

Inventario y mapeo del arbolado de la Sede Juan Pablo II del Campus Celaya-Salvatierra de la Universidad de Guanajuato

Inventory and mapping of trees at the Juan Pablo II Campus of the Celaya-Salvatierra Campus of the University of Guanajuato

Palacios Hernández Otoniel¹, Moreno Martínez Viridiana*¹, Contreras Jiménez Alejandro¹, Maciel Contreras Wendy Elena¹, Martínez Aguilar Verónica¹, Peñaflores Gasca Jesús Eduardo¹, Ramos Garfías Saily Sarahi¹, Sánchez Soto Esmeralda¹

¹Universidad de Guanajuato Campus Celaya-Salvatierra, Av. Ing. Barros Sierra No. 201 Ejido de Santa María del Refugio C.P. 38140 Celaya, Guanajuato, México
v.moreno@ugto.mx*¹

Resumen

El crecimiento acelerado de las ciudades ha ocasionado un desplazamiento en el componente vegetal a causa de la urbanización, dando paso a cambios en el uso del suelo que no son compatibles con la conservación de la vegetación. Los entornos educativos no escapan a esta problemática, por lo que puede ser de especial importancia conocer y mapear el arbolado de cualquier área verde. Este escrito se encuentra enfocado en identificar las especies y las familias a las que corresponden el componente arbóreo de la Sede Juan Pablo II, del Campus Celaya-Salvatierra de la Universidad de Guanajuato, así como mapear el predio con el uso de un dron, obteniendo la ubicación precisa de cada ejemplar y su distribución; lo que permite realizar evaluaciones y toma de decisiones en términos de mantenimiento, reforestación, crecimiento a futuro y la gestión sostenible del uso del suelo para el espacio en cuestión.

Palabras clave: sustentabilidad urbana, árboles urbanos, servicios ecosistémicos.

Introducción

El componente vegetal es indispensable para la vida de todas las especies que habitamos la Tierra, en especial los árboles, ya que estos producen oxígeno, purifican el aire, forman suelos fértiles, evitan erosión, mantienen ríos limpios, captan agua para los acuíferos, sirven como refugios para la fauna, reducen la temperatura del suelo, propician el establecimiento de otras especies, regeneran los nutrientes del suelo y mejoran el paisaje (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2018). Ante el crecimiento acelerado de las ciudades, el componente vegetal se ha visto desplazado por la urbanización, dando paso a cambios en el uso del suelo que no son compatibles con la conservación de la vegetación. Este desplazamiento de la cobertura vegetal trae cambios desfavorables en las condiciones medioambientales de las ciudades y por ende en la calidad de vida de sus residentes. Para finales de 2022, alrededor del 56% de la población mundial (4400 millones de habitantes) vive en ciudades. Se espera que esta tendencia continúe, ya que la población urbana aumentará a más del doble para 2050, momento en que casi 7 de cada 10 personas vivirán en ciudades (Banco Mundial, 2022). El arbolado urbano se ubica, por lo general, en espacios públicos y áreas verdes como los parques, jardines o a lo largo de las calles y camellones de las ciudades, así como aquellas áreas reservadas para crecimiento; las cuales cada vez comienzan a ser más escasas.

Hablar de naturaleza en la ciudad es otro de los retos de la sostenibilidad, debido a que la ecología urbana se deteriora significativamente ante el aumento de la urbanización (Galvez-Nieto, 2020) y en donde los árboles son pieza clave para lograr la sostenibilidad urbana. Los beneficios posibles por obtener de la convivencia con el arbolado en un determinado espacio son holísticos. Ambientalmente, la ubicación estratégica de los árboles en las ciudades puede ayudar a enfriar el aire entre 2 y 8 grados centígrados, un árbol de hoja perenne maduro, por ejemplo, puede interceptar más de 15 000 litros de agua por año (ONU-Hábitat, 2019); socialmente crea ambientes más confortables inclusive algunos estudios refieren que incluso la tasa de criminalidad en ciertas ciudades de Estados Unidos de América es inversa a la cobertura de los árboles urbanos (Pérez et al., 2024).

En el aspecto económico: al mejorar la calidad ambiental de las ciudades se genera un beneficio social en sus habitantes elevando su calidad de vida, y al elevar la calidad de vida, se revalúa el suelo, al adquirir plusvalía estas zonas de la ciudad (Galindo-Bianconi y Victoria-Urbe, 2012) como ONU-Hábitat (2019) refiere la planificación de paisajes urbanos con árboles puede aumentar el valor de la propiedad hasta en un 20 por ciento, y atraer el turismo y los negocios.

Para transitar a la sostenibilidad urbana, los Objetivos de Desarrollo Sostenible son los ejes rectores; específicamente hablando del componente vegetal el Objetivo 15:

Gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras, detener la pérdida de biodiversidad y su meta 15.3: Para 2030, luchar contra la desertificación, rehabilitar las tierras y los suelos degradados, incluidas las tierras afectadas por la desertificación, la sequía y las inundaciones, y procurar lograr un mundo con una degradación neutra del suelo (Naciones Unidas, 2024).

Cobra especial trascendencia, dado que como especie nos encontramos en un punto de no retorno, en donde es factible llegar a experimentar un cambio radical y desfavorable en las condiciones medioambientales globales, que han estado presentes en términos generales intactas desde el inicio de la humanidad.

Como reflejo de esta problemática La Universidad de Guanajuato siempre ha buscado la reforestación y preservación del medio ambiente en todas sus sedes, para empatar con los objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU, implementando múltiples acciones. El estudio busca dar continuidad, mediante la generación de un inventario del arbolado del predio donde se encuentra la Sede Juan Pablo II del Campus Celaya-Salvatierra; caracterizando las especies y familias botánicas, para después mapear la distribución de los árboles, a través del uso de un Sistema de Información Geográfica (SIG), con la finalidad de conocer el patrimonio ambiental que el área de estudio sustenta.

Beneficios de los árboles urbanos

Probablemente el mayor beneficio que un árbol puede aportar es el secuestro de dióxido de carbono (CO₂), el cual dependerá del tipo de especie y las condiciones, ya que:

Los árboles absorben CO₂ atmosférico junto con los elementos del suelo y aire para convertirlos en madera; la cantidad de CO₂ que capturan durante un año, consiste en un pequeño incremento anual que se presenta en la biomasa del árbol (madera). Aproximadamente entre 42% y 50% de la biomasa de un árbol (materia seca) es carbono. La captura de carbono se da en el desarrollo de un árbol hasta alcanzar su madurez; cuando este muere emite la misma cantidad de carbono que capturó; los árboles, convierten el CO₂ en madera, almacenando lentamente sólo una pequeña parte del CO₂ que la humanidad produce en grandes cantidades por el uso de combustibles fósiles (petróleo, gasolina, gas, entre otros) para su transporte, el CO₂ regresa a la atmósfera mediante la respiración de las plantas y por descomposición de la materia orgánica muerta en los suelos (Chamorro y Falconi, 2019).

Un árbol maduro puede absorber hasta 150 kilogramos de gases contaminantes por año. Como resultado, los árboles juegan un papel importante en la mitigación del cambio climático (ONU-Hábitat, 2019). La presencia de cobertura arbórea, en las ciudades de gran tamaño, es clave en la reducción de la concentración de CO₂ en la atmósfera. Los espacios urbanos son responsables de generar más del 80 % de Gases de Efecto Invernadero (GEI) (Duval et al., 2023). Por lo tanto, una ciudad que posee una cobertura verde elevada y una distribución compacta de esta vegetación tiene mayor potencial para almacenar y secuestrar carbono. Los árboles urbanos capturan partículas sólidas en suspensión (PM₁₀ o partículas menores de 10 micras) las cuales se adhieren a las hojas, y que son lavadas durante los períodos lluviosos, arrastrando así tales partículas a los sistemas de alcantarillado (Molina-Prieto y Vargas-Gómez, 2012). Los árboles también tienen una dramática influencia en la radiación solar que llega. En efecto, estos pueden reducir la radiación solar en 90% o más. La radiación absorbida por la cubierta arbórea lleva a la evapotranspiración, esta baja la temperatura de las hojas, de la vegetación y del aire (Nowak et al., 1997).

Es indispensable que en las ciudades en donde existan altos niveles de contaminación, se permita al arbolado subsistir sin importar los cambios de uso del suelo, así como las diferentes actividades económicas a desarrollar, en vista de que estos, pueden mejorar la calidad de las condiciones medioambientales, haciendo que las urbes sean lugares más idóneos para habitar.

Contexto del lugar de estudio

El área de estudio es el predio de la Sede Juan Pablo II del campus Celaya-Salvatierra de la Universidad de Guanajuato, ubicado en Ing. Javier Barros Sierra 201, 38140, en la Ciudad de Celaya, la micro y macrolocalización son expuestas en la Figura 1.



Figura 1. Micro y macrolocalización de la Sede Juan Pablo II (Google Earth, 2024)

El municipio de Celaya se localiza entre los paralelos 20° 42' y 20° 21' de latitud norte; los meridianos 100° 38' y 100° 56' de longitud oeste; altitud entre 1700 y 2 700 m; los suelos predominantes son Vertisol (71.79%), Phaeozem (10.33%) y Leptosol (5.17%) (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2010). Ocupa el 1.81% de la superficie del estado. Sus pendientes más elevadas van del 5 al 10 por ciento. Celaya cuenta con un clima semiseco semicálido (65%), subhúmedo con lluvias en verano de menor humedad (21%), semiseco templado (7.4%), templado subhúmedo con lluvias de verano de menor humedad (4.5%) y templado subhúmedo con lluvias en verano de humedad media (2.1%). Entre sus características posee un clima de un rango aproximado de temperatura de 6°C a 31°C (Diario Oficial de la Federación, 2022); la temperatura tiene su máxima incidencia en el mes de agosto con un rango entre los 26 y 34° C en la actualidad. La mínima temperatura se presenta en los meses de enero y diciembre con un mismo rango que varía de 15 a 16° C.

El volumen de precipitación promedio anual oscila entre 600-800 mm (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2010). El acuífero del Valle de Celaya se encuentra en estado sobreexplotado. Dicho acuífero cuenta con una recarga anual de 286.6 Mm³ (millones de metros cúbicos) anuales; con un volumen de extracción de 593 Mm³, el agua subterránea es la principal fuente para suministrar agua y para regar cultivos en Celaya; el nivel dinámico en todos los pozos, en promedio es de 110 metros, pero se perfora actualmente en zonas de riesgo a más de 600 metros, para captar agua en zonas donde no se tiene presencia de arsénico. Por lo que se perfora a mayores profundidades para extraer agua limpia. De continuar con estos ritmos de extracción, al menos en el municipio de Celaya, la Junta Municipal de Agua de Celaya (JUMAPA) calcula que habrá una escasez importante dentro de 15 años (Ayuntamiento Municipal de Celaya, 2019).

El municipio de Celaya es principalmente una planicie, con suelos aptos para la agricultura, desarrollo urbano y otras actividades antropogénicas, por lo que la mayor parte de su cobertura natural ha sido transformada para dar paso a la agricultura, pastizales y zonas urbanas (Instituto Municipal de Investigación, Planeación y Estadística del Municipio. Celaya, 2023). De acuerdo con el análisis de la información reportada por la red de monitoreo del municipio, prácticamente desde el inicio de sus operaciones los principales problemas con la calidad del aire en Celaya se relacionan con altas concentraciones de PM10 y ozono ambiental (O3). Con

base en reportes municipales, Celaya es una de las ciudades de Guanajuato con mayores problemas por contaminación de PM10 (Ayuntamiento Municipal de Celaya, 2019).

La vegetación natural más importante corresponde al bosque de encino, la selva baja caducifolia, matorral y pastizal, se encuentran principalmente árboles del género *Bursera* y otras especies como *Acacia* spp., *Opuntia* spp., *Myrtillocactus*, y *Mimosa* spp., como ahuehuetes (sabinos), huizaches, mezquites, pirules, zapotes, fresnos, sauces, cazahuates (palos bobos), nopales, granjenos, tepeguajes, sicuas, tepames, nopal y maguey (Ayuntamiento Municipal de Celaya, 2019). La mayoría de las áreas verdes en el municipio se encuentran complementarias o ligadas a la red vial (camellones centrales y laterales; vegetación arbórea, arbustiva y herbácea de glorietas). Así como Áreas verdes urbanas fragmentadas (jardineras públicas y jardines privados; parques, terrenos baldíos, alamedas e instituciones académicas públicas y privadas) (Instituto Municipal de Investigación, Planeación y Estadística del Municipio. Celaya, 2014), como el área de estudio.

Metodología

En primera instancia se georreferenció la totalidad del predio de la sede Juan Pablo II del campus Celaya-Salvatierra de la Universidad de Guanajuato, delimitando las áreas construidas, libres, libres permeables, con particular atención en la ubicación los árboles que se encuentran contenidos en el espacio. El levantamiento se llevó a cabo con un dron, dado que es un instrumento que permite realizar mediciones, tanto de dimensiones, como de formas, posición de objetos en el espacio, y a través de la superposición de imágenes captadas (fotogrametría), poder realizar mediciones en tres dimensiones (Drone Ai Services, 2023). Dando lugar a la generación de planos y mapas con mucha precisión; por lo que el tiempo se acorta considerablemente con respecto al uso de estación total.

Los vuelos del dron se realizaron en un horario de las 09:00 a 12:00 horas y/o de 15:00 a 17:00 horas; el rango de horas es fundamental para evitar cualquier sombra o interrupción de la visual entre la cámara y el objeto que se desea reconstruir, pues constituye un obstáculo para el algoritmo; se tomaron ortofotografías u ortoimágenes en periodos distintos para conocer el estado arbóreo en época de estiaje y de lluvias. Las ortoimágenes son imágenes en las cuales a nivel del terreno han sido removidos los desplazamientos causados por la inclinación de la cámara o sensor, las condiciones de toma y el relieve del terreno (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2024). Están referidas a una proyección cartográfica, por lo que poseen las características geométricas de un mapa. Es de suma importancia manifestar que, durante el uso del dron y procesamiento de estos datos, se respetó la privacidad de la comunidad universitaria del campus.

La segunda instancia consistió en ubicar, cuantificar y caracterizar por especie y familia botánica cada uno de los ejemplares arbóreos de la sede Juan Pablo II, este proceso fue con una brigada a pie en el área, mediante un marcado con yeso (gis), el cual es totalmente lavable, con la finalidad de otorgarles una etiqueta, que después sería representada en el plano. La caracterización por especie y familia se realizó con ayuda de la Paleta Vegetal del Municipio de Celaya y otros catálogos vegetales de zonas geográficas similares.

Por último, se procedió a elaborar un plano de la sede Juan Pablo II con la representación por familias encontradas en su totalidad del área levantada, lo que permite conocer de forma gráfica el arbolado con el que cuenta el espacio de estudio.

Resultados

Una vez realizados los vuelos con el dron, se obtuvieron dos ortoimágenes, la primera de ellas tomada en la temporada de estiaje (17 de abril de 2024) en donde es posible visualizar la vegetación seca (Figura 2). En contraparte en la temporada de lluvias (05 de julio de 2024) se aprecia un reverdecimiento en toda el área (Figura 3). Esto permite tener un panorama del comportamiento de las especies vegetales y su resiliencia.



Figura 2. Ortoimágen de la Sede Juan Pablo II, tomada en la temporada de estiaje



Figura 3. Ortoimágen de la Sede Juan Pablo II, tomada en la temporada de lluvias

El área aproximada que ostenta la sede asciende a 184,009.11 m². En tanto a las especies botánicas identificadas fue posible contabilizar 75, dando un total de 590 ejemplares, de los cuales 31 no fue posible identificarlos por las condiciones en las que se encontraban, dado que, al momento de realizar el levantamiento de los datos en campo, el árbol no presentaba follaje, lo que dificultaba su correcta identificación. Por lo que especies efectivas son 559, en la Tabla 1 se desglosan las especies. Siendo la especie *Vachellia farnesiana* l. la más abundante.

Tabla 1. Especies botánicas encontradas en la sede Juan Pablo II

	Nombre Científico	Cantidad
1	Desconocida	31
2	<i>Senna corymbosa</i>	8
3	<i>Schinus areira</i> L.	11
4	<i>Schinus molle</i> L.	47
5	<i>Senna corymbosa</i>	8
6	<i>Cascabela thevetiodes</i> (Kunth) Lippold	1
7	<i>Plumeria rubra</i> L.	30
8	<i>Thevetia peruviana</i> (Pers.) K. Schumann	3
9	<i>Phoenix roebelenii</i>	3
10	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	17
11	<i>Casuarina cunninghamiana</i>	8
12	<i>Euphorbia cotinifolia</i>	3
13	<i>Acacia saligna</i> (Labill.) H. L. Wendl.	12
14	<i>Delonix regia</i> (Bojer ex Hook) Raf	19
15	<i>Acacia shaffneri</i> (S. Wats) F. J. Herm.	1
16	<i>Acacia pennatula</i> (Schldl. & Cham.) Benth	12
17	<i>Prosopis laevigata</i> (Humb. Et Bonpl. Ex. Wild.)	6
18	<i>Prosopis glandulosa</i> . Torr.	5
19	<i>Albizia occidentalis</i> T. S. Brandegee	1
20	<i>Lysiloma divaricatum</i> (Jacq.) MacBride	1
21	<i>Leucaena esculenta</i> (DC.) Benth	1
22	<i>Umbellularia californica</i> (Hook & Arn) Nutt.	1
23	<i>Gossypium</i>	1
24	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	20
25	<i>Ficus benjamina</i>	7
26	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	3
27	<i>Psidium guajava</i>	1
28	<i>Bougainvillea</i>	57
29	<i>Fraxinus uhdei</i> . Wenzig.	25
30	<i>Fraxinus americana</i> L.	20
31	<i>Rhaphiolepis bibas</i> (Lour) Galasso & Banfi	1
32	<i>Citrus x aurantium</i> L.	3
33	<i>Solanum aviculare</i>	11
34	<i>Albiza lebbeck</i> L	20
35	<i>Bauhini variegata</i>	2
36	<i>Bursera fagaroides</i>	2
37	<i>Carica papaya</i> L.	1
38	<i>Casimiroa edulis</i> la llave	1
39	<i>Leucaena leucocephala</i>	2

40	Chilopsis linearis	2
41	Cissus verticia L.	1
42	Delonix regia	3
43	Dodonia viscosa jacq	6
44	Ficus microcarpa L. F	1
45	Ficus Retusa L.	4
46	Flaxinus Angustifolia Vahl	1
47	Fraxinus uhdei	1
48	Fraxinus velutina	13
49	Gutierrezia sarothrae	1
50	Heptapleurum actinophyllum	1
51	Lophostemon confertus	1
52	Manikara zapota	10
53	Melia azedarach L.	3
54	Olea europaea L.	17
55	Orcopanax nymphneitolious	1
56	Parkinsonia aculeada	8
57	Piptadenia goanacatha (Mart) J.F. Macbr	1
58	Prosopis velutina	1
59	Punica Granatum L.	1
60	Rhamnus saxatilis aiaca	1
61	Rhamnus saxatilis jaca	2
62	Rhus virens	2
63	Robina pseudoacacia	3
64	Roseodendron donell smithi (Rose)	1
65	Salvadora Persica	10
66	Sena occidentalis	2
67	Sesbama Punicea Cav. Benth	1
68	Ulmus parusfolia sac	4
69	Vachellia farnesiana l.	73
70	Vachellia nilotica	2
71	Viburnum adoratissimum	3
72	Vitex agnus cactus	1
73	Ficus rubiginosa	1
74	Psidium cattleyanum Sabine	2
75	Morus alba	1
76	Prunus serotina	1
Total		590

De las 559 especies se agruparon posteriormente por familias, para manejar datos más compactos en el plano, cuantificando un total de 34 familias, catalogadas por colores (Figura 2). En cuanto a la familia que agrupa a la especie más abundante, esta es la Fabaceae.

Tabla 2. Familias botánicas encontradas en la sede Juan Pablo II

	Familia	Cantidad
1	Desconocida	31
2	Anarcadiaceae	60
3	Apocynaceae	39

4	Arecaceae	3
5	Asteraceae	1
6	Bignoniaceae	20
7	Casuarinaceae	8
8	Euphorbiaceae	3
9	Fabaceae	103
10	Lauraceae	1
11	Malvaceae	21
12	Moraceae	10
13	Nyctaginaceae	57
14	Olaceae	77
15	Rosaceae	2
16	Rutaceae	4
17	Sapindaceae	6
18	Solanaceae	11
19	Ulmaceae	4
20	Burseraceae	2
21	Caricaceae	1
22	Vitáceas	1
23	Ficus	4
24	Araliaceae	1
25	Myrtaceae	7
26	Sapotaceae	10
27	Meliaceae	3
28	Leguminosas	8
29	Lythraceae	1
30	Rhamnaceae	1
31	Eukaryota	2
32	Salvadoráceas	10
33	Vachellia	73
34	Adoxaceae	3
35	Lamiaceae	1
35	Nymphaeaceae	1
Total		590

Derivado de las ortoimágenes se elaboró un plano en el programa AutoCAD en donde es posible visualizar la ubicación y distribución de los árboles en el predio de la sede Juan Pablo II por familia (Figura 4).

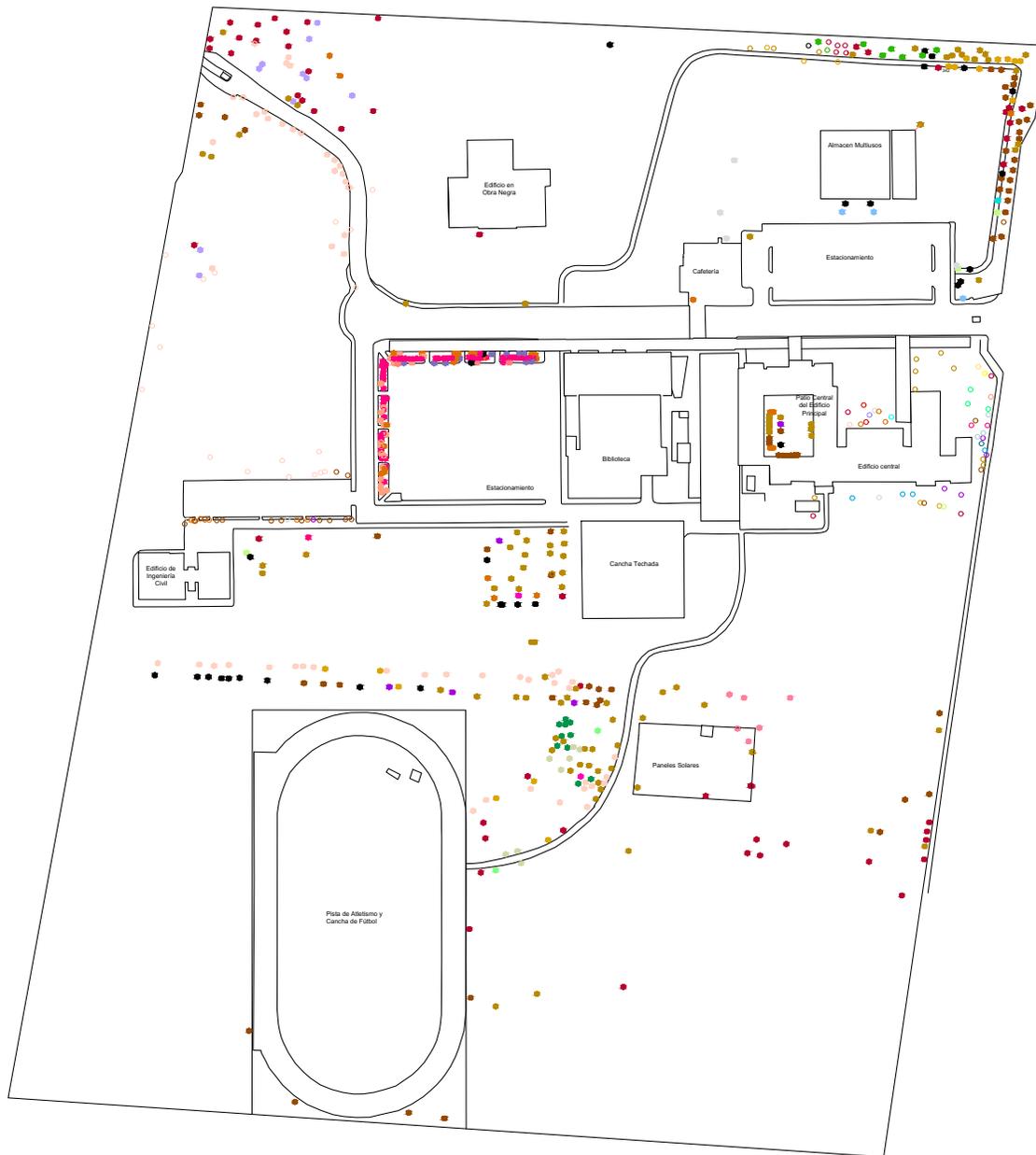


Figura 4. Plano arbolado Sede Juan Pablo II

Conclusiones

La dimensión que existe actualmente del deterioro de los ecosistemas se encuentra aún infravalorada, la destrucción del componente vegetal o su degradación, libera hacia la atmósfera el carbono que alguna vez fue almacenado por este, contribuyendo a agravar el problema del cambio climático, por lo que los programas de reforestación deben continuar y ampliarse a todos los espacios, incluidos los que pertenecen a la ciudad más allá de los parques urbanos. Es claro el compromiso de la Universidad de Guanajuato con la reforestación, dado que fue posible visualizar la plantación de árboles jóvenes. En cuanto a la selección de ejemplares, es acertada la selección de árboles que se encuentran en el predio de la sede Juan Pablo II,

pues tanto las especies y las familias a las que pertenecen son adecuadas para las condiciones climatológicas y orográficas de la región. Asimismo, se debe expresar que existe un área de oportunidad para continuar expandiendo la cantidad del componente arbóreo que puede llegar a ostentar la sede, dando oportunidad a una mayor absorción de CO₂, lo que indiscutiblemente ayudaría a mejorar la calidad del aire que actualmente tiene la ciudad de Celaya.

Si bien el crecimiento de la infraestructura de una ciudad es también indispensable para satisfacer las demandas de los entornos urbanos, entre ellas la educación; no deben estar conflictuados. La realización de este inventario puede llegar a ser de utilidad para la Sede, en vista que conocer la ubicación, distribución y caracterización del arbolado con ayuda del análisis espacial, permite realizar evaluaciones y toma de decisiones en términos de mantenimiento, reforestación, crecimiento a futuro y la gestión sostenible del uso del suelo para el espacio en cuestión.

Referencias

- Ayuntamiento Municipal de Celaya. (22 de febrero de 2019). *Plan Municipal de Desarrollo de Celaya 2018-2040*. https://www.celaya.gob.mx/wp-content/uploads/2019/02/plan_municipal_desarrollo-celaya-2040.pdf
- Banco Mundial. (12 de diciembre de 2022). *Desarrollo urbano*. <https://www.bancomundial.org/es/topic/urbandevelopment/overview#:~:text=En%20la%20actualidad%2C%20alrededor%20del,de%20habitantes%E2%80%94%20vive%20en%20ciudades>.
- Chamorro, M. A., y Falconi, S. (2019). *Potencial de secuestro de carbono por los árboles en los parques urbanos de los Distritos de El Tambo, Huancayo y Chilca [Tesis el Título Profesional de Ingeniero en Ciencias Forestales]*. Universidad Nacional del Centro del Perú. <https://hdl.handle.net/20.500.12894/5140>
- Diario Oficial de la Federación. (27 de enero de 2022). *Declaración de Protección a la Indicación Geográfica Cajeta de Celaya*. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5644345#:~:text=En%20t%C3%A9rminos%20generales%2C%20se%20trata,de%20la%20pendiente%20del%20terreno
- Drone Ai Services. (2023). *¿QUÉ ES UN DRONE TOPOGRÁFICO?* <https://www.droneservices.com.ar/industria-4-0/que-es-un-dron-topografico/>
- Duval, V. S., Arias, M. E., y Celemin, J. P. (2023). Secuestro de carbono en árboles urbanos de Bahía Blanca, Argentina. *Boletín de estudios geográficos* (119), 35-52. <https://doi.org/10.48162/rev.40.027>
- Galindo-Bianconi, A. S., y Victoria-Uribe, R. (2012). La vegetación como parte de la sustentabilidad urbana: beneficios, problemáticas y soluciones, para el Valle de Toluca. *Quivera*, 14(1), 98-108. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40123894006>
- Galvez-Nieto, A. (2020). Los árboles urbanos en la habitabilidad de los espacios públicos vecinales: una mirada sostenible. *Paideia XXI*, 10(1), 11-31. <https://doi.org/10.31381/paideia.v10i1.2975>
- Google Earth. (07 de 2024). *Google Earth*. <https://earth.google.com/web/search/Sede+sur+CCS,+Celaya>,
- Instituto Municipal de Investigación, Planeación y Estadística del Municipio. Celaya. (2014). *Área verde. Celaya*. https://www.imipecelaya.org.mx/observatorio-urbano/ELEMENTO_AREA_VERDE_CLASIFICACION.pdf
- Instituto Municipal de Investigación, Planeación y Estadística del Municipio. Celaya. (2023). *Paleta Vegetal*. <https://www.imipecelaya.org.mx/historico/medio-ambiente.html>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2010). *Compendio de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Celaya, Guanajuato*. https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/11/11007.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2024). *Geografía y Medio Ambiente. Ortoimágenes*. <https://www.inegi.org.mx/temas/imagenes/ortoimagenes/>
- Molina-Prieto, L. F., y Vargas-Gómez, O. (2012). Gestión estratégica de la arborización urbana: beneficios ecológicos, ambientales y económicos a nivel local y global. *Revista Soluciones de Postgrado EIA*, 5(9), 39-6. <https://revistapostgrado.eia.edu.co/index.php/SDP/article/view/361>

Naciones Unidas. (2024). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*.
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/biodiversity/>

Nowak, D. J., Dwyer, J. F., y Childs, G. (1997). *Áreas Verdes Urbanas en Latinoamérica y el Caribe. Los beneficios y costos del enverdecimiento urbano*. Banco Interamericano de Desarrollo.
<https://doi.org/www.corraldebustos.gob.ar/PDF/ARBOLADO/Beneficios-costos-arbolado-urbano.pdf>

ONU-Hábitat. (mayo de 2019). *Siete grandes beneficios de los árboles urbanos*.
<https://onuhabitat.org.mx/index.php/siete-grandes-beneficios-de-los-arboles-urbanos>

Pérez, M. G., Pérez, G., y López, P. M. (2024). Los árboles longevos y frondosos en la provisión de servicios ecosistémicos en ambientes urbanos. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 15(81), 110-132.
<https://doi.org/10.29298/rmcf.v15i81.1428>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (11 de octubre de 2018). *Principales beneficios de plantar árboles*.
<https://www.gob.mx/semarnat/es/articulos/principales-beneficios-de-plantar-arboles#:~:text=Adem%C3%A1s%20los%20%C3%A1rboles%20producen%20ox%C3%ADgeno,del%20suelo%20y%20mejoran%20el>