|  |  |
| --- | --- |
| Una imagen de una carretera de curvas con árboles  Infraestructura de datos geoespaciales  Para inventario de arbolado público urbano en la Zona Metropolitana de Guadalajara | Logos  11 de noviembre de 2021 . |
| Protocolo de titulación  *En la modalidad Por informe de servicio social*  César Benjamín García Martínez (415028886)  Tecnologías para la información en ciencias (de la tierra)  Luis Miguel Morales Manilla (Asesor)  - Técnico Académico Titular C de Tiempo Completo  - Coordinador del Laboratorio de Análisis Espacial  Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental  (UNAM Morelia) |
|  |  |

Infraestructura de datos geoespaciales para inventario de arbolado público urbano en la Zona Metropolitana de Guadalajara

# Reporte técnico de servicio social

Llevado a cabo dentro del programa **Investigaciones en Geografía Ambiental**, del **Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental** (CIGA) en el Campus Morelia de la **UNAM,** con clave 2018-12/143-2798. El cual presenta el C. **César Benjamín García Martínez**, alumno egresado de la Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia (UNAM); para acreditar el programa de licenciatura **Tecnologías para la información en ciencias** con área de profundización en **Ciencias de la tierra** mediante la titulación en la modalidad **Reporte de servicio social**.

# Introducción

El Plan de Ordenamiento Forestal Metropolitano[[1]](#footnote-1) (POFMet) es un proyecto de Gobierno del Estado de Jalisco, el cual es un instrumento de planeación urbana de la ZMG[[2]](#footnote-2), que el manejo del patrimonio del arbolado de la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG) (López Damián, 2018); y con el cual se pretende realizar un diagnóstico ambiental que permita mejorar la calidad del aire de los habitantes del lugar y con ello, su calidad de vida (Del Castillo, 2018).

Este plan de ordenamiento fue posible gracias al convenio de colaboración (Gobierno del Estado de Jalisco, 2017) ***SEMADET/DGJ/DGFS/38/2017*** firmado entre las entidades:

* Secretaria de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial[[3]](#footnote-3) (SEMADET)
* Secretaria de Planeación, Administración y Finanzas[[4]](#footnote-4) (SEPAF)
* Fideicomiso para la Administración del Programa de Desarrollo Forestal del Estado de Jalisco (FIPRODEFO[[5]](#footnote-5))

En dicho convenio, declaran las partes que es su deseo conjuntar esfuerzos para detonar el desarrollo forestal y la conservación de la biodiversidad del estado de Jalisco. Así mismo, se establece en el mismo convenio que un recurso monetario de $9,500,000.00 MXN (nueve millones quinientos mil pesos 00/100 M.N.) será transferidos por el Gobierno del Estado (del presupuesto de egresos del año 2017 de la partida 4251 y con clave presupuestal 2111110000-00231-f330-e1 4251-0711-110017-220-150) al FIPRODEFO, para la elaboración del Plan de Ordenamiento Forestal Metropolitano (POFMet).

El propósito del POFMet (Gobierno del Estado de Jalisco, 2017) es llevar a cabo la valoración, legislación, planeación, manejo, preservación, e incremento del patrimonio del arbolado de la Zona Metropolitana de Guadalajara (López Damián, 2018), considerando para ello, las áreas urbanas de los municipios:

* El Salto
* Guadalajara
* Juanacatlán
* San Pedro Tlaquepaque
* Tlajomulco de Zúñiga
* Tonalá
* Zapopan

Entre las principales problemáticas a resolver por el POFMet se cuentan: La existencia de masa arbolada avejentada, especies exóticas o no adecuadas, heterogeneidad en salud, especies, estética; mantenimiento y reforestaciones poco exitosas; deterioro por descuido, vandalismo; y en general un alto déficit de cobertura arbolada. En particular, respecto al estado fitopatológico, se observaba la manifestación creciente de plagas y enfermedades, con un promedio aproximado del 60% de la población afectada por muérdago en Zapopan y Guadalajara (López Damián, 2018).

El objetivo general del POFMet es implementar un **Plan de Manejo del Arbolado Metropolitano**, que permita la correcta valoración, legislación, planeación, manejo y preservación del importante patrimonio arbolado de la Zona Metropolitana de Guadalajara (López Damián, 2018). Teniendo como objetivos (López Damián, 2018) particulares los siguientes:

* Promover el incremento de la masa arbolada en toda la Zona Metropolitana, con el fin de cubrir el enorme déficit de disponibilidad de áreas verdes.
* Generar y ubicar un listado de espacios potenciales para reforestación con las especies apropiadas en el lugar adecuado.
* Generar los insumos base para mejorar la legislación del patrimonio forestal urbano.
* Generar propuestas de política pública en materia de arbolado urbano y acordes a las realidades de cada municipio.
* Generar un ambiente de cooperación intermunicipal en materia de manejo del arbolado.
* Generar un plan de manejo integral para atender las necesidades a corto, mediano y largo plazo del arbolado metropolitano.
* Crear un Sistema de Información Geográfica con todas las características físicas, fitosanitarias y urbanas del arbolado.
* Contar con un listado de especies para reforestación diferenciado para cada una de las áreas urbanas de la ZMG, dando preferencia a las especies nativas.
* Generar una plataforma en la web que permita la actualización de la información por parte de cada uno de los municipios involucrados y se integre como parte de su sistema de manejo.

Para lograr los objetivos del POFMet se contrataron a consultores locales y nacionales (Del Castillo, 2018) para el desarrollo de los diferentes componentes del plan, siguiendo para ello (López Damián, 2018) las siguientes líneas estratégicas:

1. Determinar la cobertura arbórea del área conurbada de los municipios: El Salto, Guadalajara, San Pedro Tlaquepaque, Tlajomulco de Zúñiga, Tonalá, Zapopan y la parte conurbana de Juanacatlán. (IIEG)
2. **Inventario del arbolado público urbano de los municipios: El Salto, Guadalajara, San Pedro Tlaquepaque, Tlajomulco de Zúñiga, Tonalá, Zapopan y la parte conurbana de Juanacatlán. (CIGA-UNAM / FIPRODEFO)**
3. Guía de identificación de plagas forestales en el arbolado urbano. (FIPRODEFO / CIGA-UNAM)
4. Diagnóstico de capacidades a nivel municipal para el manejo del arbolado urbano. (IIEG-FIPRODEFO)
5. Revisión y actualización de la Normatividad Ambiental Estatal para el manejo del arbolado urbano, del estado de Jalisco. (AMA-IIEG-SEMADET-FIPRODEFO)
6. Desarrollo y puesta en operación de Sitio WEB y Aplicación móvil: Difusión permanente de todos los componentes del proyecto. (FIPRODEFO-SEMADET)
7. Propuesta de plan de ordenamiento Arbolado Urbano Metropolitano (POAUM). (únicamente área conurbada de la ZMG)

De los puntos anteriores, el número 2, el cual se refiere al **Inventario del arbolado público urbano de los municipios: El Salto, Guadalajara, San Pedro Tlaquepaque, Tlajomulco de Zúñiga, Tonalá, Zapopan y la parte conurbana de Juanacatlán**; es tratado dentro del convenio específico de colaboración ***CM-CSAM-UJ-CV-I-03-023-2017***, celebrado el 28 de noviembre de 2017 entre las entidades:

* Universidad Nacional Autónoma de México, representada desde el campus Morelia[[6]](#footnote-6) (UNAM Campus Morelia), con asistencia del Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental[[7]](#footnote-7) (CIGA)
* Fideicomiso para la Administración del Programa de Desarrollo Forestal del Estado de Jalisco (FIPRODEFO[[8]](#footnote-8))

Este convenio, acotando respecto al tema que nos ocupa en el presente documento, en sus **cláusulas** (Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), 2017) establece:

1. **Objeto**
   1. FIPRODEFO encomienda a la UNAM a elaborar el “Inventario forestal del arbolado urbano de la zona metropolitana de Guadalajara”, de conformidad con las especificaciones técnicas que se establecen en los “Términos de referencia” (Anexo 1), los cuales forman parten integrante de dicho convenio para todos los efectos legales a que haya lugar y en donde se describe de forma clara, detallada e inequívoca los trabajos que se obliga a realizar.
   2. La UNAM se obliga a realizar el “Inventario forestal del arbolado urbano de la zona metropolitana de Guadalajara”, hasta su total terminación de a codo a los señalado en el Anexo 1 (“Términos de referencia”), el cual forma parte del convenio citado.
2. **Compromisos de la UNAM**
   1. S
   2. S
   3. S
   4. S
   5. S
   6. s
3. **Compromisos de FIPRODEFO**
4. **Compromisos de ambas partes**
5. D
6. D
7. d

FALTAN AQUÍ DETALLES DEL CONVENIO

# Justificación

El Inventario del arbolado de la ZMG está integrado por la información de los atributos de los individuos identificados y su geolocalización, esto en espacios públicos; sus características taxonómicas, dasométricas y fitosanitarias. Se apoya en el uso de imágenes multi espectrales de satélite, toma de datos terrestres y aéreos, datos de Google Maps y Google Street View (Morales Manilla, et al., 2018).

Hasta hace pocos años la forma tradicional de realizar un inventario de arbolado urbano se hacia en campo, a pie, tomando los datos exactamente en el lugar de ubicación de cada individuo, lo cual es lento y costoso, y requiere mucho personal en campo. Una alternativa relativamente reciente es mediante el uso de vuelos LiDAR[[9]](#footnote-9) (Yépez Rincón & Lozano García, 2014), contrastando los datos con vuelos fotogramétricos y modelos digitales de elevación y del terreno (Yépez Rincón & Lozano García, 2014); esta modalidad es relativamente rápida pero el nivel de precisión es bastante bajo (Yépez Rincón & Lozano García, 2014), además solo permite ubicar árboles con follaje (de Souza Baptista, et al., 2011) y no es posible determinar otro tipo de información como su especie o sus características dasométricas o fitopatológicas (Morales Manilla, et al., 2018).

El uso de Google Maps en conjunto con Google StreetView permite recorrer la ciudad de manera virtual, manteniendo altos niveles de exactitud tanto en la geolocalización como en sus características (Morales Manilla, et al., 2018) y al tratarse de trabajo humano (no automático) permite ubicar perfectamente árboles cuando hay varios individuos muy cercanos entre sí, determinar su especie, estado de salud, e incluso identificar un árbol aun cuando se trate de especies caducifolias en fotografías tomadas en invierno (Morales Manilla, et al., 2018).

Este inventario no incluye áreas naturales protegidas, parques públicos con manejo, propiedades privadas ni zonas agrestes (López Damián, 2018).

# Objetivo general

Desarrollar un entorno innovador para una **Infraestructura de Datos Espaciales**, para permitir el almacenamiento, uso y redistribución de los datos necesarios para el inventario del arbolado urbano, de forma que dichos datos puedan ser interoperables, y que haga posible la interacción con ellos para consulta, actualización, corrección o adición a cualquier miembro del equipo de acuerdo a las necesidades que sus tareas asignadas le requieran, así como la interacción e interconexión desde diferentes tipos de software, clientes, protocolos o tecnología (Morales Manilla, et al., 2018). Es decir, desplegar una infraestructura única a partir de diversas tecnologías para proveer servicio a diferentes tipos de clientes en lugares diferentes dentro la red local o a través de internet desde cualquier ubicación geográfica, todo esto de modo completamente transparente para cualquier usuario.

Este entorno permitirá tener una infraestructura robusta que permita trabajar con una única fuente de información, que evite la redundancia, duplicidad e inconsistencia en los datos (de Souza Baptista, et al., 2011), con base en los estándares OWS (Brackin & Gonçalves, 2014). Así como desarrollar scripts o algoritmos adecuados para la extracción de imágenes e información adicional necesaria para completar los requisitos del inventario (Morales Manilla, et al., 2018). De tal modo que cada usuario pueda dedicarse a sus tareas sin preocuparse por estar manejando o sincronizando sus datos respecto al acumulado total, o viceversa, es decir, ningún usuario debe preocuparse nunca por la forma de acceder a la información, solicitar acceso a los datos, ni mucho menos a manejar copias en archivos de la información acumulada (de Souza Baptista, et al., 2011); ni ningún tipo de tarea similar que pudiera entorpecer o retrasar el trabajo. De este modo, se optimiza el trabajo de todos los integrantes del grupo de trabajo, de modo que cada miembro del equipo se dedique a realizar sus propias tareas específicas, en lugar de perder valiosas horas en estar manipulando archivos de datos una y otra vez, día tras día.

# Objetivos particulares

* Instalación y configuración de Servidor, su entorno y servicios
* Modelado de datos mediante ORM y publicación de API REST para dichos datos
* Publicación de datos mediante los estándares OGC[[10]](#footnote-10) Web Services (OWS[[11]](#footnote-11)) para acceder a los datos desde QGIS[[12]](#footnote-12) mediante WFS[[13]](#footnote-13), y desde web mediante WMS[[14]](#footnote-14)
* Creación de scripts para extraer y procesar imágenes 360 de Google StreetView
* Desarrollo de aplicación web móvil para captura de datos en campo
* Desarrollo de aplicación web para publicar los datos y productos finales

# Metodología

* Instalación de servidor donde guardar y gestionar los datos y servicios
* Instalación de base de datos PostgreSQL/PostGIS y herramientas de desarrollo para desplegar el ambiente de trabajo
* Creación de modelos de datos ORM para la manipulación de los datos
* Creación de API de publicación de datos mediante la especificación REST para acceso por HTTP
* Publicación de datos espaciales en forma de capas vectoriales a partir del ORM utilizando servicios WMS y WFS bajo la especificación de los estándares publicados por la OGC
* Creación de estilos SLD para las capas WMS
* Capacitación de usuarios en el uso de QGIS para captura de datos a través de WFS en conjunto con las herramientas de Google Maps y Google StreetView
* Elaboración de algoritmo para obtención de muestra estadística para captura de datos dasométricos y fitosanitarios
* Configuración de servidor web para publicación de aplicaciones web
* Desarrollo de aplicación web para publicar avances para su consulta remota
* Revisión de calidad de la información capturada acumulada total y por persona
* Creación de scripts para extracción masiva de imágenes 360 desde Google Street View
* Creación de scripts para conversión de imágenes 360 descargadas desde Google Street View de proyección equirectangular a proyección cúbica
* Generación de histogramas de distribución de frecuencias por especie de árbol
* Diseño de algoritmo para extracción de fotografía de individuo a partir de fotografía 360 de Google Street View para identificación en campo
* Desarrollo de aplicación web móvil para captura de datos en campo
* Revisión, limpieza y volcado final de datos obtenidos para entrega final de producto del trabajo realizado por todo el equipo
* Desarrollo de aplicación web para presentación de datos recopilados finales acompañados de mapas temáticos de análisis realizados en la zona de estudio

# Referencias

A. Vretanos, P., 2010. *OpenGIS Web Feature Service 2.0 Interface Standard,* s.l.: s.n.

Brackin, R. & Gonçalves, P., 2014. *OGC OWS Context Conceptual Model,* s.l.: s.n.

de Souza Baptista, C. y otros, 2011. Using OGC Services to Interoperate Spatial Data Stored in SQL and NoSQL Databases. *Proceedings GEOINFO,* XII(11), pp. 61-72.

Del Castillo, A., 2018. POFMet, herramienta para arbolar AMG. *Milenio*, 27 marzo, p. 14.

Fideicomiso para la Administracion del Programa de Desarrollo Forestal del Estado de Jalisco (FIPRODEFO), 2018. *Plan de Ordenamiento Forestal Metropolitano (POFMET).* [En línea]   
Available at: https://geoportal.fiprodefo.gob.mx/pofmet/  
[Último acceso: 10 Noviembre 2021].

Gobierno del Estado de Jalisco, 2017. *Convenio específico de colaboración en materia de desarrollo y protección forestal,* Guadalajara: s.n.

Lopez Damian, G., 2017. *Convenio especifico de colaboración y asignación de recursos para la administración del programa de desarrollo forestal del estado de Jalisco,* Guadalajara: s.n.

López Damián, G., 2018. *Programa de Ordenamiento del Arbolado Urbano Metropolitano,* Guadalajara: s.n.

Morales Machuca, C. A., 2004. Servicios Web. *Estado del Arte,* 1(1), pp. 1-8.

Morales Manilla, L. M. y otros, 2018. *Inventario del arbolado público urbano de la zona metropolitana de Guadalajara, Informe Final.,* Morelia: Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental - Universidad Nacional Autónoma de México.

Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), 2017. *Convenio especifico de colaboración,* Morelia: s.n.

Yépez Rincón, F. D. & Lozano García, D. F., 2014. Mapeo del arbolado urbano con lidar aéreo. *Revista mexicana de ciencias forestales,* 5(26).

Contenido

[Reporte técnico de servicio social 2](#_Toc87988456)

[Introducción 2](#_Toc87988457)

[Justificación 6](#_Toc87988458)

[Objetivo general 6](#_Toc87988459)

[Objetivos particulares 7](#_Toc87988460)

[Metodología 8](#_Toc87988461)

[Referencias 9](#_Toc87988462)

1. <https://geoportal.fiprodefo.gob.mx/pofmet/> [↑](#footnote-ref-1)
2. Zona Metropolitana de Guadalajara [↑](#footnote-ref-2)
3. [https://semadet.jalisco.gob.mx](https://semadet.jalisco.gob.mx/) [↑](#footnote-ref-3)
4. <https://sepaf.jalisco.gob.mx> [↑](#footnote-ref-4)
5. <https://fiprodefo.jalisco.gob.mx> [↑](#footnote-ref-5)
6. <https://www.csam.unam.mx> [↑](#footnote-ref-6)
7. <https://www.ciga.unam.mx> [↑](#footnote-ref-7)
8. <https://fiprodefo.jalisco.gob.mx> [↑](#footnote-ref-8)
9. <https://oceanservice.noaa.gov/facts/lidar.html> [↑](#footnote-ref-9)
10. Open Geospatial Consortium, <https://www.ogc.org> [↑](#footnote-ref-10)
11. <https://portal.ogc.org/files/?artifact_id=20040> [↑](#footnote-ref-11)
12. <https://qgis.org> [↑](#footnote-ref-12)
13. <https://www.ogc.org/standards/wfs> [↑](#footnote-ref-13)
14. <https://www.ogc.org/standards/wms> [↑](#footnote-ref-14)