2025 se llevó a cabo el curso-taller de capacitación del uso de la aplicación del Programa Estatal de Mapeo e Inventario del Arbolado Urbano en Quintana Roo, al personal del Ayuntamiento de Cozumel, en el Parque de Interpretación Ambiental, el Cenote, se les instruyó de manera teórica y práctica para conocer el uso y funcionamiento para el censo del arbolado urbano y el reconocimiento de las especies nativas de la isla.

Se capacitó al personal del Ayuntamiento de Cozumel, en el Parque de Interpretación ambiental " el Cenote". El parque se enfoca en la educación ambiental, buscando destacar la importancia ecológica y cultural del lugar, promoviendo su conservación frente a la actividad turística.



Figura 16. Fotografía del curso-taller de capacitación del uso de la aplicación del PEMIAU, al personal del Ayuntamiento de Cozumel.

Educación Media:

Escuela Secundaria Técnica número 15" José Marrufo Hernández" de la Ciudad de Chetumal.

En el marco del programa de capacitación y sensibilización ambiental, se llevó a cabo el día 6 de noviembre de 2025 una jornada intensiva dirigida a los estudiantes de primer grado de la Escuela Secundaria Técnica No. 15 "José Marrufo Hernández". Específicamente, la actividad se centró en los alumnos que conforman los Grupos Primero "A", Primero "B" y Primero "C".

Esta capacitación tuvo como objetivo fundamental dotar a los jóvenes de conocimientos y herramientas prácticas sobre el manejo, cuidado y conservación del arbolado urbano y la importancia de las áreas verdes dentro del entorno escolar y comunitario, alineándose con los objetivos del informe actual sobre arbolado. La participación activa de estos tres grupos se considera un paso esencial para fomentar una cultura de responsabilidad ecológica desde las bases de la educación secundaria.



Figura 17. Fotografía de la capacitación en la Escuela Secundaria Técnica número 15" José Marrufo Hernández" de la Ciudad de Chetumal

Arborización:

Se llevó a cabo arborización en la escuela Secundaria número 15" José Marrufo Hernández" de la Ciudad de Chetumal con especies nativas de la región con el propósito de fortalecer la biodiversidad en el plantel educativo fomentando la conciencia ecológica entre el alumnado y personal docente.

El propósito primordial de esta acción va más allá del simple embellecimiento. Radica en fortalecer y enriquecer la biodiversidad dentro del perímetro escolar, transformando el plantel en un microhábitat que sirva de refugio y sustento a la fauna local, como aves e insectos polinizadores. Además, el proyecto está concebido como una herramienta de educación ambiental vivencial. Mediante la participación activa en el proceso y la observación continua del crecimiento del arbolado, se busca fomentar de manera profunda la conciencia ecológica y la cultura del cuidado del medio ambiente entre el alumnado, así como en todo el personal docente y administrativo, incentivando prácticas sostenibles y responsables con el entorno natural.

La selección de especies nativas garantiza, asimismo, la disminución de la necesidad de recursos hídricos y el mantenimiento, representando un modelo de gestión ambiental eficiente y sostenible a largo plazo para la institución educativa.



Figura 18. Fotografía de la arborización en la Escuela Secundaria Técnica número 15" José Marrufo Hernández".

Educación Media Superior:

Con fecha 2, 7 y 9 de abril de 2025 se llevaron a cabo capacitaciones a 29 estudiantes del sexto semestre del Colegio de Bachilleres Plantel Dos del turno vespertino de la Ciudad de Chetumal sobre el uso de la aplicación del Programa Estatal de Mapeo de Inventario del Arbolado Urbano en Quintana Roo.

Se capacitaron a los alumnos del Sexto Semestre, del Colegio de Bachilleres Plantel Chetumal Dos, "Cecilio Chi", como parte de la asignatura de Ecología y Medio Ambiente.



Figura 19. Fotografía de la capacitación al Colegio de Bachilleres Plantel Dos.

Cursos: El 30 de octubre del 2025 se llevó a cabo el taller “Identificación de Árboles Mediante Técnicas Parataxonómicas”, impartido por el Colegio de la Frontera Sur Unidad Chetumal, con el objetivo de aprender a identificar árboles por medio de características generales y estructuras externas de las plantas.



Figura 20. Fotografía del taller en el Zoológico Payo obispo.

Campañas de promoción: Durante el mes de Noviembre se entregaron folletos a las escuelas Centro de Estudios de Bachillerato Técnico "Eva Samano de López Mateos", Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo y Centro de Estudios Tecnológicos del Mar #10.

Se realizó la divulgación del programa de arbolado urbano en las escuelas de nivel medio superior y superior para dar a conocer los múltiples beneficios de los árboles en las ciudades, como la mejora del aire, la regulación del clima y la salud mental, así como en promover su cuidado y manejo sostenible. Esto se logra a través de campañas para que los alumnos realicen su servicio social, prácticas profesionales, residencias y tesis a través del inventarios de los árboles de la ciudad.



Figura 21. Fotografía de la entrega de material de difusión en diversos planteles educativos.



SERVICIO SOCIAL

ESCUELA	CANTIDAD
Eva Samano de López Mateos	1
CBTA 11	2
CONALEP	4
CBTIS 253	8

CBTIS 214	1
UQROO	1
TOTAL	17

Figura 22. Tabla del número de alumnos que han realizado servicio social con el programa, por escuela de procedencia.

ESTANCIA PROFESIONAL

Escuela	Cantidad
Universidad de Quintana Roo	9
ITZM	1
ITCH	1
TOTAL	11

Figura 23. Tabla del número de alumnos que han realizado su estancia profesional con el programa, por escuela de procedencia.

INSTITUTOS DE INVESTIGACIÓN

Escuela	Cantidad
Universidad de Durango	1
Total	1

Figura 24. Tabla del número de alumnos que han realizado su estancia de posgrado mediante el programa, por escuela de procedencia.

La Secretaría de Ecología y Medio Ambiente en colaboración con la Administración Portuaria Integral de Quintana Roo, llevaron a cabo el cierre del periodo 2025 del “Programa estatal de inventario y mapeo del arbolado urbano en Quintana Roo”, con la participación de las direcciones de Manejo y productividad forestal, Cambio Climático y Protección Forestal, realizando el etiquetado de los árboles registrados con códigos QR en la Terminal Marítima en el muelle fiscal de Chetumal, para dar a conocer a la población en general, información sobre las especies arbóreas qué se encuentra en este recinto.



Figura 25. Generación de códigos QR para la identificación de árboles en el muelle fiscal de Chetumal.



Figura 26. Fotos de la colocación de los códigos QR en el muelle fiscal de Chetumal.

Dando seguimiento al protocolo y la capacitación de los estudiantes que colaboran, se realizó la entrega de 19 constancias de finalización de servicio social a estudiantes de CONALEP, CBTIS 253, CBTIS 214 y la UAQROO.



Figura 27. Fotos de la entrega de constancias en el evento de fin de año del programa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SEMA – PROGRAMA ESTATAL DE INVENTARIO Y MAPEO DEL ARBOLADO URBANO DEL ESTADO DE QUINTANA ROO, acceso: enero 22, 2026, <https://peim-arbolado.semaqroo.gob.mx/>

Resultados del inventario urbano de Playa del Carmen, Q. Roo realizado de noviembre 2016 a abril 2017 - i-Tree Tools, acceso: enero 22, 2026, https://www.itreetools.org/resources/lang/es/Inventario_Urbano_de_Playa_del_Carmen_QR.pdf

DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO - SEMARNAT, acceso: enero 22, 2026, <https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgiraDocs/documentos/qroo/estudios/2022/23L703070522.pdf>

sefiplan.qroo.gob.mx, acceso: enero 22, 2026, https://sefiplan.qroo.gob.mx/sistemas/bie_ssth/subidos/1733153194_PAT_2025.docx

ris_ii_mexico.pdf - REDD+ Web Platform, acceso: enero 22, 2026, https://redd.unfccc.int/media/ris_ii_mexico.pdf

Elaborado por - i-Tree Tools, acceso: enero 22, 2026, https://www.itreetools.org/resources/lang/es/CensoPaqueLaCeiba_report27AGOS2018.pdf

Mapear arbolado urbano en Quintana Roo contra cambio climático, acceso: enero 22, 2026, <https://www.reportequintanaroo.com/mapear-arbolado-urbano-en-quintana-roo-contra-el-cambio-climatico/>

LEGISMEX Legislación Ambiental Mexicana, acceso: enero 22, 2026, http://legismex.mty.itesm.mx/estados/_ley-quin.htm

Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Quintana Roo., acceso: enero 22, 2026, <https://www.congresoqroo.gob.mx/leyes/22/>

LEY DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE DEL ESTADO DE QUINTANA ROO TITULO PRIMERO Disposiciones Generales CAPIT, acceso: enero 22, 2026,

<https://documentos.congresoqroo.gob.mx/leyes/L22-XVIII-20250820-L1820250820136-Ley-de-Equilibrio-Ecol%C3%B3gico.pdf>

Reglamento de la Ley de Equilibrio Ecológico y la protección al ambiente del Estado de Quintana Roo, en Materia de - Orden Jurídico Nacional, acceso: enero 22, 2026,
<http://www.ordenjuridico.gob.mx/Estatal/QUINTANA%20ROO/Reglamentos/QROOREG10.pdf>

Dictamen - Poder Legislativo del Estado de Quintana Roo., acceso: enero 22, 2026,
<https://documentos.congresoqroo.gob.mx/dictamenes/DI-20250819T153147.pdf>

Ley de Conservación, Mantenimiento, Protección y Desarrollo del Arbolado Urbano del Estado de Quintana Roo., acceso: enero 22, 2026,
<https://www.congresoqroo.gob.mx/leyes/186/>

Ley de Acción de Cambio Climático en el Estado de Quintana Roo, acceso: enero 22, 2026,
<https://documentos.congresoqroo.gob.mx/leyes/L8-XVII-20230616-L1720230616065.pdf>

Ley de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Quintana Roo, acceso: enero 22, 2026,
<https://documentos.congresoqroo.gob.mx/leyes/L191-XVIII-20250820-L1820250820136-Ley-de-Asentamientos-Humanos.pdf>

Acciones de Mitigación y Adaptación – Diciembre de 2025 ..., acceso: enero 22, 2026,
<https://cambioclimatico.semaqroo.gob.mx/2026/01/08/acciones-de-mitigacion-y-adaptacion-diciembre-de-2025/>

Fortalecen SEMA y ECOSUR acciones contra el cambio climático con mapeo del arbolado urbano en Quintana Roo, acceso: enero 22, 2026,
<https://qroo.gob.mx/sema/elementor-39385/>

Fortalecen SEMA y ECOSUR acciones contra el cambio climático con mapeo del arbolado urbano - PERIODICO QUEQUI, acceso: enero 22, 2026,
<https://periodicoquequi.com/fortalecen-sema-y-ecosur-acciones-contra-el-cambio-climatico-con-mapeo-del-arbolado-urbano/>

Diversidad y captura de CO2 del arbolado del Parque Ecológico Zazil, Chetumal, Quintana Roo | Decumanus - Revistas Electrónicas UACJ, acceso: enero 22, 2026, <https://revistas.uacj.mx/ojs/index.php/decumanus/article/view/6379/8325>

ANA PATY PERALTA PRESENTA NUEVA IMAGEN DEL PARQUE KABAH | Municipio de Benito Juárez, acceso: enero 22, 2026, <https://cancun.gob.mx/cancun/noticias/leer/709>

Con programa ambiental celebrarán 30 aniversario del Parque Kabah en Cancún, acceso: enero 22, 2026, <https://sipse.com/novedades/con-programa-ambiental-celebraran-30-aniversario-del-parque-kabah-en-cancun-499078.html>

dirección general de ecología - transparencia cancún.gob.mx, acceso: enero 22, 2026, <https://transparencia.cancun.gob.mx/uploads/24/27/Sexto%20Informe%20Trimestral.pdf>

Tree Inventory Summary Report - Lawrence Township, acceso: enero 22, 2026, <https://www.lawrencetwp.com/media/Departments/ShadeTreeCommittee/Tree%20Inventory%20Summary%20Report.pdf>

Diversidad, estructura y servicios ecosistémicos del arbolado en cuatro parques de Texcoco mediante i-Tree - SciELO México, acceso: enero 22, 2026, <https://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v12n67/2007-1132-remcf-12-67-202.pdf>

Paleta vegetal - Cancún - Ayuntamiento de Benito Juárez, acceso: enero 22, 2026, <https://cancun.gob.mx/assets/pdf/palacium/PALETAVEGETALBJ.pdf>

Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático del Estado de Quintana Roo (PEACCQROO), acceso: enero 22, 2026, <https://cambioclimatico.gob.mx/wp-content/uploads/2018/11/Documento-4-Programa-Estatal-de-Acci%C3%B3n-Quintana-Roo-PEACCQROO-2013.pdf>

[2023-2027] PLAN ESTATAL DE DESARROLLO - Sefiplan - Gobierno del Estado de Quintana Roo, acceso: enero 22, 2026, https://sefiplan.qroo.gob.mx/sistemas/imco/IIPE/subidos/1704731843_2_2024.pdf

PALETA VEGETAL PARA - Tulum, acceso: enero 22, 2026,
https://tulum.gob.mx/Pdfs/2024/Paleta%20vegetal_final.pdf

PALETA VEGETAL x Prohabitat - Tec de Monterrey, acceso: enero 22, 2026,
<https://tec.mx/sites/default/files/inline-files/15.3.3.%20TEC%20Paleta%20vegetal%20x%20Prohabitat.pdf>

Plantas nativas - Bureau of Land Management, acceso: enero 22, 2026,
<https://www.blm.gov/sites/default/files/documents/files/Native%20Plants%20-%20Spanish.pdf>

Glosa - Sefiplan - Gobierno del Estado de Quintana Roo, acceso: enero 22, 2026,
https://sefiplan.qroo.gob.mx/coplade/subidos/informes_2022_2027/3ER_INF_ORME_QROO_2025.pdf