

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente

Reconocimiento de validez oficial de estudios de nivel superior según acuerdo secretarial 15018, publicado en el Diario Oficial de la Federación del 29 de noviembre de 1976.

Departamento del Hábitat y Desarrollo Urbano Maestría en Ciudad y Espacio Público Sustentable



Los servicios ecosistémicos que provee el arbolado de la barranca de Huentitán a la ciudad de Guadalajara

TRABAJO RECEPCIONAL para obtener el **GRADO** de
MAESTRA EN CIUDAD Y ESPACIO PÚBLICO SUSTENTABLE

Presenta: **MIRIAM ESMERALDA ANDRADE MARTÍNEZ**

Tutor **DRA. MARINÉS DE LA PEÑA DOMENE**
Cotutor **DRA. MÓNICA SOLORZANO GIL**

Tlaquepaque, Jalisco. agosto de 2023.

Resumen

Los árboles y más aún los bosques urbanos y periurbanos tienen un papel importante dentro de las estrategias mundiales del desarrollo sustentable de las ciudades. Sin embargo, existen pocos estudios que analicen cuantitativamente los servicios ecosistémicos provistos por dicho arbolado. Particularmente en México, contamos con pocos trabajos respecto a estos servicios provistos por las áreas verdes urbanas y aún menos para vegetación de Selva Baja Caducifolia (SBC), uno de los ecosistemas con mayor distribución en el país. Este tipo de información se vuelve muy relevante para la planeación de las áreas verde de la ciudad con miras al incremento de la conectividad ecológica efectiva basada en los servicios ecosistémicos. En este sentido, las especies de arbolado de origen nativo y endémico tienen un gran potencial para incrementar la conectividad en el paisaje y potencializar diferentes servicios que proveen de manera implícita los ecosistemas a los entornos urbanos.

Para el caso concreto de la planeación de áreas verdes de la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG) es de gran importancia contar con la información relevante y precisa del arbolado de la Barranca de Huentitán y los servicios que este provee a la ciudad. Esto con el fin de planear y definir las áreas verdes dentro del espacio público metropolitano. En este mismo contexto, es evidente que se requieren herramientas metodológicas para generar datos de servicios ecosistémicos e información técnica, además de instrumentos de planeación que consideren a la población local en la toma de decisiones.

El presente trabajo tiene por objetivo generar datos puntuales sobre servicios ecosistémicos de distintas especies de la Barranca de Huentitán en contraste con los generados por el arbolado urbano. Así también contar con las percepciones de los vecinos de la barranca con respecto a los árboles con los que conviven. Este tipo de información posibilita el desarrollo de instrumentos como una calculadora de diseño de áreas verdes mediante sus servicios ecosistémicos y una paleta vegetal con especies de arbolado de la Barranca de Huentitán, los cuales facilitaran la toma de decisiones para la planeación de las áreas verdes urbanas abonando al avance en materia de sustentabilidad urbana de la capital de Jalisco.

Modalidad de TOG: Investigación Aplicada, desarrollo o innovación

LGAC: 1. Ecosistemas y territorio en la ciudad región

Sub- línea 1. El desarrollo territorial y la sustentabilidad urbana

Palabras clave: Servicios ecosistémicos, conectividad ecológica del paisaje, áreas naturales protegidas, Barranca de Huentitán, Guadalajara.

Agradecimientos

A mi Tutora y Co-tutora, Dra. Marinés de la Peña Domene y Dra. Mónica Solorzano Gil, quienes con sus valiosos aportes guiaron el desarrollo de este proyecto.

A las instituciones que me brindaron los recursos y las herramientas necesarias para llevar a cabo la presente investigación, el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Occidente (ITESO) y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

A mi familia y compañero, por su apoyo de siempre. En especial a mi sobrino Iker Alain que siempre me alentaba con sus bellas cartas y dibujos en este proceso.

Agradecimiento especial para mi amiga y colega Mayra, quien fue clave como amiga y colega en todo momento que lo necesite.

A mi red apoyo de amigas y amigos quienes me apoyaron de formas diversas.

A mi compañero de maestría Daniel Mondragón, por su valioso apoyo en el levantamiento de trabajo de campo.

A la valiosa colaboración del Mtro. Adalberto Diaz Vera, para ampliar la visión y fortalecimiento de mi trabajo de campo.

Al Dr. Fernando Wario por su aporte para ampliar mi visión, sobre este trabajo de obtención de grado.

También agradezco a todos aquellos, pero principalmente algunos profesores y compañeros de maestría, que durante este proceso me aportaron a expandir la visión de mi proyecto y que de alguna manera también tiempo, conocimiento e interés en este trabajo de obtención de grado. [OBJ]

Contenido

1. Planteamiento del tema	7
1.1 Delimitación del objeto de innovación	7
1.2 Descripción de la situación-problema	9
1.2.1 La Barranca de Huentitán y su relación con la ciudad de Guadalajara.....	9
1.2.2 La problemática ambiental y su relación con los servicios ecosistémicos	10
1.2.3 Situación de estudios de servicios ecosistémicos en México	11
1.2.4 La ciudad y la fragmentación de sus ecosistemas.....	14
1.2.5 La planeación de áreas verdes y la flora local.	15
1.3 Importancia del proyecto	16
1.3.1 Planificación de los espacios verdes por sus servicios ecosistémicos.	17
2. Marco contextual y/o Marco Conceptual.....	20
2.1. Ejemplos análogos del tema	20
2.1.2 Contexto de las áreas verdes.....	23
2.2 Referencias conceptuales del tema	34
2.2.1 Servicios Ecosistémicos	35
2.2.2 Áreas verdes	36
2.2.3 Conectividad y paisaje en las ciudades	36
2.2.4 Ecología urbana.....	37
2.2.5 Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN)	37
3. Diseño metodológico	38
3.1 Hipótesis o supuesto de trabajo.....	38
3.2 Preguntas generadoras	38
3.3 Objetivos	39
3.3.1 Objetivo general	39
3.4 Elección metodológica.....	39
3.5 Selección de técnicas y diseño de instrumentos	40
4. Análisis, desarrollo de la propuesta y resultados	47
4.1 Servicios ecosistémicos de regulación que provee el arbolado de la Barranca de Huentitán.....	47
4.2 Evaluación de Servicios Ecosistémicos Culturales.	63
4.3 Datos de árboles de la Barranca vs. árboles de la ciudad.....	67
5. Diseño aplicativo de la solución	63

5.1 Paleta vegetal de servicios ecosistémicos	63
5.2 Bosque escuela Barranca de Huentitán	66
5.3 Calculadora para planeación de áreas verdes mediante el valor de sus servicios ecosistémicos.....	81
6. Discusión y Conclusiones preliminares	84
7. Revisión documental - referencias consultadas	98
ANEXOS.....	105

1. Planteamiento del tema

1.1 Delimitación del objeto de innovación

La valoración de los servicios ecosistémicos y la conectividad del paisaje es cada vez más reconocida como parte integral de los procesos de planificación y conservación de los ecosistemas. A pesar de esto, existe una escasez de estudios que aborden de manera exhaustiva los beneficios de la conectividad en la conservación de los ecosistemas. La baja tendencia de conectividad revelada en los resultados resalta la necesidad de considerar la planificación para el modelado y la restauración de la cobertura vegetal y el uso del suelo, así como sus servicios ecosistémicos. La conservación de la conectividad es especialmente importante en entornos urbanos, donde las ciudades tienden a desconectarse cada vez más de sus ecosistemas cercanos, lo que plantea desafíos para la sostenibilidad urbana.

Los servicios ecosistémicos son los beneficios que obtenemos de los ecosistemas y están siendo cada vez más integrados en objetivos políticos y decisiones de gestión de recursos naturales. Es esencial encontrar indicadores sólidos que cuantifiquen estos servicios, mida los cambios en su oferta y demanda, y prediga una dirección hacia ciudades más sostenibles. A pesar de que las ciudades ocupan solo el 2% de la superficie terrestre, su consumo de energía y emisiones de gases de efecto invernadero son significativamente altos (FAO,2019). La permeabilidad de los servicios ecosistémicos (SE) hacia las ciudades se ve afectada por el aumento de la impermeabilidad del suelo debido a la urbanización, lo cual se combina con los impactos del cambio climático en los entornos urbanos. La conservación y promoción de los bosques urbanos y periurbanos desempeñan un papel fundamental en el bienestar de las generaciones actuales y futuras, ya que contribuyen a proteger la salud de los residentes urbanos y mejorar su calidad de vida. La evaluación de los SE es importante para comprender cómo los bosques urbanos y periurbanos proveen estos servicios y reducen el impacto de la intervención humana en la ciudad. La falta de conocimiento sobre la relación entre los servicios ecosistémicos puede conducir a prácticas que reduzcan su provisión. La cuantificación y compensación de los SE a nivel de parcela y a nivel paisaje son escasas, pero se sugiere que son necesarias para una gestión sostenible de la ciudad y promover sinergias entre los servicios ecosistémicos en los espacios verdes urbanos (Cueva, 2022).

En cuanto a las necesidades de las áreas verdes dentro del perímetro urbano que están plantadas con vegetación y árboles. Se plantea a partir de que algunas ciudades tienen altos estándares en este aspecto, como Viena, Milán y Estocolmo, que cuentan con 25 metros cuadrados por habitante. Otras ciudades tienen estándares intermedios, como París, Berlín, Londres y Ámsterdam, que tienen entre 5 y 15 metros cuadrados por habitante. Por otro lado, hay ciudades con estándares más bajos, como Hamburgo, que cuenta con 2-4 metros cuadrados por habitante (Lamela et al, 2011). Sin embargo, en Guadalajara existe 1.4 metros cuadrados por habitante (ONU-Habitat, 2018), un valor que no alcanza los valores más bajos de los que se consideran como referencia a nivel mundial.

Por lo cual este proyecto busca la incorporación de las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) en la planificación urbana contribuye para lograr Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por la Agenda Urbana 2030. En primer lugar, está relacionado con el ODS 3, que busca garantizar una vida saludable y promover el bienestar para todos. Específicamente, se busca reducir el número de muertes y enfermedades causadas por productos químicos peligrosos y la contaminación del aire, el agua y el suelo. Además, responde al ODS 11, que tiene como objetivo lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles. Las metas 11.2, 11.3, 11.5, 11.6, 11.7, 11a y 11b se abordan a través de la planificación y gestión participativa, la conservación del patrimonio cultural y natural, la reducción de impactos ambientales per cápita, el acceso a zonas verdes y espacios públicos, y el fortalecimiento de la resiliencia ante desastres naturales y el cambio climático. Asimismo, busca contribuir al ODS 13 sobre acción climática, mediante el fortalecimiento de la resiliencia y adaptación a los riesgos relacionados con el clima y la promoción de la planificación y gestión eficaces en relación con el cambio climático.

Por último, también se relaciona con el ODS 15 y sus metas, que buscan la conservación y uso sostenible de los ecosistemas terrestres, la lucha contra la desertificación, la protección de la diversidad biológica y la integración de los valores de los ecosistemas en la planificación y desarrollo (ONU-hábitat,2018).

Figura 1. ODS a los que da respuesta el presente estudio.



Nota: Esta imagen plasma los ODS que se integran en este proyecto, para implementarse dentro de la agenda urbana. Fuente: ONU-hábitat ,2018.

1.2 Descripción de la situación-problema

1.2.1 La Barranca de Huentitán y su relación con la ciudad de Guadalajara

La Barranca de Huentitán es reconocida como un espacio natural de grandes y únicos atributos representativos de la región, donde han interactuado los habitantes de la ciudad a lo largo del tiempo. Este ecosistema se ha constituido como una frontera que limita hacia diferentes municipios de Jalisco, entre ellos la ciudad de Guadalajara, donde los rastros históricos refieren a la existencia de significados culturales para los habitantes de la ciudad en relación con esta Área Natural Protegida (ANP) con categoría de formación natural de interés estatal.

La Barranca de Huentitán ha presentado diversas contradicciones respecto a su relación con la ciudad, por lo que es necesario replantear hacia un nuevo enfoque donde se planteen soluciones para hacer frente a los efectos negativos dentro de este espacio natural que ha provocado el crecimiento urbano. Por esta razón, la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial (SEMADET,2016) plantea dos objetivos generales como parte de su estudio técnico justificativo y del respectivo Programa del Manejo del proyecto de Declaratoria de Área Natural Protegida:

1.-Preservar, restaurar y potenciar los atributos naturales, que son expresión de la evolución geológica y biótica del occidente de México y del neotrópico que representa, para mantener

los servicios ambientales y como muestra viva de nuestra preocupación por un futuro sustentable y más armónico.

2.-Lograr un disfrute de la monumentalidad de la barranca mejor informado, así como el reconocimiento de los servicios y la trascendencia que tiene para la ciudad y la región en esa combinación de fuerte contraste entre ambientes transformados y naturales, valores naturales e históricos culturales que le dotan de singularidad (SEMADET, 2016).

1.2.2 La problemática ambiental y su relación con los servicios ecosistémicos

Diferentes autores reconocen que la diversidad de entornos naturales provee de los servicios ecosistémicos de los que dependemos de diversas maneras directa o indirectamente (Pacha, 2014). Los ecosistemas inmediatos y circundantes a las ciudades son los que proporcionan esos servicios directamente a las comunidades urbanas. Estos se pueden considerar clave de la existencia humana, ya que a nivel de servicios proveen de alimentos, agua, madera, algodón y medicamentos, etc. Además, existen otros beneficios no tan evidentes y no por ello menos relevantes tales como los servicios ecosistémicos de regulación donde se incluye el equilibrio del clima y la protección del territorio ante impactos como inundaciones y otros fenómenos naturales.

La diversidad de vegetación natural facilita la recarga de acuíferos, reduce la erosión del suelo y evita la sedimentación en represas como parte de sus servicios (Sorensen, 1998), así como también ofrece la oportunidad del disfrute, inspiración, bienestar mental e interacciones sociales, a esta definición se le conoce con el nombre de servicios ecosistémicos culturales.

La misma naturaleza tiene soluciones mediante sus servicios ecosistémicos siendo estos más sustentables, eficientes y de bajo costo; así como también puede aumentar los beneficios ambientales de los ecosistemas y mitigar los efectos negativos del manejo precario de los recursos naturales inmediatos a la zona urbana. Las prácticas para la planeación sin orientación técnica para el diseño de áreas verdes, acompañada por una inadecuada gestión y cuidados, da como resultado el desequilibrio ambiental dentro de las

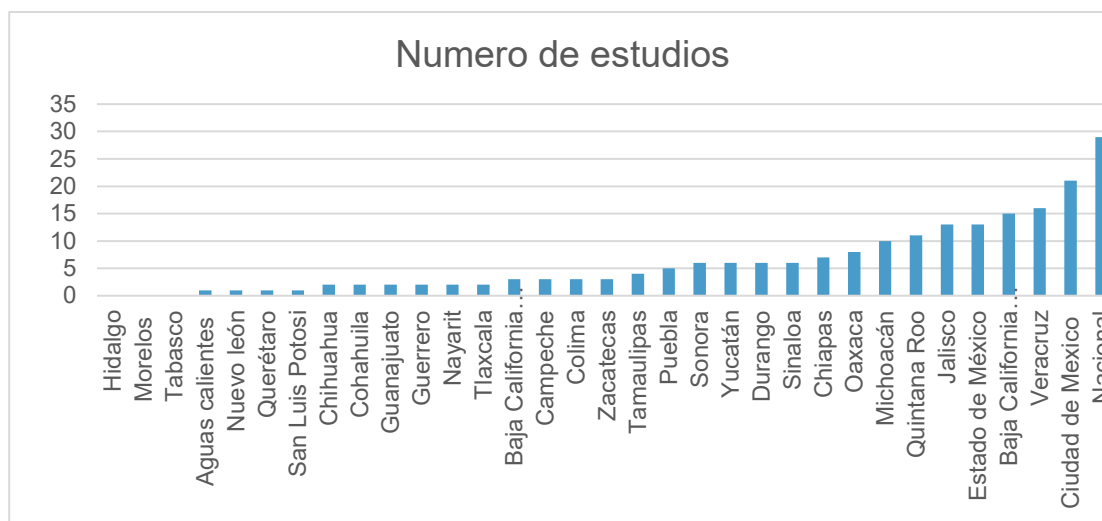
ciudades. Esto debido a la falta de indicadores de evaluación y seguimiento orientados a evaluar los servicios ecosistémicos que las áreas verdes proveen.

1.2.3 Situación de estudios de servicios ecosistémicos en México

Según una revisión hecha por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC, 2020) relativa a los servicios ecosistémicos en México se hace evidente que los estudios hechos sobre el tema tienen un enfoque cuantitativo e interés en el valor económico. En dicho análisis se clasifican los estudios en función de dos tipos de análisis: análisis cuantitativos y cualitativos. Esta organizado por estado de la república, municipio, tipo de servicio ecosistémico, ecosistema y por método de valoración. Este trabajo multidisciplinario incluye 189 documentos publicados dentro del periodo 1990 al 2019.

La figura 02 muestra un gráfico que refleja la escasez de estudios en México respecto al tema de servicios ecosistémicos. Las entidades federativas con mayores publicaciones al respecto son: la Ciudad de México (21 publicaciones), seguido por Veracruz (16 publicaciones) y Baja California Sur (15 publicaciones). Los demás estados tienen muy pocas o nulas publicaciones referente a este tipo de estudios. De acuerdo con este análisis Jalisco solo tiene 13 trabajos publicados al respecto y se destaca la temporalidad en la que se realiza un incremento de ellos (2015-2017) se asume que dicho aumento se deba principalmente al apoyo y diseño del programa de Pago por Servicios Ambientales (PSA) de CONAFOR y otras iniciativas internacionales (INECC,2020).

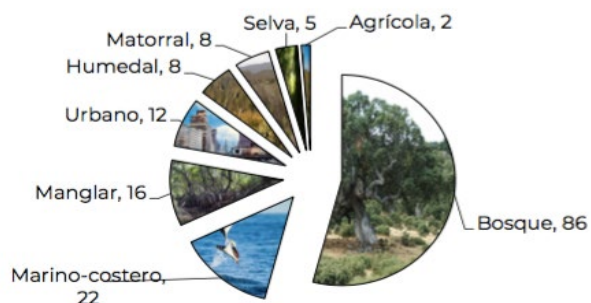
Figura 02. Representación del número de artículos de investigación de SE, publicados por estado hasta el año 2019



Nota. La figura muestra la cantidad de estudios con la temática de servicios ecosistémicos SE, de los que se tiene registro por cada entidad del país. Fuente: INECC,2020

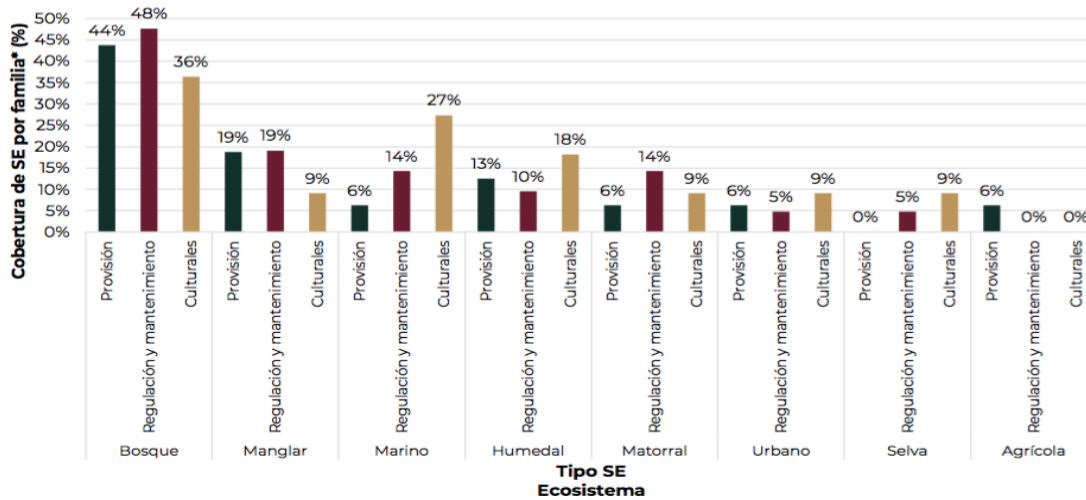
El trabajo reportado por el INECC es un referente importante en el tema de servicios ecosistémicos por lo que la reproducción de sus gráficos es relevante en el presente proyecto. En la figura 03 el INECC agrupa los trabajos de servicios ambientales en función del tipo de ecosistema y la figura 04 por el tipo de SE.

Figura 03. Estudios de SE por tipo de ecosistema.



Nota. La figura 03 muestra la cantidad de estudios de SE por tipo de ecosistema. Fuente: INECC,2020

Figura 04. Estudios de SE por tipo de servicio ecosistémico.



Nota. La figura 04 muestra el estudio realizado de SE por tipo de servicio. Fuente: INECC, 2020

México es un país megadiverso por lo que son necesarios los estudios adecuados para cada ecosistema, ya que estos conforman parte de la provisión de estos servicios a la población ante los diferentes escenarios fisiográficos locales de cada región y así contar con indicadores que generen estrategias que aporten a la solución de problemáticas actuales.

La Barranca de Huentitán tiene un tipo de vegetación dominante de Selva Baja Caducifolia (SEMADET, 2016) y la figura 03 se destaca la poca cantidad de estudios en el ecosistema anteriormente mencionado. Este contexto hace que el presente trabajo de TOG sea una gran oportunidad para hacer aportes a este tipo de investigaciones.

La vegetación predominante de la Selva Baja Caducifolia de la Barranca de Huentitán y la escasez en cuanto a la cantidad de estudios existentes para este tipo de vegetación en cuanto a servicios ecosistémicos en México, a pesar de ser un ecosistema de gran importancia, se ha prestado menos atención y se han realizado menos investigaciones en comparación con otros tipos de vegetación en el país.

La Selva Baja Caducifolia es un ecosistema caracterizado por árboles y arbustos que pierden sus hojas durante la temporada seca. Este tipo de vegetación es relevante por su contribución a la biodiversidad, la regulación del clima local, la conservación del suelo y la provisión de servicios ecosistémicos esenciales. Sin embargo, en México, los estudios

específicos sobre los servicios ecosistémicos proporcionados por la Selva Baja Caducifolia y otros tipos de vegetación similares son escasos en comparación con otros ecosistemas.

La escasez de estudios puede atribuirse a varios factores, como la falta de financiamiento, la falta de conciencia sobre la importancia de estos ecosistemas, la concentración de la investigación en otros tipos de vegetación más conocidos o la falta de expertos especializados en el estudio de estos ecosistemas particulares. Además, los esfuerzos de investigación suelen estar más centrados en áreas protegidas o en ecosistemas de mayor visibilidad, dejando de lado aquellos que pueden ser considerados "menos emblemáticos".

La falta de estudios y conocimientos específicos sobre los servicios ecosistémicos de la Selva Baja Caducifolia puede dificultar la toma de decisiones informadas en la gestión ambiental y la planificación territorial. La falta de datos y análisis detallados puede limitar la capacidad de evaluar el estado de conservación de estos ecosistemas, diseñar estrategias de manejo adecuadas y promover políticas de conservación efectivas.

En resumen, la vegetación predominante de la Selva Baja Caducifolia de la Barranca de Huentitán y la escasez de estudios existentes de este tipo de vegetación sobre sus servicios ecosistémicos en México señala una brecha en el conocimiento y la atención científica sobre estos ecosistemas. Es necesario promover una mayor investigación y estudio de la Selva Baja Caducifolia y otros ecosistemas menos estudiados para comprender y valorar adecuadamente los servicios ecosistémicos que brindan y así promover su conservación y manejo sostenible.

1.2.4 La ciudad y la fragmentación de sus ecosistemas

La palabra "ciudad" tiene connotaciones que no están relacionadas con la armonía y el equilibrio con el medio ambiente. En la actualidad, la tendencia en el diseño urbano es dominar la naturaleza, lo que implica desarrollar infraestructuras para aprovechar los recursos naturales o desplazarlos, sin tener en cuenta la vegetación presente en el territorio. Esta forma de actuar altera el ecosistema y no considera la importancia de conocer el entorno para adaptarlo y diseñar los asentamientos humanos de tal manera que se afecte

lo menos posible el ecosistema o se coexista con él de la mejor manera posible (Ochoa, 2021). Desde el punto de vista biológico lo hacen porque no están vinculadas con las áreas naturales que las rodean, es decir, rompen la continuidad de la biota regional mediante la introducción de especies exóticas en las áreas verdes urbanas. Esto produce un fenómeno conocido como homogeneización biótica (Gasparri, 2021, p.6). Lo que altera y desplaza la biota regional, término acuñado por Leonhard Stejneger, por la necesidad de encontrar un término amplio que englobe tanto la fauna como la flora, abarcando la totalidad de la vida animal y vegetal de una región o período específico, así como cualquier estudio relacionado con los animales y las plantas de cualquier área geográfica, la que está constituida por la flora y fauna nativa o local. El proceso de homogeneización biótica ocurre cuando se introduce a un ecosistema una especie exótica, lo que en otras palabras se refiere a una especie que se encuentra fuera de su área de distribución normal. Si esta especie es de crecimiento agresivo, termina por reemplazar a la biota local, lo cual ocasiona la pérdida de biodiversidad y altera el buen funcionamiento de los ecosistemas locales. A su vez también esto genera una ciudad sin identidad, donde la conformación de áreas verdes no considera las especies nativas y endémicas, sino más bien se utilizan especies exóticas.

1.2.5 La planeación de áreas verdes y la flora local.

Al hablar de áreas verde también tiene que considerarse los espacios periurbanos, que son los espacios exteriores de una ciudad que no son urbanizables y de manera natural son parte de la ciudad, los cuales son un gran reto para planificación urbana el conocer y aprovechar la riqueza natural de su franja periurbana la cual constituya la mayor extensión territorial de una ciudad en lugar de solo desplazarlas por extender más las construcciones urbanas. A pesar del escaso valor que se le concede a la flora nativa en las ciudades, está resulta sumamente importante para la conservación de la biota local además de ser más fáciles de adaptar a los entornos y mucho más barato su mantenimiento por pertenecer al territorio. Cada gobierno local es responsable de establecer programas y acciones para conservar su biodiversidad local el cual es patrimonio natural que muchas veces es olvidado como parte de la identidad y capital natural de cada ciudad (Gasparri, 2021).

En conclusión, se resalta la importancia de la creación las áreas verdes en las ciudades con vegetación nativa, ya sea desde su contribución ambiental, su carácter de espacio público, su enfoque planificado, su valor social y su relevancia en los espacios periurbanos. Destacan

la necesidad de conservar y valorar la biodiversidad local en cada ciudad, reconociendo su importancia como parte de mejorar la calidad de vida, las interacciones sociales, sentido de la identidad y el capital natural de cada lugar.

1.3 Importancia del proyecto

En la actualidad, no se han realizado estudios que evalúen los servicios ecosistémicos de la Barranca de Huentitán. Sin embargo, es ampliamente reconocido que los espacios verdes periurbanos desempeñan un papel crucial en la mitigación de los impactos socioambientales del crecimiento urbano y en la mejora de la calidad de vida de la población. Por lo tanto, es cada vez más importante valorar los servicios ambientales, también conocidos como servicios ecosistémicos, y la conservación de la biodiversidad para garantizar su continuidad.

Un estudio sobre este tema específico puede proporcionar datos e información valiosos que contribuyan al desarrollo de ciudades más resilientes. Se pueden utilizar herramientas como indicadores para medir el progreso hacia los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y contrarrestar los efectos negativos del cambio climático en las áreas urbanas.

Es fundamental generar información que respalde la importancia de la conectividad ecológica y social en la planificación de los entornos urbanos. Esto implica reemplazar prácticas que contribuyen a la fragmentación y degradación de los espacios verdes periurbanos, ya que estos problemas se están agravando día a día. La pérdida de cobertura vegetal en los territorios conlleva una degradación ambiental y de los ecosistemas, lo que resulta en una disminución de los servicios ecosistémicos que se brindan a las ciudades.

Por lo tanto, es crucial desarrollar estrategias que aborden las problemáticas derivadas de las prácticas urbanas que descuidan los espacios verdes periurbanos. Al hacerlo, se puede contrarrestar la crisis ambiental y climática que afecta a las ciudades y los territorios, promoviendo un enfoque más sostenible y responsable en la planificación urbana.

1.3.1 Planificación de los espacios verdes por sus servicios ecosistémicos.

La planificación de los espacios verdes en las ciudades ha sido tradicionalmente abordada desde un enfoque limitado y fragmentado. Los parques y áreas verdes han sido considerados como elementos decorativos o espacios de recreación, sin tomar en cuenta su verdadero potencial como estructuras fundamentales para el bienestar humano y la sostenibilidad ambiental. Sin embargo, es necesario romper con este paradigma y replantear la manera en que se planifican y diseñan los espacios verdes en nuestras ciudades.

En primer lugar, es esencial reconocer que los espacios verdes no son meramente elementos estéticos, sino que desempeñan un papel crucial en la calidad de vida de los habitantes de una ciudad. Estos espacios proporcionan beneficios tangibles e intangibles, como la mejora de la salud y el bienestar, la reducción del estrés y la promoción de la interacción social (Sorensen, 1998, p. 18). Romper con el paradigma actual implica reconocer y valorar plenamente estos beneficios y considerarlos como elementos centrales en la planificación urbana.

Además, es fundamental adoptar un enfoque holístico e integrado en la planificación de los espacios verdes. En lugar de considerarlos como entidades aisladas, es necesario entenderlos como componentes interconectados de un sistema más amplio. Esto implica tener en cuenta la conectividad ecológica, la integración con el entorno natural y la interacción con otros elementos de la ciudad, como la movilidad y el desarrollo urbano. Romper con el paradigma actual requiere una visión más integral y considerar los espacios verdes como parte de una red interdependiente de elementos urbanos.

Hoy en día, las áreas verdes en las ciudades se consideran un indicador importante de calidad de vida, lo que ha llevado a un aumento en el interés y la financiación para su establecimiento, mantenimiento y mejora. Las ciudades son reconocidas como "ecosistemas urbanos" debido a la combinación de elementos naturales y construidos en su entorno. Para comprender y gestionar este nuevo enfoque urbano, se requiere el uso de conceptos ecológicos que permitan abordar su complejidad de manera efectiva. La acumulación de conocimiento sobre las áreas verdes en entornos urbanos y los servicios ambientales que brindan ha generado una comprensión más completa de su importancia para las ciudades.

Se ha reconocido su capacidad para mejorar la calidad de vida de los habitantes urbanos y fomentar la cohesión social.

En respuesta a esta conciencia, ha surgido el concepto de "infraestructura verde", que se refiere a una red integrada de elementos naturales y espacios verdes en las ciudades (Moreno, 2014). Esta infraestructura incluye cuerpos de agua, humedales, áreas arboladas, hábitats silvestres y otros espacios naturales, así como parques, corredores verdes, áreas de conservación, ranchos y granjas. Estos entornos albergan especies nativas y mantienen los procesos ecológicos naturales.

La infraestructura verde juega un papel fundamental en la promoción de entornos urbanos sostenibles y saludables. Proporciona una serie de beneficios, como la mejora de la calidad del aire, la mitigación de los efectos del cambio climático, la conservación de la biodiversidad, la protección contra inundaciones (Zucchetti, 2020), y la creación de espacios recreativos y de relajación para los ciudadanos.

Al integrar la infraestructura verde en el diseño y planificación urbana, se pueden crear entornos más habitables y resilientes. Además, la preservación y expansión de la infraestructura verde promueven la conexión entre los espacios naturales y urbanos, lo que contribuye a una mayor calidad de vida y al bienestar de las comunidades.

Por lo que el conocimiento adquirido sobre las áreas y la infraestructura verdes ha demostrado su importancia para el desarrollo de ciudades sostenibles y saludables. Al considerar y promover la incorporación de la infraestructura verde en la planificación urbana, se pueden maximizar los beneficios ambientales, sociales y económicos para los habitantes urbanos (Revah, 2014, p.13).

Por último, la planificación de los espacios verdes debe basarse en principios de sostenibilidad y resiliencia. Esto implica considerar la conservación de la biodiversidad, la gestión eficiente de los recursos naturales y la adaptación al cambio climático. En la actualidad las prácticas con las que se planifican las áreas verdes han comprometido la salud y el equilibrio de los ecosistemas urbanos y en su lugar es necesario adoptar enfoques que promuevan la regeneración y la protección del medio ambiente.

En conclusión, debe modificarse cómo actualmente se planifican los espacios verdes en las ciudades es un desafío necesario para lograr ciudades más sostenibles, saludables y habitables. Esto implica reconocer los beneficios de los espacios verdes, adoptar un enfoque

holístico e integrado, fomentar la participación ciudadana y basar la planificación en principios de sostenibilidad. Al hacerlo, podemos transformar nuestros entornos urbanos y vincular la ciudad con su entorno periurbano. Por ello es necesario crear herramientas para una planificación de áreas verdes donde el principal interés sea el valor por su condición estructural y su aporte e integración para mejorar la calidad de vida, además de proveer un mejor acondicionamiento de la vida en las ciudades, no solo como un elemento decorativo. La ciudad debe incorporar el valor de la naturaleza en las áreas verdes como parte de su tejido y no como un bien que se tenga que buscar fuera de él, por lo que se requieren soluciones que aporten en la cantidad, calidad, distribución y accesibilidad de espacios verdes y públicos (Cárdenas, 2021).

Los espacios periurbanos deben ser considerados dentro de la noción metropolitana y la planeación verde de las ciudades debe de integrarse como una extensión de los espacios periurbanos. Los espacios como los suelos no urbanizables son naturalmente también parte de la ciudad, por ello es un gran reto actual en la planificación verde el conocer y aprovechar la riqueza vegetal de la franja periurbana, así como dentro de los entornos urbanos.

2. Marco contextual y/o Marco Conceptual

2.1. Ejemplos análogos del tema

Sahagún y sus colegas llevaron a cabo un estudio en el Parque Metropolitano de Guadalajara (PMG) para analizar el valor económico de los Servicios Ecosistémicos (SE) proporcionados por este espacio. Utilizaron el método de valoración contingente, el cual considera las preferencias de los usuarios en términos socioculturales y económicos. El estudio resaltó la importancia de los servicios ecosistémicos como aspectos prioritarios en la planificación del desarrollo económico y la toma de decisiones (Sahagún, 2020).

Para llevar a cabo el estudio, se aplicó el modelo de valoración contingente in situ, como se muestra en la imagen 06. Los resultados obtenidos sobre la percepción de los usuarios en relación con la valorización de los parques metropolitanos fueron presentados y comparados con otros estudios similares. Se enfatizó la necesidad de evaluar los servicios ecosistémicos como una manera de reconsiderar la importancia de los servicios ofrecidos por los parques (Sahagún, 2020)

Figura 05. Puntos de relevancia de este estudio de servicios ecosistémicos (SE).



Nota la figura muestra los puntos más relevantes del estudio, fuente: elaboración propia.

El Ayuntamiento de la ciudad de Mérida realizó una evaluación y diagnóstico de la estructura, función y valor del arbolado en la ciudad utilizando la herramienta i-Tree ECO. El inventario forestal se llevó a cabo entre octubre de 2016 y mayo de 2017 con el objetivo de obtener información precisa y científica sobre las características principales del arbolado urbano en Mérida, Yucatán. Se buscaba conocer la capacidad de estos árboles para proporcionar servicios ambientales tanto desde una perspectiva económica como ecológica. Este estudio proporciona datos fundamentales para la toma de decisiones en la gestión y cuidado del arbolado urbano (De la Concha, 2017), como se muestra en la figura 07.

Figura 06. Objetivos de la obtención de la información de arbolado urbano en la ciudad de Mérida.



Nota la figura muestra los puntos más relevantes del estudio, fuente: elaboración propia.

En el estudio realizado por Hurtado, se examinó la percepción de los residentes de una comunidad maya en el municipio de Tekax, Yucatán, con respecto a los servicios ecosistémicos proporcionados por la selva a la comunidad. El método utilizado involucró la realización de entrevistas semiestructuradas en 41 hogares, junto con talleres participativos en los que se seleccionaron ocho informantes clave. Para facilitar los talleres, se crearon productos como una línea de tiempo y mapas que representaban los recursos naturales presentes y futuros, estos materiales capturaron la percepción de los servicios ecosistémicos por parte de la comunidad (Hurtado, 2022).

Figura 07. Proceso de esta investigación del valor de los servicios ecosistémicos que confiere la comunidad maya del municipio de Tekax Yucatán a la selva de su territorio.

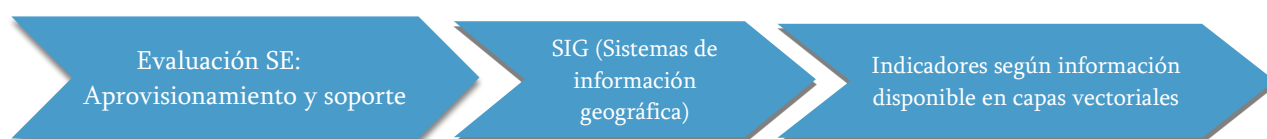


Nota: La figura además del proceso muestra, el resultado de la investigación sobre el valor sobre una selva mediana subcaducifolia por parte de la comunidad maya, fuente: Hurtado, 2022.

En el estudio llevado a cabo por Martínez en 2021, se planteó la evaluación de tres a cuatro categorías de servicios ecosistémicos, siguiendo el enfoque del Análisis de los Ecosistemas del Milenio: aprovisionamiento, regulación y soporte. Estas categorías fueron analizadas utilizando índices que pueden ser examinados mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica. El objetivo principal de este estudio fue examinar el estado y comportamiento actual de estos servicios, así como su relación con el pasado. El análisis se desarrolló en el Distrito de Nou Barris, bajo la administración del Ayuntamiento de Barcelona, seleccionado debido a su ubicación y su proximidad al Parque Natural del Collserola, un área de interés para evaluar los servicios ecosistémicos debido a su estrecha conexión con este entorno natural.

Los servicios ecosistémicos se analizaron a través de indicadores los cuales se seleccionaron por la capacidad de un análisis mediante información disponible en capas vectoriales, a continuación, la figura muestra el proceso del estudio.

Figura 08. Procesos de la evaluación de servicios ecosistémicos con sistemas de información geográfica (SIG).



Nota: la figura muestra el proceso de este trabajo de investigación, fuente: elaboración propia.

Especies plantadas nativas de la Barranca de Huentitán en el espacio intervenido del CUAAD (Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño).

El proyecto consistió en la introducción de especies nativas de la Barranca de Huentitán en el espacio intervenido del CUAAD, con el objetivo de contrarrestar la práctica común de utilizar árboles exóticos en la ciudad de Guadalajara, dentro del Área Metropolitana. El centro universitario buscó establecer un ejemplo al crear un campus que funcionara como un "semillero" de especies autóctonas de la Barranca de Huentitán y otras áreas de Jalisco. Se plantaron un total de 130 árboles pertenecientes a 12 especies seleccionadas genéticamente para garantizar la producción de semillas a lo largo de su vida, como parte del Plan Paisajístico Pedagógico.

Como resultado de esta iniciativa, se llevó a cabo un inventario de todos los árboles del CUAAD Huentitán y se creará una página web accesible a través de códigos QR. En esta página se proporcionarán fichas con información sobre el nombre y científico de las especies, así como sus usos tradicionales. Se pretende que estas áreas se conviertan en espacios de enseñanza fuera del aula, con el objetivo de conocer y valorar nuestro patrimonio biológico. Es importante destacar que en el CUAAD se imparten carreras relacionadas con la arquitectura, la planificación urbana y el medio ambiente, el diseño de interiores y la ambientación, entre otras disciplinas (Serrano, 2019).

El manejo de especies nativas en el parque Metropolitano de Guadalajara

El propósito central del plan de manejo presentado por Larios en 2012 es asegurar que un parque o área verde funcione ecológicamente, considerando principalmente el valor del hábitat como indicador. En este plan específico para el Parque Metropolitano de Guadalajara, se lleva a cabo una evaluación de especies vegetales basada en su importancia para la conservación, teniendo en cuenta criterios como la diversidad, rareza, naturalidad, endemismo, estado de desarrollo, su función vital y su contribución al paisaje.

El parque también desempeña un papel importante en la educación y concientización de los visitantes sobre la importancia de las especies nativas y la conservación del medio ambiente. En resumen, el manejo de especies nativas en el Parque Metropolitano de Guadalajara es un compromiso para preservar y proteger la biodiversidad de la región (Larios, 2012)

2.1.2 Contexto de las áreas verdes

Aplicaciones de políticas y normativas en áreas verdes a nivel municipal, estatal y nacional.

En el entendido que las áreas verdes urbanas y periurbanas son prestadoras de servicios ecosistémicos, clasificados como:

- 1.- Servicios ecosistémicos de suministro o provisión, como alimentos, oxígeno, agua.

2.- Servicios de regulación, el evitar inundaciones, altas temperaturas, mejorar la calidad del aire, evitar las sequías y la degradación de suelos.

3.- Servicios ecosistémicos culturales, son los que surgen de las interacciones entre los seres humanos y los ecosistemas. Entre ellos se reconoce la recreación, el sentido de identidad, el valor espiritual, el valor estético etc.

4.- Servicios de apoyo o soporte, estos necesarios para la realización de los procesos fundamentales del ecosistema que además sostienen todos los otros servicios. Dentro de ellos se reconoce a la fotosíntesis, el ciclo de nutrientes y la evolución (MEA, 2005 & Balvanera, 2009).

Según la evaluación a los municipios de Jalisco realizada por FIPRODEFO (Fideicomiso para la Administración del Programa de desarrollo forestal del estado de Jalisco) se reconoce que las áreas verdes, el arbolado en el espacio público y vías de comunicación en la actualidad presentan problemas que limitan los beneficios ecosistémicos que proporcionan a la población. Donde es evidente en daños materiales que son agravados, a causa de la inapropiada selección de especies y la ineficiencia para su manejo y gestión. Se consideran como áreas verdes públicas: los parques, jardines, camellones, glorietas y áreas de vegetación nativa presentes en terrenos de propiedad gubernamental (FIPRODEFO, 2018), estas deficiencias y condiciones generales en que encuentra el arbolado y las áreas verdes, se ve reflejado a continuación en la tabla 01.

Tabla 01. La administración y gestión de áreas verdes y arbolado presenta las siguientes consecuencias.

Planeación y planificación	Economía medio ambiental	Normatividad y legislación	Árboles y especies	Gestión y operación municipal
Mal manejo de áreas verdes urbanas (Sin capacitación)	Falta de arbolado e infraestructura adecuada y montada en sitios con estrategia	Ambigüedad en la normativa estatal	Especies inadecuadas (tamaño-calidad y origen) para reforestar o forestar AVU.	Desconocimiento de los servicios ambientales (ecosistémicos) de las AVU y arbolado.
Mala toma de decisiones, por no tener una capacitación.		Leyes y normativas, sin actualizar, si orientación para cumplir con planes y estrategias de agenda nacional o mundial.	Espacios inadecuados (suelos pobres). Afectaciones en la infraestructura como el cableado	Escases e inadecuada e infraestructura y equipamiento para el agua de mantenimiento de las AVU.
		Ninguna visión o razón para utilizar especies en AVU (Áreas verdes urbanas)	Mantenimiento inadecuado e inexistente en cuanto a podas, derribo, cuidado y fitosanitario. Malas prácticas	Mala gestión social en la intervención territorial (Colonias). Mala gestión presupuestal
		Sin criterios unificados para la aplicación de leyes y reglamentos en materia de arbolado urbano.	Ciudadanos desinformados	Desconocimiento en la clasificación de áreas verdes.
		Reglamentos no homologados y sin visión metropolitana	Capacitaciones deficientes en todos los niveles, autoridades, ciudadanos y particulares	La sociedad no está interesada en las AVU.
		Vacíos en normas y reglamentos en cuanto al valor y restitución de árboles urbanos.	Como una constante el no hacer la planeación las AVU	

Nota: La figura muestra de en orden de efectos a causas la situación de la mala planeación de las áreas verdes en la ciudad, que refleja el porqué de las condiciones en que se encuentra el arbolado y áreas verdes en la ZMG. Esto ocasiona la ineficiencia en el manejo de este recurso por lo que se da incremento de las islas de calor, se ve afectada la salud ambiental, aumenta los riesgos de la ciudad ante desastres naturales, aumenta el aire contaminado, comprometer las recargas de los acuíferos. Fuente: elaboración propia con datos de FIPRODEFO, 2018.

Los municipios más poblados en la ZMG incluyen Guadalajara, Zapopan, Tlaquepaque, Tonalá, El Salto y Tlajomulco de Zúñiga. Sin embargo, aproximadamente el 40 % de la población no cumple con el estándar mínimo de 9 m² de áreas verdes urbanas (AVU) por habitante. En el municipio de Guadalajara, el 62 % de los habitantes, y el 36 % en San Pedro Tlaquepaque, experimentan una disponibilidad limitada de AVU. Los municipios de Tonalá, Zapopan y Tlajomulco de Zúñiga presentan cifras de 25 %, 25 % y 19 % respectivamente (FRIPODEFO, 2018). Estos datos, junto con la importancia de las AVU en la ZMG y las regulaciones urbanas existentes para su desarrollo y protección, revelan una notable ineficiencia en la distribución y cantidad de áreas verdes urbanas. Como resultado, muchas zonas y habitantes carecen de acceso a estas infraestructuras de servicio, tanto en los sectores más antiguos como en los más recientes o planeados de la ciudad.

A continuación, una tabla donde se presentan datos obtenidos por FIPRODEFO sobre la superficie en ha y la clasificación por el uso de áreas verdes, cifras que muestran la insuficiencia y excedentes lo que representa a su vez problemas de desigualdad y exclusión de acceso a este servicio (FIPRODEFO, 2018).

En la tabla 02 se muestra que la superficie total de espacios verdes es de 4,513 hectáreas. Sin embargo, surge una dificultad con las áreas naturales designadas, ya que abarcan 1,300 hectáreas de terrenos que no son adecuados para actividades recreativas y, por lo tanto, no están accesibles para la población. Estas áreas pueden representar ocasionalmente riesgos, como zonas de cauces o laderas. Además, se destaca que los municipios de Juanacatlán y El Salto cuentan con un 30% de su superficie cubierta de árboles, mientras que Tonalá y Tlajomulco de Zúñiga poseen aproximadamente el 50% de su territorio arbolado. Por otro lado, más del 50% de las Áreas Naturales de Guadalajara y Zapopan no tienen ninguna categoría de protección. (FIPRODEFO, 2018).

Tabla 02. Tabla de superficies de áreas verdes en ha.

Municipio	Área natural	Área natural protegida	Camellón	Espacio verde	Glorieta	Parque	Plaza	Unidad deportiva	Total
El salto	246.2	36.7	11.6	11.9	0.0	21.2	2.7	5.2	335.4
Guadalajara	51.9	284.3	105.2	78.2	3.4	186.2	27.7	105.5	842.3
Juanacatlán	3.0	21.1	0.0	0.2		0.7	0.2	3.2	28.3

San Pedro Tlaquepaque	372.9		36.0	69.6	1.9	49.0	5.8	11.8	547.0
Tlajomulco de Zúñiga	125.9	179.5	32.3	172.5	07	39.5	2.5	18.4	571.3
Tonalá	151.5	7.3	15.1	39.5	0.2	162.0	3.6	16.0	395.1
Zapopán	408.4	564.6	92.9	399.5	4.7	240.1	6.5	76.9	1793.6
Total	1,359	1,093.5	293.0	771.3	10.0	698.7	48.9	236.9	4,513.0

Nota: En la figura se presentan datos obtenidos por FIPRODEFO sobre la superficie en ha y la clasificación por el uso de áreas verdes, cifras que muestran la insuficiencia y excedentes lo que representa a su vez problemas de desigualdad y exclusión de acceso a este servicio. Fuente: elaboración propia con datos de FIPRODEFO (2018).

Situación del arbolado urbano en el AMG

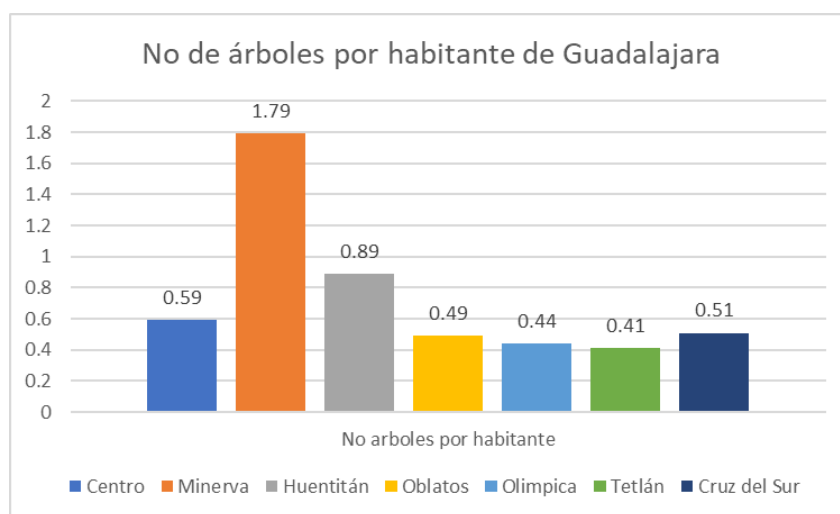
En el año 2018, la Secretaría del Medio Ambiente y Desarrollo Territorial (SEMADET) llevó a cabo un inventario del arbolado urbano como parte del Plan de Ordenamiento Forestal Metropolitano (POFMET). Según los cálculos realizados, se determinó que el 90% de los aproximadamente un millón 158 mil árboles contabilizados presentaban diversos daños, como enfermedades, plagas, plantación incorrecta o ubicación inadecuada. Estos daños fueron identificados como consecuencia de circunstancias tales como la elección inadecuada de especies y su plantación en lugares no apropiados, así como podas incorrectas o mal realizadas que dejaron a los árboles vulnerables a la aparición de hongos y otras enfermedades (FIPRODEFO, 2018).

Los problemas vinculados con arbolado urbano detectados son los siguientes:

- Especies inadecuadas en cuanto a tamaño y calidad
- Problemas de espacio con el cableado aéreo
- Espacios inadecuados y pobres en suelo
- La práctica constante de no hacer planeación adecuada
- Mantenimiento inadecuado en cuanto a podas y aspectos fitosanitarios
- Normatividad deficiente
- Desinformación ciudadana
- Malas prácticas por parte de los ciudadanos, juntas de colonos en técnicas de poda -derribo y cuidado.
- Capacitación deficiente de la autoridad, ciudadanía y particulares

A través del proyecto de Visor Urbano (Bloomer Philantropies), con la herramienta de tecnología LiDAR (Light Detection and Rankin) se obtuvo con precisión de 5 cm y semiautomática un conteo de árboles. Donde se estimó que Guadalajara cuenta con un total de 924,349 árboles, según INEGI 2015 reporto una población de 1'460,148 habitantes, por lo cual hay 0.64 árboles por habitante (FIPRODEFO, 2018).

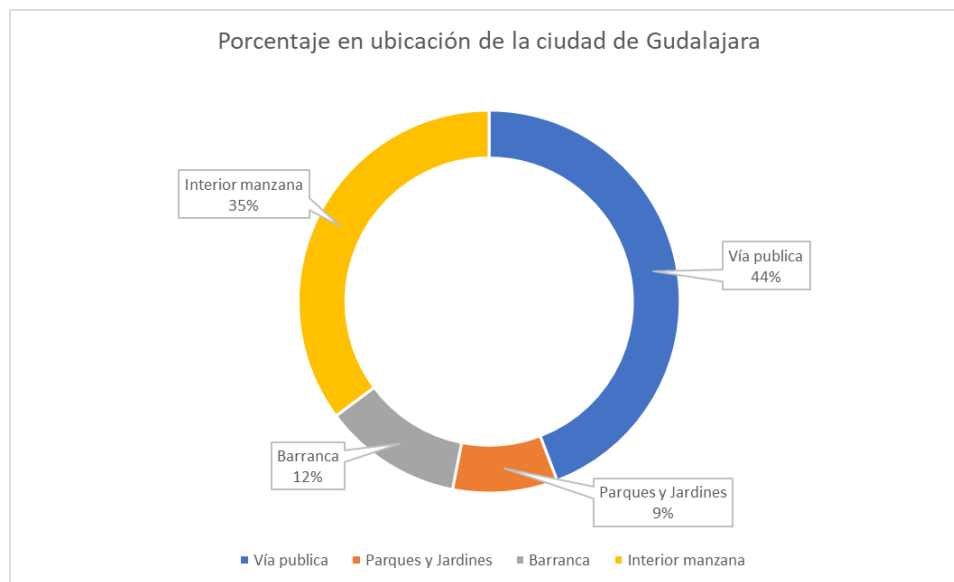
Figura 9. *Número de árboles por habitantes de las distintas zonas de la ciudad de Guadalajara*



Nota: La figura muestra la desigualdad por zona al acceso a este servicio y aun así es muy poco el arbolado por habitante de las zonas de Guadalajara. Fuente: elaboración propia con datos de (FIPRODEFO 2018)

Los árboles de la ciudad de Guadalajara representados en la figura 10, donde puede observarse que están principalmente en la vía pública con un 44.21%, le sigue 35.18 %al interior de las manzanas, 11.74 corresponde a la Barranca de Huentitán y un 8.87% en parques y jardines.

Figura 10. Representación por porcentajes la ubicación del arbolado en la ciudad de Guadalajara.



Nota: La figura nos muestra como la vía pública es la más representada porcentualmente por arbolado.
Fuente: Elaboración propia con datos de (FIPRODEFO, 2018).

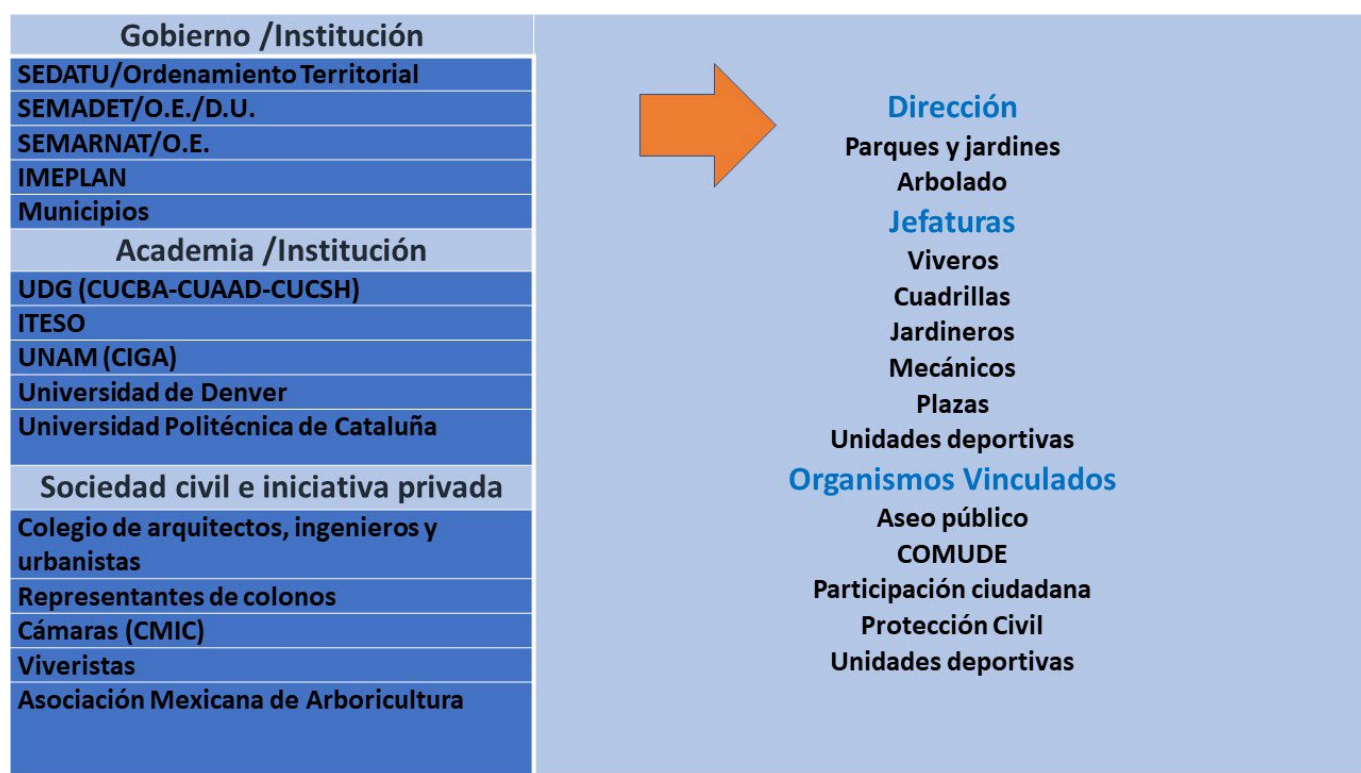
Los problemas detectados a nivel de gestión y administración de áreas verdes a nivel municipal.

De la gestión y operación municipal, las principales causas de la problemática detectadas son:

- Desconocimiento de los beneficios de los servicios ambientales de áreas verdes y arbolado
- Escasez e inadecuada infraestructura y equipamiento para el uso del agua (falta de pipas)
- Mala gestión social en la intervención territorial (colonias)
- Mala gestión programática presupuestal
- Desconocimiento en clasificación de áreas verdes
- La sociedad no está interesada

De los siete municipios analizados por FIPRODEFO, únicamente cuatro de ellos tienen un organigrama completo para la gestión del arbolado y las áreas verdes. En los otros municipios, solo se pudo obtener una visión general de su estructura organizativa con relación a este tema. Cinco de estos municipios cuentan con direcciones especializadas, una para el arbolado y otras para los parques y jardines. En el caso específico del municipio de Guadalajara, se identifica la Coordinación General de Gestión Integral de la Ciudad, donde se encuentra la Dirección de Medio Ambiente. Esta dirección se divide en unidades, siendo una de ellas la Unidad de Arbolado, responsable de la protección y gestión adecuada del arbolado. Esta unidad trabaja en colaboración con la Dirección de Parques y Jardines en la elaboración e implementación de planes de manejo del arbolado.

Figura 11. *Organización municipal en el contexto de actores y sectores encargados del arbolado de las áreas verdes urbanas*



Nota: Es importante identificar a los actores clave encargados para cualquier acción o intervención que se quiera realizar en torno a las áreas verde de la ciudad. Fuente:(FIPRODEFO, 2018).

Los problemas percibidos desde la normatividad y legislación de los 7 municipios del AMG que se detectaron por medio de los talleres:

Según el reporte de FIPRODEFO 2018 de las capacidades municipales para manejo de arbolado y áreas verdes se encontró que los municipios utilizan 12 instrumentos técnicos y no todos reportan uso. Zapopan y Tlajomulco de Zúñiga que cuentan con más superficie de cobertura de bosques naturales utilizan de manera cotidiana la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente la cual es federal y el Programa de Ordenamiento Ecológico Local (POEL).

Causas vinculadas en cuanto a la problemática de la normatividad y legislación de áreas verdes son las siguientes:

- La aplicación de leyes y reglamentos que dependen del criterio del tomador de decisiones en turno
- Los reglamentos no están homologados y tampoco tienen una visión metropolitana
- Existen vacíos en las normas y reglamentos en cuanto a valoración y restitución.

Como podemos observar en la tabla 03 que detalla los instrumentos legales utilizados por municipios. En Guadalajara solo usa la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, son pocos los municipios que usan la legislación federal según la presente tabla.

Tabla 03. Instrumento normativo y de planeación usado por municipio

Municipio	Norma ambiental NAE-SEMADES-001/2003	Ley de protección, Conservación y Fomento de Arbolado y Áreas Verdes Urbanas del Edo. De Jalisco
Tlajomulco	0	1
Guadalajara	1	1
Tlaquepaque	1	0
Tonalá	1	0
El Salto	0	0
Zapopan	1	0
Juanacatlán	0	0

Nota: 1= usado, 0 = No lo usa). Fuente: Elaboración propia con datos de FIPRODEFO, 2018.

En Jalisco existen dos normativas: la NAE-SEMADES 001/2003, que establece los criterios y especificaciones técnicas para el manejo del arbolado en áreas urbanas a través de la poda, derribo y trasplante de árboles; y la NAE-SEMADES 005/2005, que establece los criterios técnicos y ambientales para la selección, planificación, forestación y reforestación de especies arbóreas en zonas urbanas del estado de Jalisco. De las anteriores solo se utiliza la primera en algunos municipios como podemos observar en la tabla de instrumentos normativos. En los municipios donde se puede observar su desuso, lo cual es un indicador de que no se respetan las prácticas comunes de un adecuado manejo del arbolado. La reglamentación y normatividad difiere a nivel municipal ya que en la tabla puede observarse que al menos cuentan con un reglamento de conservación, mantenimiento y preservación, a diferencia de Juanacatlán y El Salto que no cuentan con ninguno en uso.

Tabla 04. Instrumentos normativos y de planeación local que utiliza que utiliza el municipio

Municipio	Reglamento de áreas verdes y recursos forestales	Ley de ingresos	Reglamento de la administración pública municipal	POEL (Programa de ordenamiento ecológico local)	Reglamento municipal de zonificación y sus normas	Reglamento municipal de ecología
Tlajomulco	1	1	0	1	1	1
Guadalajara	1	1	1	0	0	0
Tlaquepaque	0	0	1	0	0	0
Tonalá	0	0	1	0	0	1
El Salto	0	0	0	0	0	0
Zapopan	1	0	0	1	0	0
Juanacatlán	0	0	0	0	0	0

Nota: 1= usado, 0 = No lo usa). Fuente: Elaboración propia con datos de FIPRODEFO, 2018.

Los instrumentos de la planeación de áreas verdes en Guadalajara

El municipio de Guadalajara tiene su propio instrumento para el manejo de áreas verdes comunes de la ciudad. Esta herramienta legal es el “Reglamento de áreas verdes y recursos forestales del municipio de Guadalajara”. Particularmente el Artículo 3 define los objetivos y alcances de este instrumento normativo, y por su relevancia se exponen tácitamente a continuación:

- I. Propiciar los servicios ecosistémicos de las áreas verdes.
- II. Coadyuvar en la política ambiental federal y estatal para contrarrestar los efectos del cambio climático.
- III. Asegurar la restauración, aprovechamiento, conservación y creación de áreas verdes municipales.
- IV. Propiciar la infiltración que recarga los mantos freáticos.
- V. Detener la erosión de los suelos.
- VI. Mejorar la absorción de gases contaminantes.
- VII. Favorecer la presencia y movilidad de la fauna.
- VIII. Contribuir al establecimiento de elementos que consoliden la belleza escénica, disminuyendo el estrés y mejorando los niveles de vida de las personas.
- IX. Maximizar los servicios y beneficios ambientales del arbolado urbano para el desarrollo del ser humano.
- X. Fomentar la cultura ambiental en la población respecto al manejo sostenible del arbolado del municipio y la declaratoria de árboles patrimoniales.
- XI. Propiciar la gestión metropolitana de las áreas verdes y del cuidado del patrimonio forestal del municipio (Ayuntamiento de Guadalajara, 2017).

Esta investigación es relevante para el artículo 39, el cual hace referencia a las consideraciones y observaciones que deben tomarse en cuenta al momento de planificar la plantación de árboles y arbustos en lugares públicos, cita textual del reglamento: "I. Que sean preferentemente de especies nativas y las cuales se tenga documentado su resistencia y sobrevivencia en espacios urbanos".

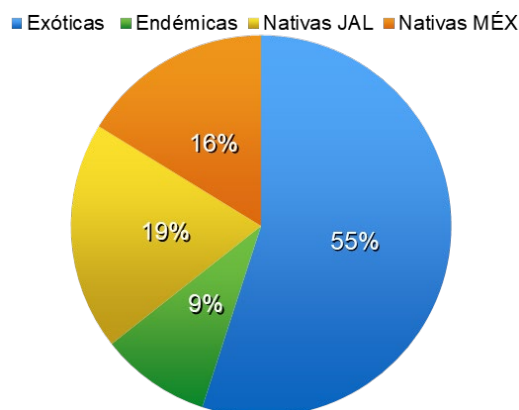
Un concepto sistemático que no es abordado en dicho documento es el de las especies endémicas y nativas. El primer término hace referencia a especies que solo habitan un espacio territorial determinado, además de ser especies pertenecientes a los ecosistemas inmediatos del municipio y que solo se encuentran localizadas en esa región, en cuanto al segundo término es el que corresponde a especies que se distribuyen dentro de la extensión territorial de la república mexicana. Lo anteriormente mencionado en el artículo exhibe la falta de consideración de implementar en las áreas verdes las especies endémicas y nativas, esto puede considerarse como grave pero lo más grave es lo contradictorio de la información

que presenta un listado de especies propuestas según las diferentes especificaciones de dimensiones del espacio público.

El artículo 46 al artículo 50 documentan en un listado las especies y sus características para forestar y reforestar el espacio público, a partir de este se elaboró la siguiente figura 05, donde se representan las especies de arbolado mediante porcentajes según su origen. El resultado muestra que la representación de especies exóticas esta por arriba del 50 % de las especies, y eso sin tener los datos de referencia de cuantas de ellas ya están plantadas dentro de los espacios públicos de la ciudad.

El Reglamento es el marco jurídico en el que se contextualiza el presente trabajo ya que, dicho instrumento se enfoca en la selección, instalación, mantenimiento y recomendación de especies botánicas, que se recomiendan para las diversas especificaciones del espacio público.

Figura 12. Especies dentro del reglamento de áreas verdes de Guadalajara



Nota: Esta figura fue elaborada a partir de datos de REGLAMENTO DE ÁREAS VERDES Y RECURSOS FORESTALES DEL MUNICIPIO DE GUADALAJARA, fuente: Ayuntamiento de Guadalajara (2017).

El análisis de este instrumento utilizado para regular la gestión y manejo adecuado de las áreas verdes de la ciudad de Guadalajara solo refleja el hecho de una conectividad inexistente entre el diseño de áreas verdes y sus ecosistemas inmediatos o bien sus espacios no urbanizables, como lo es con la Barranca de Huentitán.

Este estudio aportaría datos que actualizarán y aportarán al listado de especies existente, donde su mayoría corresponde a especies exóticas en lugar de nativas y endémicas. Lo anterior podrá enriquecer el listado del reglamento y además aportar información de indicadores generados por datos de servicios ecosistémicos que provee el arbolado de la Barranca de Huentitán a la ciudad de Guadalajara y estos podrán usarse para reformular este instrumento además de sentar bases de una mejor gestión en cuanto a las áreas verdes de la ciudad y añadir el valor agregado de los servicios ecosistémicos al momento de la planeación de algún área verde.

2.2 Referencias conceptuales del tema

Este trabajo se basa en varios conceptos fundamentales para orientar el enfoque y la construcción de soluciones innovadoras en el ámbito de las áreas verdes y los servicios ecosistémicos en entornos urbanos. En primer lugar, se centra en los servicios ecosistémicos, que son los beneficios que los ecosistemas proporcionan a las personas principalmente a los servicios de regulación y culturales. Otro concepto clave es el de áreas verdes, que son espacios naturales o vegetados dentro de las ciudades. La conectividad y el paisaje son conceptos que se exploran para comprender mejor la relación entre las áreas verdes y el entorno urbano. Estos conceptos ayudan a analizar la situación actual y a identificar posibles soluciones. Por último, se consideran las soluciones basadas en la naturaleza y la ecología urbana como enfoques importantes para desarrollar estrategias de intervención efectivas.

2.2.1 Servicios Ecosistémicos

Los servicios ecosistémicos se definen como los beneficios que la población humana obtiene directa o indirectamente de las funciones de los ecosistemas (MEA, 2005). Estos servicios pueden ser funciones, procesos o componentes naturales que satisfacen las necesidades humanas y contribuyen al bienestar humano. Son los aspectos de los ecosistemas utilizados para producir bienestar y pueden incluir bienes como alimentos y servicios como la asimilación de residuos. Los servicios ecosistémicos son una forma en la que los ecosistemas naturales y las especies que los componen sustentan y satisfacen la vida humana (Avendaño, 2020). Las numerosas definiciones y clasificaciones de los servicios ecosistémicos están documentadas en el anexo 3, la definición más difundida y usada es el de MEA 2005 por lo cual es el que se usara en el presente trabajo de investigación, y en cuanto a su clasificación de los servicios ecosistémicos usaremos solo dos:

Servicios de regulación: Los obtenidos de la regulación de procesos de los ecosistemas como, la regulación de clima, regulación de enfermedades, regulación y saneamiento del agua, polinización (Caballero, 2014).

Servicios culturales: beneficios no materiales obtenidos de los ecosistemas, como lo es el espiritual o religioso, recreativo o turístico, estético e inspirativo, el educativo, de identidad y herencia cultural (Caballero, 2014).

Se sugiere como una definición para hacerla más complementaria según las definiciones de los diferentes autores y por definición propia que:

“Los Servicios Ecosistémicos pueden definirse: como los bienes y servicios que proporcionan la diversidad de ecosistemas, la calidad de estos y su aseguramiento corresponderá directamente al grado de conservación y protección que ejerza sobre el “Capital Natural” tanto local, regional y global. Esto siempre y cuando la gestión pública y la sociedad civil lo logre mediante acciones. Con la finalidad de que esos servicios sean extensivos y no comprometan el acceso de las generaciones futuras. Planteando a su vez una visión a largo plazo para mantenimiento de los ecosistemas que son los directos proveedores de estos servicios. Partiendo desde un principio básico, en donde se reconoce que los SE son

indispensables para asegurar la sustentabilidad y sostenibilidad de toda clase de vida en el planeta”.

2.2.2 Áreas verdes

El concepto de área verde es muy amplio y tiene más de un significado. Algunos autores lo definen como “cualquier superficie vegetada valorada por su contribución ambiental dentro de las ciudades y desde un enfoque ecológico constituye un elemento fundamental dentro de los ecosistemas urbanos”. También se considera a las áreas verdes como parte del espacio público, hace referencia de estos lugares a partir de la colectividad donde es considerado un espacio que refuerza la interacción social a través de actividades.

Se considera que el área verde representa un enfoque planificado, integrado y sistemático donde se hace uso del arbolado, arbustos y plantas, en si la vegetación dentro de la ciudad. A partir del concepto social del espacio abierto valorado y cosificado por las funciones sociales que aporta a la ciudad, donde éste refuerza el tejido social. Las áreas verdes que son espacios abiertos pueden igualmente ser aprovechadas directamente por los usuarios mediante los servicios ecosistémicos culturales que ofrecen tales como actividades de recreación, deportes etc. Estas, además, son importantes para lograr una influencia social positiva dentro de las áreas urbanas (Reyes, 2018).

2.2.3 Conectividad y paisaje en las ciudades

La conectividad del paisaje permite el intercambio de flujos ecológicos entre hábitats y depende de la estructura del paisaje, como la permeabilidad y la presencia de corredores y puntos de paso. La relación entre la conectividad del paisaje y los servicios ecosistémicos es compleja, y su estudio ha sido realizado principalmente en países como Brasil, México, Argentina, Chile y Colombia. Se enfatiza la importancia de emprender acciones para la conservación, restauración y uso sostenible de los ecosistemas a fin de preservar sus servicios y funcionalidad (Legía, 2021).

2.2.4 Ecología urbana

La ecología urbana es un campo de estudio interdisciplinario que reconoce la interconexión entre los aspectos sociales y ecológicos en la evolución de los paisajes urbanos. Aunque ha habido una falta de enfoque en la ecología de los sistemas ecológicos urbanos en el pasado, es cada vez más necesario generar conocimiento sobre los ecosistemas urbanos y su planificación. La mayoría de la población humana vive en áreas urbanas y depende de una planificación ambiental efectiva para mantener una buena calidad de vida. La arquitectura y la planificación urbana deben evolucionar para promover ciudades sostenibles, y la ecología urbana desempeña un papel clave en este proceso. Es importante destacar la distinción entre la ecología "en" las ciudades y la ecología "de" las ciudades, enfatizando la importancia de incluir los servicios ecosistémicos tanto dentro como fuera de los límites urbanos. Esto implica la creación de entornos urbanos saludables y funcionales, así como la comprensión de la dependencia de las ciudades del paisaje circundante y la interacción constante entre lo urbano y lo rural (Zapperi, 2022).

2.2.5 Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN)

Las soluciones basadas en la naturaleza (SbN) son un enfoque efectivo y adaptable para abordar desafíos sociales y ambientales, como el cambio climático y la seguridad alimentaria. Estas soluciones se centran en la protección, gestión y restauración sostenible de los ecosistemas y se inspiran en los procesos naturales para mejorar la gestión del agua, el suelo, el clima y los riesgos en las ciudades. Las SbN ofrecen beneficios tanto para el bienestar humano como para la biodiversidad, y pueden implicar la mejora de los ecosistemas modificados o artificiales. Para lograr ciudades sostenibles, es esencial incorporar las SbN en la planificación y gestión urbana, aprovechando los servicios que brindan los bosques, parques y áreas verdes para regular el clima, mejorar la calidad del aire, reducir el riesgo de inundaciones y promover la salud y la cohesión social (Zucchetti, 2020). Las áreas verdes también proporcionan continuidad ecológica a diferentes escalas y contribuyen a la mitigación de los efectos de la contaminación. Es necesario aumentar los estándares de vegetación urbana y árboles en las ciudades para mejorar la calidad de vida de sus habitantes.

3. Diseño metodológico

3.1 Hipótesis o supuesto de trabajo

Si se estima el valor de los servicios ecosistémicos de regulación y sociales proporcionados por el arbolado de la Barranca de Huentitán para el área metropolitana de Guadalajara, se podrá mejorar la gestión del espacio destinado a las áreas verdes. Utilizando esa información para el desarrollo de estrategias que fomenten la conectividad y permeabilidad de estos servicios en la relación entre las áreas verdes de la ciudad y sus áreas verdes periféricas no urbanizables, de las cuales algunas están clasificadas dentro de la declaratoria de Áreas Naturales Protegidas (ANP'S).

Para lo anterior es fundamental incorporar la flora nativa y endémica en las áreas verdes urbanas, ya que la presencia de especies exóticas provoca la sustitución de especies nativas, lo cual afecta negativamente el correcto funcionamiento de los ecosistemas regionales. Esta situación ejerce presión sobre la pérdida de biodiversidad, lo que a su vez conlleva la disminución de los servicios ecosistémicos disponibles.

3.2 Preguntas generadoras

- 1.- ¿Como se pueden potenciar y permear los SE del arbolado Barranca de Huentitán hacia la ciudad Guadalajara?
- 2.- ¿Como podrían los datos de SE del arbolado para orientar la planeación de infraestructura verde con la finalidad de permear los SE a la ciudad?
- 3.- ¿Los habitantes de Guadalajara conocen, valoran y hacen uso de las especies de arbolado de la Barranca?
- 4.- ¿Qué valor e importancia le confieren a la Barranca los habitantes de la ciudad?
- 5.- ¿Los habitantes de la ciudad reconocen los SE ecosistémicos que provee la Barranca a la ciudad de Guadalajara
- 5- ¿Qué datos de SE del arbolado de la Barranca pueden orientar la planeación de áreas verdes de la ciudad?

6.- ¿Cómo pueden recuperarse los SE del arbolado de la Barranca en áreas verdes urbanas?

7.- ¿Qué carencias tienen las áreas verdes en cuanto a SE y la existencia de especies de arbolado endémicas y nativas?

3.3 Objetivos

3.3.1 Objetivo general

Elaborar herramientas y recursos que faciliten las acciones dirigidas a promover prácticas que fortalezcan la recuperación y permeabilidad de los servicios ecosistémicos a través del diseño de áreas verdes que incluyan árboles y vegetación nativa de la Barranca de Huentitán.

Estos instrumentos simplificarán la implementación de estrategias que contribuyan a maximizar los beneficios ambientales y sociales que brindan estos espacios verdes urbanos, además generar a la par conectividad e identidad con las áreas verdes periféricas y la ciudad de Guadalajara.

3.4 Elección metodológica

Este trabajo se llevó a cabo empleando un enfoque metodológico mixto y multidisciplinar, que integró tanto métodos cuantitativos como cualitativos para abordar de manera más completa la valoración de los servicios ecosistémicos. En cuanto al método cuantitativo, se utilizó información geoespacial disponible de CONAFOR, así también se diseñó y planifico trabajo de campo para coleccionar información dasométrica del arbolado urbano de colonias cercanas a la Barranca de Huentitán para realizar y asegurar la recopilación de datos objetivos y verificables.

Por otro lado, se aplicaron procedimientos del método cualitativo con el propósito de comprender los aspectos sociales para valoración de los servicios ecosistémicos sociales donde a la par surgieron otros aspectos sociales culturales que le dan vida a este espacio

público. Esto implicó analizar y recopilar la opinión e información de la población obteniendo así información subjetiva y enriquecedora en cuanto a inesperados hallazgos.

El paradigma metodológico que se adoptó como base para el desarrollo de este trabajo es:

-
- 1. Paradigma crítico-transformador: que se aplicó con el objetivo de proponer soluciones aplicables que puedan influir y transformar la realidad observada. Se buscó identificar, abordar las demandas sociales y ecológicas identificadas, con la aspiración de generar un impacto positivo y generar cambios significativos en el paradigma de la concepción y planeación de un área verde urbana con vegetación nativa y mediante la producción de servicios ecosistémicos.

3.5 Selección de técnicas y diseño de instrumentos

El proyecto para la obtención de la información para servicios ecosistémicos de regulación y culturales se desarrolló en 3 fases:

La primera corresponde a toda la información correspondiente al arbolado de la zona de estudio que es la Barranca de Huentitán y sus límites con la ciudad de Guadalajara.

La segunda fase es el diseño de instrumentos de colecta de la información para servicios ecosistémicos culturales que se obtendrá mediante la observación directa y mediante un cuestionario.

La tercera fase es la generación, análisis estadístico de datos y la elaboración de productos.

Herramientas utilizadas para obtener la información:

- Revisión documental, para consultar materiales de fuentes bibliográficas y geoespaciales disponibles.

- Observación directa, para registrar en sitio las condiciones actuales del área objeto de estudio.
- Cuestionario, para conocer la opinión y percepción de la población acerca de su percepción de la Barranca de Huentitán, así como la percepción de los servicios que brinda el arbolado a la ciudad.
- Levantamiento de datos e información del arbolado urbano adaptando la metodología del inventario nacional forestal según los datos que son necesarios para su procesamiento con la herramienta de i-Tree.

Descripción detallada de la metodología

Objetivo General	Elaborar herramientas y recursos que faciliten las acciones dirigidas a promover prácticas que fortalezcan la recuperación y permeabilidad de los servicios ecosistémicos a través del diseño de áreas verdes que incluyan árboles y vegetación nativa de la Barranca de Huentitán.			
Objetivos específicos	Actividades	Meta	Tiempo	Metodología
1) Colectar datos dasométricos del arbolado de la Barranca de Huentitán 2) Colectar información social e interacción	1) Seleccionar muestra 2) Buscar fuentes de información existentes	1) Delimitar zona de muestreo 2) Hacer bases de datos de la información existente	4 meses	1) Elaboración de cartografía y zona de selección mediante Sistemas de información geográfica (Arcgis o QGIS) 2) Elaboración de formato de colecta de datos campo 3) Elaboración de encuestas

Objetivo General	Elaborar herramientas y recursos que faciliten las acciones dirigidas a promover prácticas que fortalezcan la recuperación y permeabilidad de los servicios ecosistémicos a través del diseño de áreas verdes que incluyan árboles y vegetación nativa de la Barranca de Huentitán.			
Sistematización de la información y procesamiento 1) Dasométrica 2) Social	1) Capturar y trabajar con la información obtenida	1) Obtener servicios ecosistémicos por la zona y por especies de arbolado 2) Obtener y analizar información social obtenida	4 meses	1) Aplicación i-Tree Eco 2) Analizar encuestas, herramienta aun no seleccionada
1) Elaboración de base de datos con los datos 2) Elaboración fichas por especie 3) Paleta Vegetal 4) Calculadora para diseño de áreas verdes.	1) Diseño y clasificación de fotos, así como vaciado de información. 2) Obtención de datos. 3) Revisión de los datos. 4) Diseño de la paleta vegetal 5) Diseño de Prototipo calculadora.	1) Fichas infográficas por especie analizada 2) Paleta vegetal 3) Prototipo de calculadora	2 meses	1) Fotos e información 2) Con información obtenida, fotos y diseñador gráfico 3) Excel

Procesamiento de la información dasométrica obtenida del arbolado de la Barranca de Huentitán y arbolado urbano para evaluación de servicios ecosistémicos de regulación.

Se utilizó el software de i-Tree ECO, el modelo emplea datos dendrométricos obtenidos de inventarios forestales y evaluación de la condición del arbolado, así como la información del clima y contaminantes atmosféricos para estimar las características estructurales de la población arbórea y los servicios ecosistémicos que provee (Graciano, 2018).

El programa de i-Tree Eco se ha adaptado a México con el cual se podrá conocer y estimar:

Estructura: Composición de especies, numero de árboles, densidad y condición de salud de arbolado entre otros.

Carbono: reservorio. de carbono total del arbolado y tasa de captura de carbono anual.

Reducción de contaminantes (calidad de aire): cantidad de contaminantes (O3, NO2, SO2, CO y PM2.5) removidos por hora del arbolado y porcentaje asociado al mejoramiento de la calidad del aire a lo largo del año.

Control de escurrimientos: cantidad de escurrimientos controlados y atribuidos por cada especie arbórea y estrato.

Bioemisiones: compuestos volátiles orgánicos (VOC por sus siglas en inglés) por hora a nivel de género y especie.

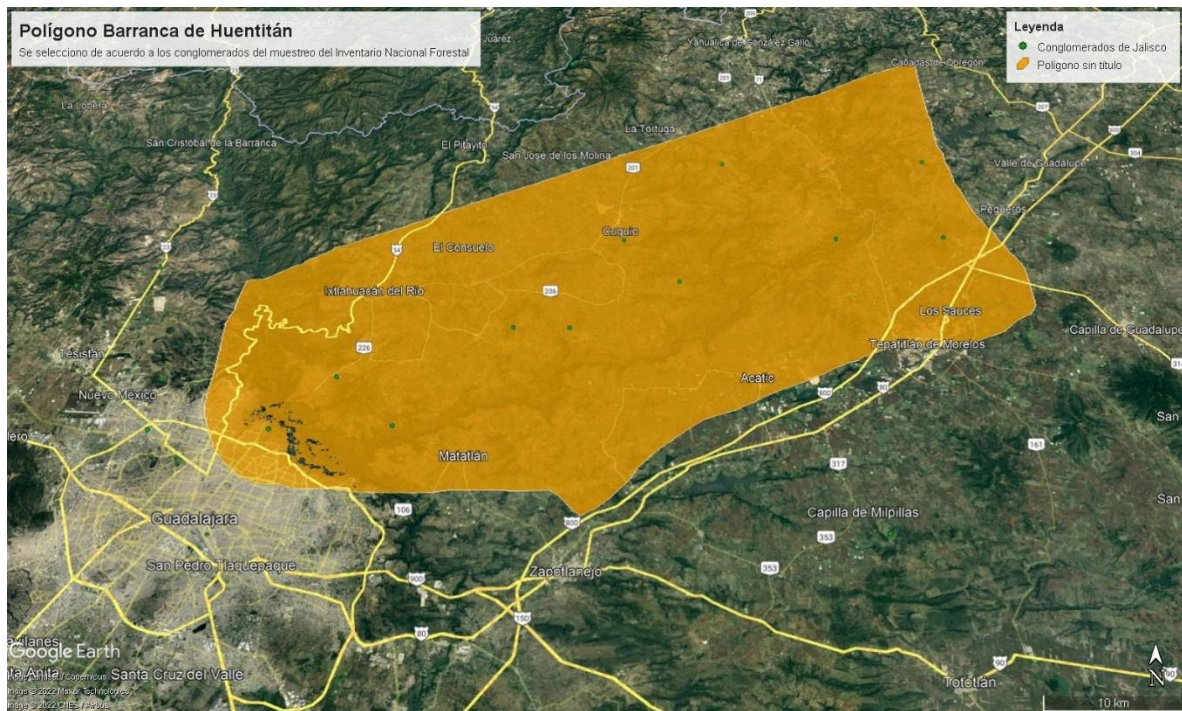
Valoración: estimación del valor económico de los servicios ambientales que provee el arbolado.

Pronósticos: modela el crecimiento de los árboles y del bosque en el tiempo, considerando factores de mortalidad, tasa de crecimiento, nuevas plantaciones e impactos de plagas y enfermedades. Además, permite estimar en el tiempo el repertorio de carbono y la remoción de contaminantes (Graciano, 2018).

Adquisición de información del Inventario Nacional Forestal y de suelos Infy's de la CONAFOR.

Se selecciono un polígono para delimitar la solicitud de información sobre el arbolado de los puntos de muestreo de los conglomerados del Inventario Nacional Forestal y de Suelos., Dentro de este polígono se encontró información de 25 conglomerados o sitios de muestreo con información de arbolado de la Barranca de Huentitán entregados en un archivo shape-file por la CONAFOR, para poder procesarla y obtener datos de los servicios ecosistémicos de regulación.

Figura 13. *Polígono del cual se solicitó información del Infy's (Inventario Nacional y de suelos).*



Nota: Este se elaboró a partir de la malla de puntos del Infy's donde se eligieron 221 hectáreas posibilitando un mayor número de sitios de muestreo, para obtener la mayor información del arbolado, la carta de colaboración se encuentra en anexo 01. Fuente: Elaboración propia con la herramienta de Google Earth.

Obtención de datos de arbolado urbano.

Se selecciono un polígono de muestreo con colonias cercanas a la Barranca de Huentitán - Capilla y camino empedrado, por Av. Belisario Domínguez y Dr. Atl. Guadalajara Jal. Donde se seleccionó una superficie de 4,000 metros cuadrados, donde se tomaron datos de 164 árboles y 43 especies diferentes. Esta cobertura resulto ser superior a la correspondiente de la muestra de 311 árboles del Infy's y así comparar los resultados con los obtenidos de los árboles de la ciudad y la diferencia en los servicios ecosistémicos calculado con i-Tree.

Figura 14. Polígonos de levantamiento de información dasométrica del arbolado urbano



Fuente: elaboración propia con la herramienta de Google Earth.

Elaboración de la paleta vegetal

Para elaborar la paleta vegetal se realizaron los siguientes pasos:

- Con la información obtenida del procesamiento de datos en i-Tree se elaboró una base de datos con las especies obtenidas de la Barranca de Huentitán y sus respectivos servicios ecosistémicos de regulación resultantes del procesamiento de la información dasométrica con el software de i-Tree.
- Se consultó la base de datos de CONABIO donde se obtuvieron las fotos de las especies: <https://enciclovida.mx/> y <https://www.naturalista.mx/>
- Revisión documental, para consultar materiales de fuentes bibliográficas sobre datos de la fenología, características y otros servicios ecosistémicos de las especies de arbolado de la Barranca de Huentitán y los requisitos para plantaciones de arbolado en los diferentes espacios urbanos.
- El diseño se trabajó directamente con una diseñadora gráfica.

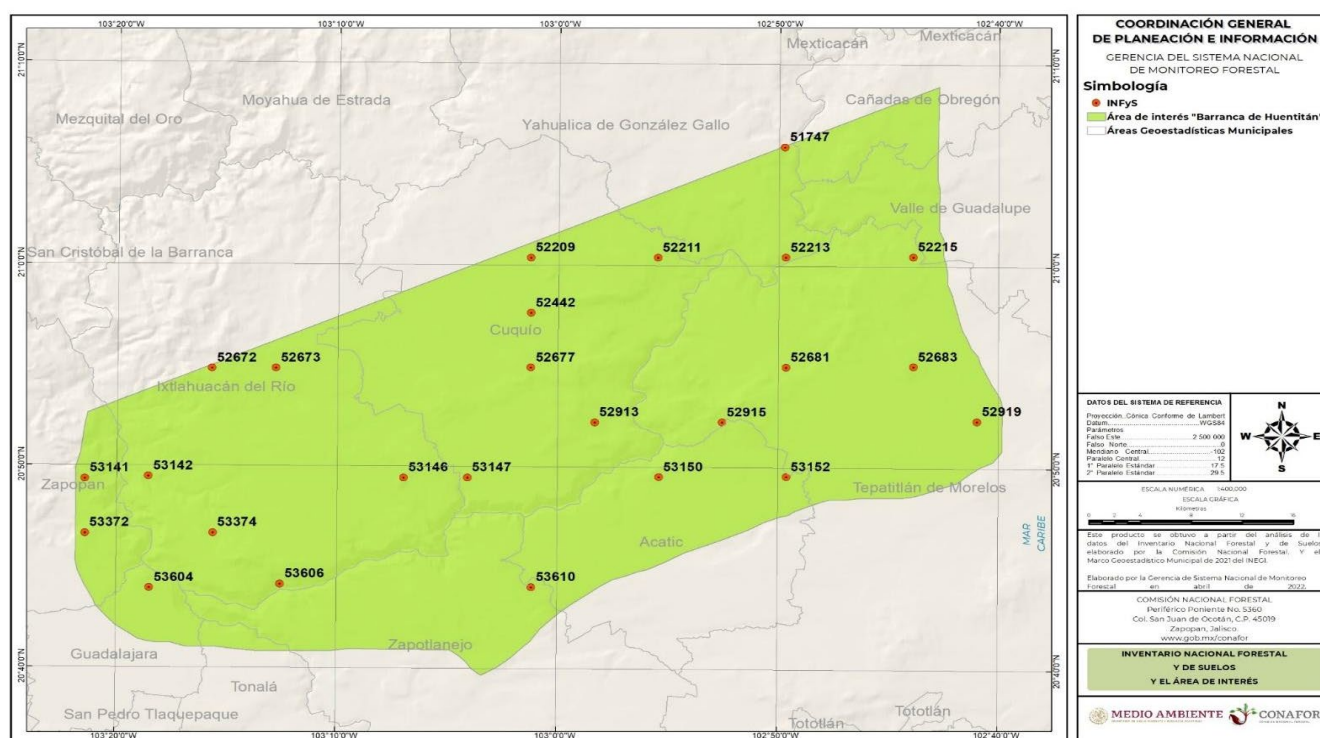
Elaboración del prototipo de la calculadora de planeación de áreas verdes por sus servicios ecosistémicos

- Con la información obtenida del procesamiento de datos en i-Tree se elaboró una base de datos con las especies obtenidas de la Barranca de Huentitán y sus respectivos servicios ecosistémicos de regulación resultantes del procesamiento de la información dasométrica con el software de i-Tree.
- En Excel mediante sus fórmulas se elaboró el prototipo para calcular SE de regulación por especie y por cantidad de árboles, los servicios ecosistémicos que proveen en unidad de medida y pesos mexicanos.
- Revisión documental, para consultar materiales de fuentes bibliográficas sobre los requisitos para plantaciones de arbolado en los diferentes espacios urbanos.

4. Análisis, desarrollo de la propuesta y resultados

4.1 Servicios ecosistémicos de regulación que provee el arbolado de la Barranca de Huentitán

Figura 15. Datos (DatArbCon-27052022) obtenidos del Inventario Nacional Forestal y de Suelos (INFyS).



Nota: Dentro de este polígono se obtuvo información de 25 conglomerados y de 1294 árboles. Fuente: CONAFOR, 2022.

El arbolado de la Barranca de Huentitán y sus servicios ecosistémicos

La evaluación de la estructura, la función y el valor de la vegetación de la Barranca Huentitán se llevó a cabo durante 2022 con datos (DatArbCon-27052022) del año 2012 y 2013 del proyecto del Inventario Nacional Forestal y de Suelos (INFyS) que proporciono la Comisión nacional Forestal (CNF). Se analizaron datos de 311 árboles localizados a lo largo de Barranca Huentitán mediante el software de i-Tree Eco desarrollado por el Servicio Forestal de EEUU (USFS).

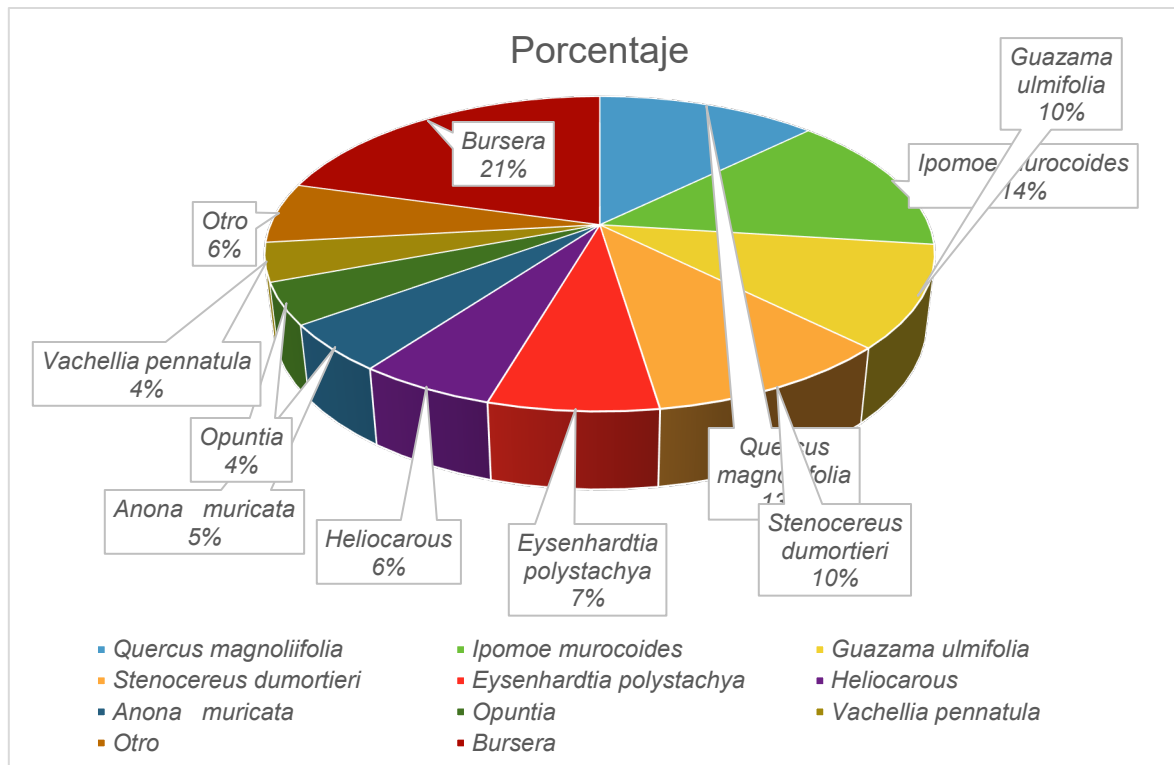
Resumen de los datos:

- Número de árboles: 311
- Cobertura arbórea: 2084 metro cuadrado
- Especies más comunes de árboles: *Bursera*, *Ipomoea murucoides*, *Quercus magnoliifolia*
- Porcentaje de árboles menores a 6" (15.2 cm) de diámetro: 79.1 %
- Eliminación de la contaminación: 12.67 kilogramos/año (Mex\$5.76 mil/año)
- Almacenamiento de carbono: 18.85 tonelada métrica (Mex\$69.5 mil)
- Secuestro de carbono: 2.094 tonelada métrica (Mex\$7.72 mil/año)
- Producción de oxígeno: 5.584 tonelada métrica/año
- Valores de sustituciones: Mex\$903 mil

Características del muestro del 311 árbol de la Barranca de Huentitán

En la Barranca de Huentitán donde se muestreo 311 árboles, el género de *Bursera* resulto ser el predominante. Las tres especies más comunes son *Bursera* (20.3 por ciento), *Ipomoea murucoides* (14.1 por ciento) y *Quercus magnoliifolia* (12.5 por ciento).

Figura 16. Composición de especies de árboles de la Barranca de Huentitán



Nota: Información obtenida del procesamiento de datos con i-Tree.

Cobertura del bosque (Selva Baja Caducifolia) y área foliar, componentes arbóreos de la Barranca de Huentitán

Los árboles ofrecen una amplia gama de beneficios, los cuales están estrechamente vinculados a la cantidad de área foliar saludable que poseen las plantas. En el área de la Barranca de Huentitán, se ha registrado la presencia de un total de 311 árboles que abarcan aproximadamente 2,084 metros cuadrados de terreno, lo que equivale a una extensión de 0.3109 hectáreas de área foliar. Dentro de la barranca, se destaca la presencia de los géneros *Bursera*, *Ipomoea* y *Heliocarpus* como los más predominantes en términos de área foliar. En la tabla 05 se enlistan las 10 especies con los valores de importancia más altos, los cuales se calculan considerando tanto el porcentaje de población como el porcentaje de área foliar. Estos valores de importancia elevados indican que los árboles pertenecientes a estas especies son aquellos que actualmente ejercen un dominio sobre la estructura del bosque en la zona.

Tabla 05. Especies más importantes de la Barranca de Huentitán

Nombre de la especie	Porcentaje población %	Porcentaje del área de las hojas%	IV
<i>Bursera</i>	20.3	16.4	36.7
<i>Ipomoea murucoides</i>	14.1	16.0	30.2
<i>Quercus magnoliifolia</i>	12.5	11.9	24.4
<i>Heliocarpus</i>	5.5	13.8	19.3
<i>Guazuma ulmifolia</i>	10.3	8.0	18.3
<i>Stenocereus dumortieri</i>	10.0	7.8	17.8
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	8.4	1.8	10.1
<i>Pseudobombax ellipticum</i>	0.3	7.5	7.8
<i>Vachellia pennatula</i>	3.9	3.2	7.1
<i>Annona muricata</i>	4.8	1.9	6.8

Nota: Información resultante es de origen del procesamiento de datos con i-Tree

Eliminación de la contaminación del aire por árboles, características importantes para su uso en la ciudad

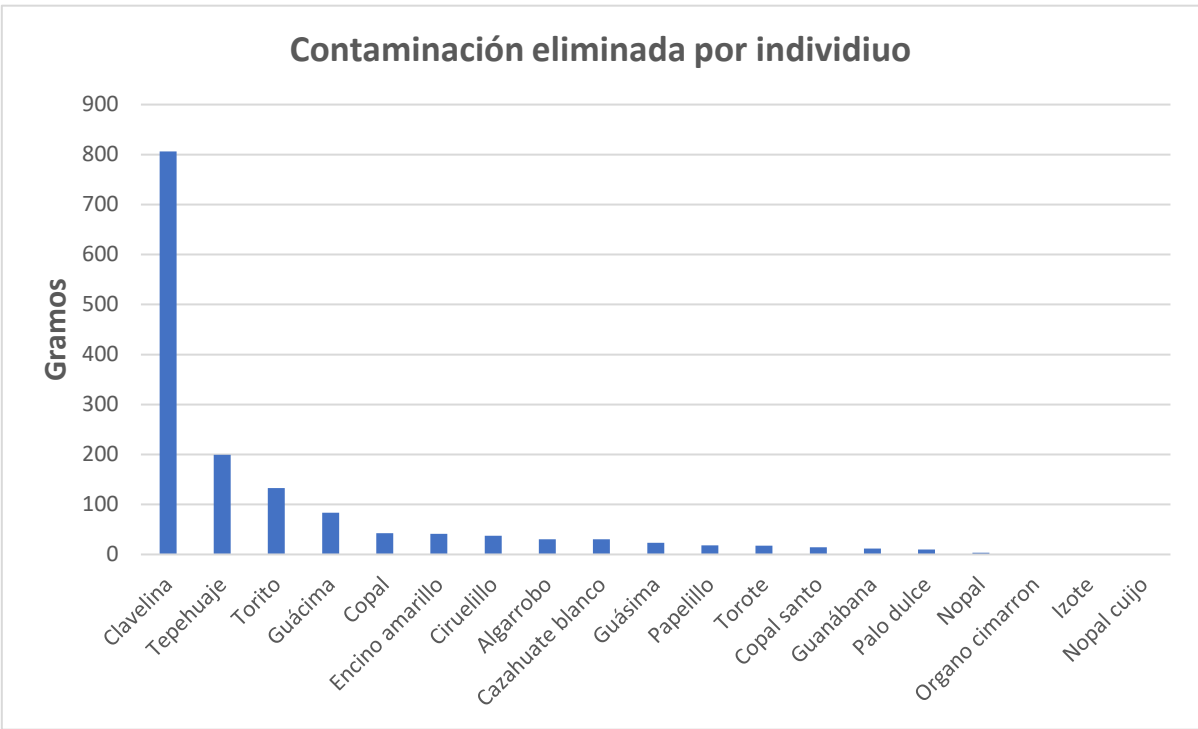
La calidad deficiente del aire es un problema común en muchas áreas urbanas y puede tener impactos negativos en la salud humana, los materiales del paisaje, los procesos ecológicos y la visibilidad (Briones, 2022). En este contexto, los bosques urbanos desempeñan un papel

crucial en la mejora de la calidad del aire al reducir la temperatura del aire, actuar como filtros naturales para eliminar contaminantes atmosféricos y disminuir la demanda de energía de los edificios, lo que a su vez reduce las emisiones contaminantes generadas por fuentes de energía eléctrica (Molina, 2012). Además, investigaciones integradas demuestran que un aumento en la cobertura arbórea conlleva una reducción en la formación de ozono en el aire. Estudios de modelado revelan que los árboles urbanos generalmente disminuyen las concentraciones de ozono en las ciudades, y sus efectos en el entorno físico y químico, como las temperaturas del aire, los patrones de viento y las capas de mezcla, contribuyen a este proceso.

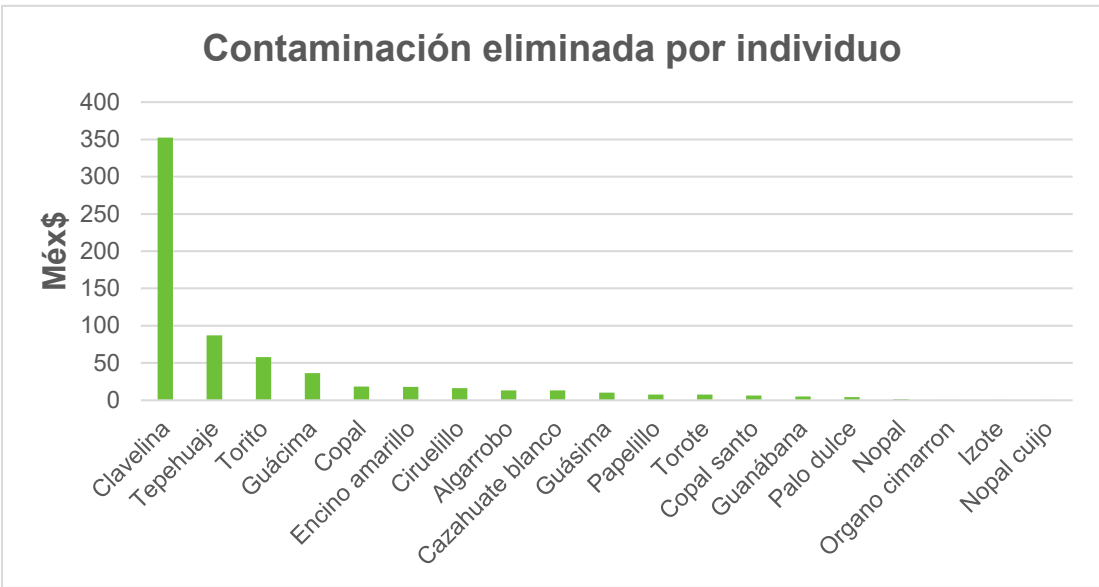
Basándose en estas investigaciones, la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (US EPA) ha publicado una guía que sugiere medidas como la "plantación estratégica de árboles" para ser incorporadas en los planes estatales de implementación con el objetivo de ayudar a los estados a cumplir con los estándares nacionales de calidad del aire ambiental. Estos hallazgos respaldan la importancia de promover y conservar los bosques urbanos como parte de estrategias integrales para mejorar la calidad del aire en entornos urbanos y proteger la salud y el bienestar de los residentes. (Nowak & Dwyer, 2010). En el caso de la Barranca de Huentitán, se llevó a cabo un cálculo de la remoción de contaminantes atmosféricos por parte de los árboles utilizando datos de campo y datos disponibles sobre la contaminación y las condiciones climáticas. La remoción de contaminantes resultó ser mayor para el ozono (Figura 7). Se estima que los árboles eliminaron alrededor de 12.67 kilogramos de contaminantes atmosféricos, incluyendo ozono (O₃), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO₂), material particulado menor a 2.5 micrones (PM_{2.5}), material particulado menor a 10 micrones y mayor a 2.5 micrones (PM₁₀*), y dióxido de azufre (SO₂), en un año, con un valor económico estimado de aproximadamente Mex\$5.76 mil.

Figura 17. Eliminación anual de la contaminación por arboles de la Barranca de Huentitán

A) En unidad de medida de gramos.



B) Valor en pesos Méx.



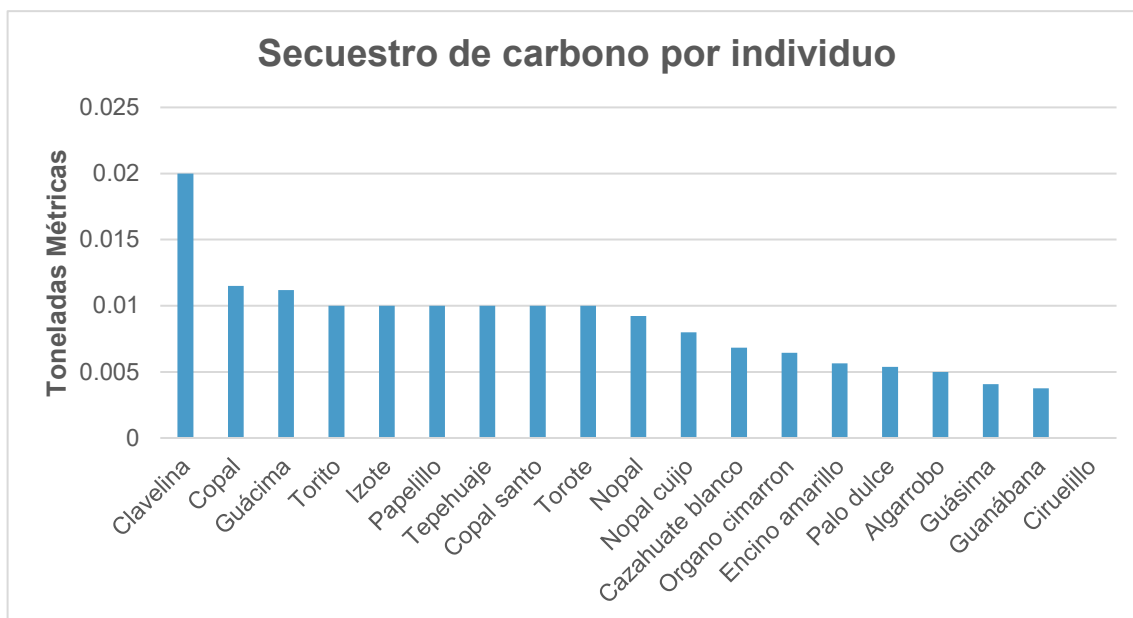
Nota: Resultados del procesamiento de datos con i-Tree.

Almacenamiento y secuestro de carbono

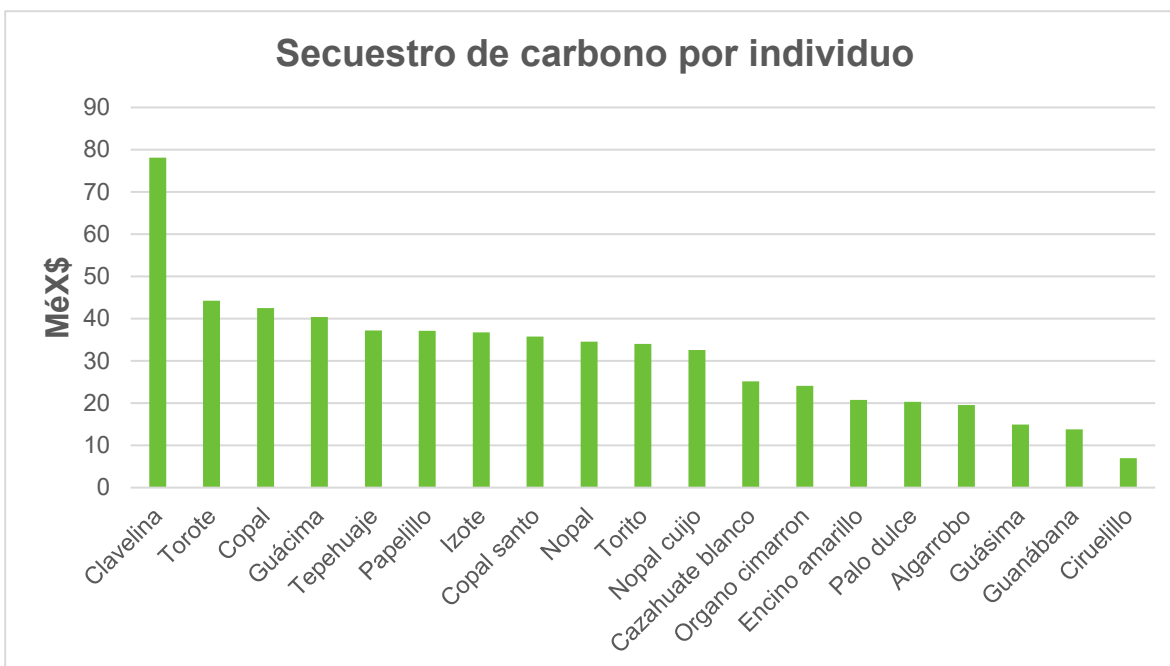
El cambio climático es un desafío global que nos preocupa. Los árboles desempeñan un papel importante en la mitigación del cambio climático en las ciudades al capturar el carbono atmosférico (dióxido de carbono) en sus tejidos y al influir en el uso de energía en los edificios, lo que a su vez afecta las emisiones de dióxido de carbono de las fuentes de combustibles fósiles (Abdollahi, 2000). Los árboles reducen la cantidad de carbono en la atmósfera al almacenarlo en su crecimiento anual, y este proceso continuará si los árboles se mantienen adecuadamente. La cantidad de carbono capturado anualmente aumenta con el tamaño y la salud de los árboles. En la Barranca de Huentitán, se estima que los árboles capturan aproximadamente 2.094 toneladas métricas de carbono por año, con un valor asociado de Mex\$7.72 mil.

Figura 18. Secuestro de carbono por especies de árboles de la Barranca de Huentitán

A) En unidad de medida toneladas métricas



B) Valor en pesos Mex\$



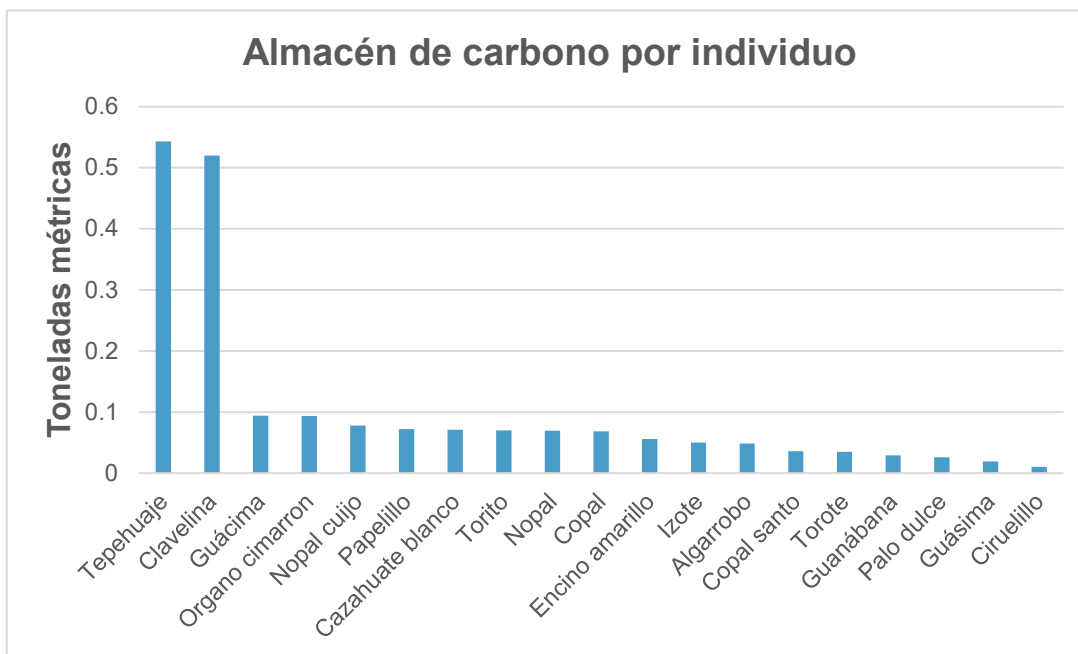
Nota: Resultados del procesamiento de datos con i-Tree

El almacenamiento de carbono es una forma en la cual los árboles pueden impactar en el cambio climático a nivel mundial, a medida que los árboles crecen, acumulan carbono en su estructura (Vera, 2020). Sin embargo, cuando los árboles mueren y se descomponen, gran parte de ese carbono almacenado es liberado nuevamente a la atmósfera, por lo tanto, la cantidad de carbono almacenado en los árboles es un indicador de la cantidad potencial de carbono que podría ser liberado si permitimos que los árboles mueran y se descompongan (Carrere, 2011). Es crucial mantener la salud de los árboles para asegurar que el carbono permanezca almacenado en ellos. No obstante, también debemos tener en cuenta que el mantenimiento de los árboles puede contribuir a las emisiones de carbono. Cuando un árbol muere, una forma de reducir las emisiones de carbono derivadas de la descomposición de la madera es utilizarla en productos de madera a largo plazo, como en la construcción de edificios o en la generación de energía térmica. Esto ayuda a disminuir las emisiones de carbono provenientes de la descomposición natural de la madera o de las centrales eléctricas que utilizan combustibles fósiles.

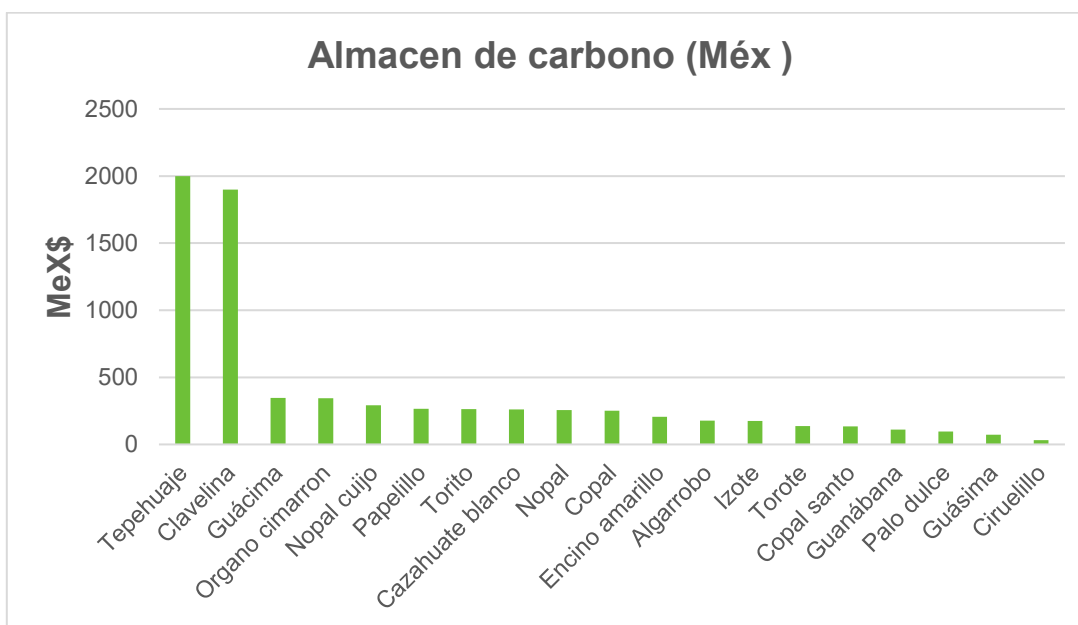
En el caso específico de la Barranca de Huentitán, se estima que los árboles presentes en esta zona almacenan alrededor de 18.9 toneladas de carbono, con un valor económico aproximado de Mex \$69.5 mil. Entre las especies muestreadas, se observa que el género *Bursera* es el que almacena y secuestra la mayor cantidad de carbono, representando aproximadamente el 23.6% del total de carbono almacenado y el 31.1% del carbono secuestrado. En resumen, el almacenamiento de carbono es una función importante de los árboles y puede tener un impacto significativo en el cambio climático. Mantener los árboles saludables y utilizar la madera de manera sostenible puede contribuir a reducir las emisiones de carbono y maximizar los beneficios ambientales que brindan los árboles en la lucha contra el cambio climático.

Figura 19. Almacenamiento de para especies de árboles de la Barranca de Huentitán

A) En unidad de medida toneladas métricas



B) Valor en pesos Mex\$



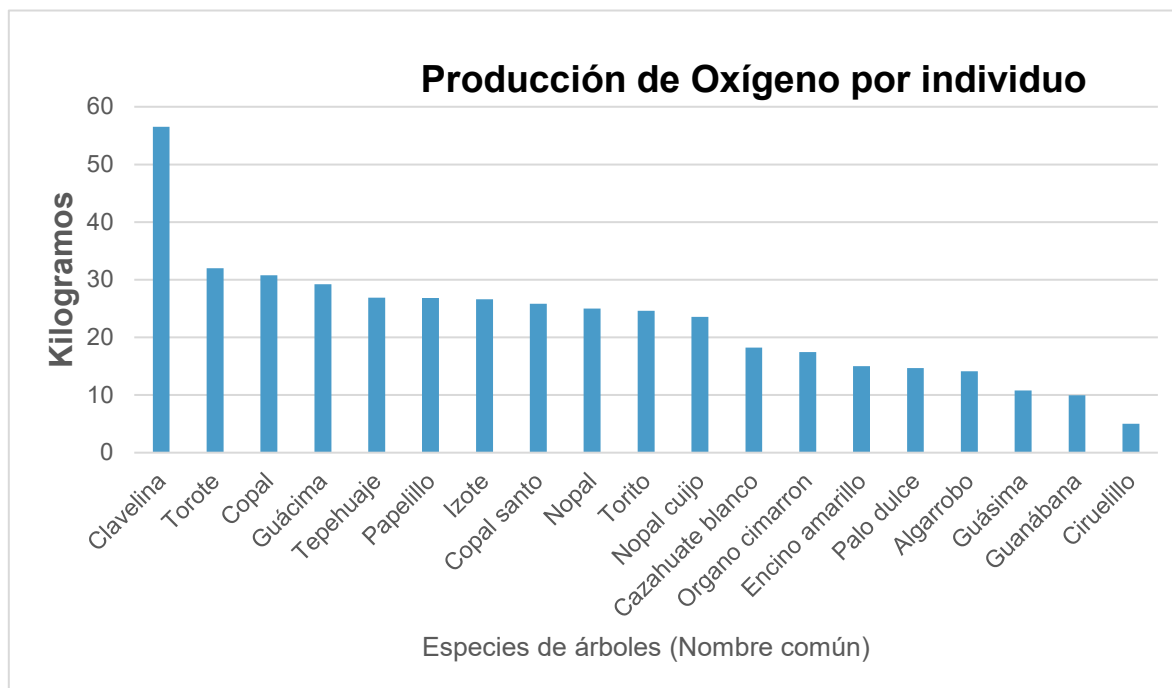
Nota: Resultados del procesamiento de datos con i-Tree

Producción de oxígeno un beneficio de gran importancia en ambientes urbanos

La producción de oxígeno es una de las ventajas más comúnmente asociadas a los árboles. La cantidad de oxígeno que un árbol produce anualmente está directamente relacionada con la cantidad de carbono que ha absorbido, lo cual está vinculado a la acumulación de biomasa del árbol (Martínez, 2021). Según cálculos, los árboles en la Barranca Huentitán generan aproximadamente 5,584 toneladas métricas de oxígeno al año.

No obstante, este beneficio de los árboles es relativamente insignificante debido a la amplia disponibilidad y estabilidad del oxígeno en la atmósfera, así como a la considerable producción de oxígeno por parte de los ecosistemas acuáticos. Nuestra atmósfera cuenta con una reserva enorme de oxígeno, incluso si se consumieran todas las reservas de combustibles fósiles, todos los árboles y toda la materia orgánica en el suelo, la reducción del oxígeno atmosférico sería mínima en comparación (Broecker ,1970). A continuación, se presenta la producción de oxígeno por individuo expresada en kilogramos.

Figura 20. Producción de oxígeno para especies de árboles de la Barranca de Huentitán



Nota: Resultados del procesamiento de datos con i-Tree

Tabla 06. Las principales 17 especies productoras de oxígeno

Especie	Oxígeno (Kilogramo)	Secuestro bruto de carbono (Kilogramo/Año	Número de árboles
<i>Bursera</i>	1734.39	650.40	63
<i>Ipomoea murucoides</i>	780.28	292.60	44
<i>Stenocereus dumortieri</i>	543.35	203.76	31
<i>Heliocarpus</i>	480.98	180.37	17
<i>Quercus magnoliifolia</i>	446.53	167.45	39
<i>Guazuma ulmifolia</i>	333.76	125.16	32
<i>Opuntia</i>	285.18	106.94	13
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	205.53	77.07	26
<i>Bursera fagaroides</i>	177.76	66.66	7
<i>Annona muricata</i>	141.92	53.22	15
<i>Vachellia pennatula</i>	124.59	46.72	12
<i>Opuntia basilaris</i>	114.46	42.92	5
<i>Bursera fagaroides</i>	63.61	23.85	2
<i>Lysiloma acapulcense</i>	61.66	23.12	2
<i>Pseudobombax ellipticum</i>	56.48	21.18	1
<i>Cascabelea ovata</i>	24.62	9.23	1
<i>Acacia</i>	8.55	3.21	1

Nota: Resultados del procesamiento de datos con i-Tree

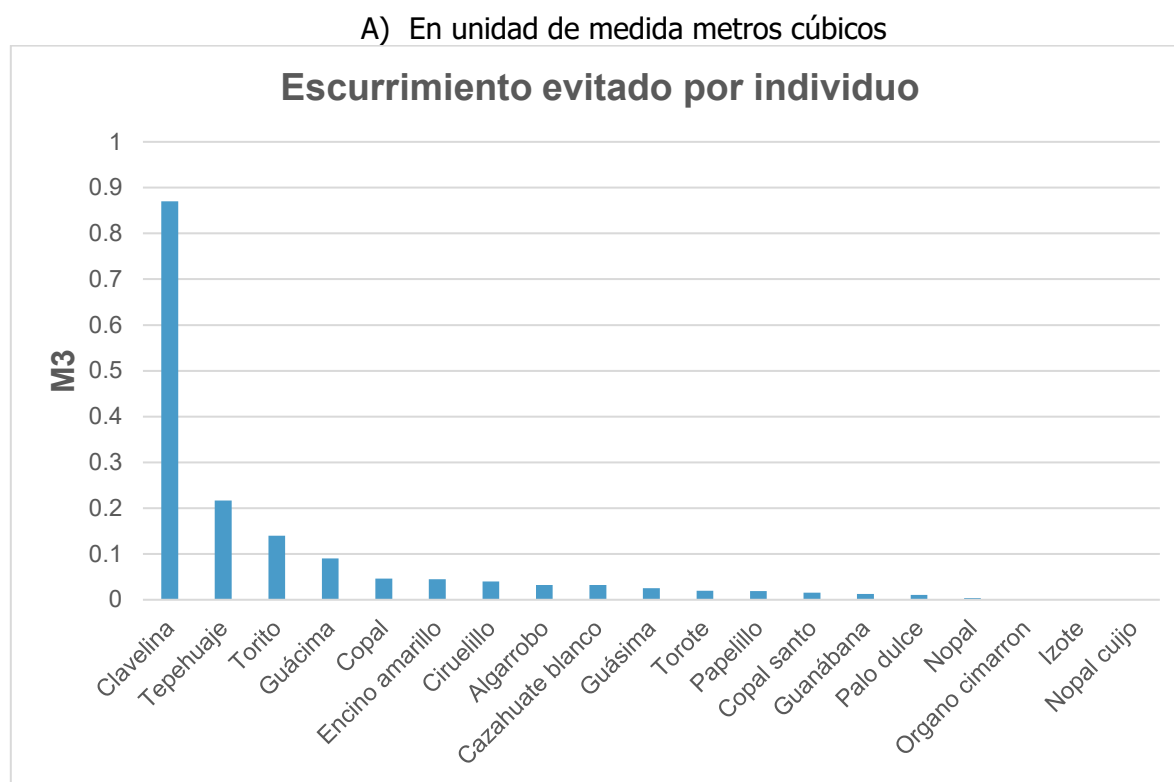
Escurrimiento evitado, servicio de importancia significativa para la regulación hídrica en ciudades y significativa para mitigar riesgos a inundaciones.

El escurrimiento superficial es un tema de preocupación en las áreas urbanas debido a su contribución a la contaminación de cuerpos de agua como arroyos, humedales, ríos, lagos y océanos. En las precipitaciones, parte de la lluvia es capturada por la vegetación, como árboles y arbustos, mientras que el resto llega al suelo. El exceso de lluvia que no se absorbe por el suelo se convierte en escurrimiento superficial (Hirabayashi, 2012). En las áreas urbanas, donde hay extensas superficies impermeables, el escurrimiento superficial aumenta significativamente. Afortunadamente, los árboles y arbustos urbanos desempeñan un papel importante al reducir el escurrimiento superficial, estas plantas interceptan la lluvia y sus sistemas de raíces promueven la absorción y retención del agua en el suelo (Marín, 2019). En el caso específico de la Barranca de Huentitán, los árboles y arbustos contribuyen

a una reducción de aproximadamente 13.8 metros cúbicos de escurrimiento al año, lo cual tiene un valor económico estimado de Mex\$620. La cantidad de escurrimiento evitado se calcula en base a los datos meteorológicos de la estación seleccionada por el usuario. En la Barranca de Huentitán, la precipitación total anual en 2015 fue de 77.4 centímetros.

En conclusión, la presencia de árboles y matorrales en la Barranca de Huentitán ayuda a mitigar el problema del escurrimiento superficial en el área urbana. Estas plantas desempeñan un papel esencial al interceptar la lluvia y promover la infiltración en el suelo, evitando así que grandes cantidades de agua fluyan superficialmente y contribuyan a la contaminación de los cuerpos de agua cercanos. Esta función ecológica de los árboles y matorrales es valiosa para mantener la salud de los ecosistemas acuáticos y preservar la calidad del agua en la región.

Figura 21. Escurrimiento evitado de especies de árboles de la Barranca de Huentitán



B) Valor en pesos Méx\$



Nota: Resultados del procesamiento de datos con i-Tree

Servicios ecosistémicos que provee el arbolado de la Barranca de Huentitán según la especie del árbol.

Esta información genera un listado de especies de arbolado con datos cuantitativos en unidades de medida y costos, las cuales pueden usarse para la selección por medio de sus SE, para implementación del diseño infraestructura verde de la ciudad potenciando dichos servicios. Debería de ser de gran importancia el considerar la planificación del paisaje mediante la vegetación y los servicios que esta pueda aportar en las áreas urbanas. Obtener el conocimiento de que especies son convenientes según su gama de SE que provee, puede ser un indicador importante que se puede utilizar para poderlo implementar en un ambiente urbano en la búsqueda de un servicio que pueda generar resiliencia alguna situación generada como consecuencia del cambio climático. Los planes de gestión deberían enfocarse a potenciar SE de áreas verdes, esta puede ser la respuesta a la mitigación de problemáticas características de un entorno urbano. Estos pueden elaborarse de acuerdo

con las necesidades presentes en las ciudades según las problemáticas que se pretenden resolver y asegurar paisajes destinados a mejorar la calidad de vida en las generaciones presentes y futuras.

Por lo anterior el considerar las soluciones basadas en la naturaleza (SbN) como estrategia que se inspira en los procesos naturales para abordar diversos desafíos en la gestión del agua, el suelo, el clima, los riesgos y las ciudades en general, como señala Zucchetti en 2020. Estas soluciones utilizan o imitan los procesos naturales para lograr una gestión mejorada de los recursos y el entorno. En otras palabras, las SbN implican la aplicación de enfoques que buscan mejorar o recrear procesos naturales en ecosistemas modificados o artificiales. Dentro del amplio concepto de SbN, se engloban diferentes enfoques, como la adaptación basada en Ecosistemas (AbE), la forestería urbana y el biomimetismo. La AbE se centra en utilizar los ecosistemas y su biodiversidad para proporcionar soluciones a problemas ambientales y sociales. La forestería urbana, por su parte, se enfoca en la plantación y manejo de árboles en áreas urbanas para mejorar la calidad del aire, mitigar el cambio climático y proporcionar otros beneficios ambientales. Por último, el biomimetismo es una disciplina que se basa en el estudio de la naturaleza para obtener inspiración y desarrollar tecnologías innovadoras que resuelvan problemas humanos de manera similar a como la naturaleza lo hace.

En resumen, las soluciones basadas en la naturaleza son un enfoque amplio que se basa en la inspiración y aplicación de procesos naturales para abordar desafíos en la gestión ambiental. Estas soluciones promueven la utilización sostenible de los recursos naturales y buscan crear armonía entre el desarrollo humano y los ecosistemas naturales.

Tabla 07. Estimados de los valores económicos que representan los servicios ecosistémicos de las principales especies de la Barranca de Huentitán

Especie	Árboles Número	Almacenamiento de carbono (tonelada métrica)	Almacenamiento de carbono (Mex\$)	Secuestro bruto de carbono (tonelada métrica/año)	Secuestro bruto de carbono (Mex\$/año)	Escurecimiento evitado (m³/año)	Escurecimiento evitado (Mex\$/año)
<i>Vachellia pennatula</i>	12	0.59	2175.01	0.06	214.62	0.45	20.38
<i>Acacia sp.</i>	1	0.01	31.18	0.00	5.43	0.06	2.58
<i>Annona muricata</i>	15	0.43	1595.57	0.05	196.26	0.27	12.11
<i>Bursera sp.</i>	63	4.46	16434.02	0.65	2398.44	2.27	101.91
<i>Bursera bipinnata</i>	7	0.25	933.12	0.07	245.82	0.23	10.30

<i>Bursera fagaroides</i>	2	0.07	272.74	0.02	87.96	0.03	1.56
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	26	0.69	2538.06	0.10	352.28	0.25	11.21
<i>Guazuma ulmifolia</i>	32	0.62	2299.19	0.13	461.54	1.10	49.54
<i>Heliocarpus sp.</i>	17	1.60	5910.23	0.18	665.14	1.91	85.66
<i>Ipomoea murucoides</i>	44	3.12	11522.70	0.29	1079.03	2.22	99.60
<i>Lysiloma acapulcense</i>	2	0.28	1045.16	0.03	106.90	0.62	27.96
<i>Opuntia sp.</i>	13	0.92	3388.41	0.11	403.38	0.22	10.09
<i>Opuntia basilaris</i>	5	0.40	1465.85	0.04	161.93	0.14	6.47
<i>Pseudobombax ellipticum</i>	1	0.52	1899.91	0.02	78.10	1.04	46.57
<i>Quercus magnoliifolia</i>	39	2.25	8295.50	0.17	617.50	1.65	73.90
<i>Stenocereus dumortieri</i>	31	2.92	10756.17	0.21	768.63	1.07	48.27
<i>Cascabela ovata</i>	1	0.07	271.79	0.01	34.05	0.30	13.44
Total	311	19.21	70834.61	2.14	7877.01	13.84	621.58

Fuente: Resultados del procesamiento de datos con i-Tree

El valor económico de los Servicios Ecosistémicos

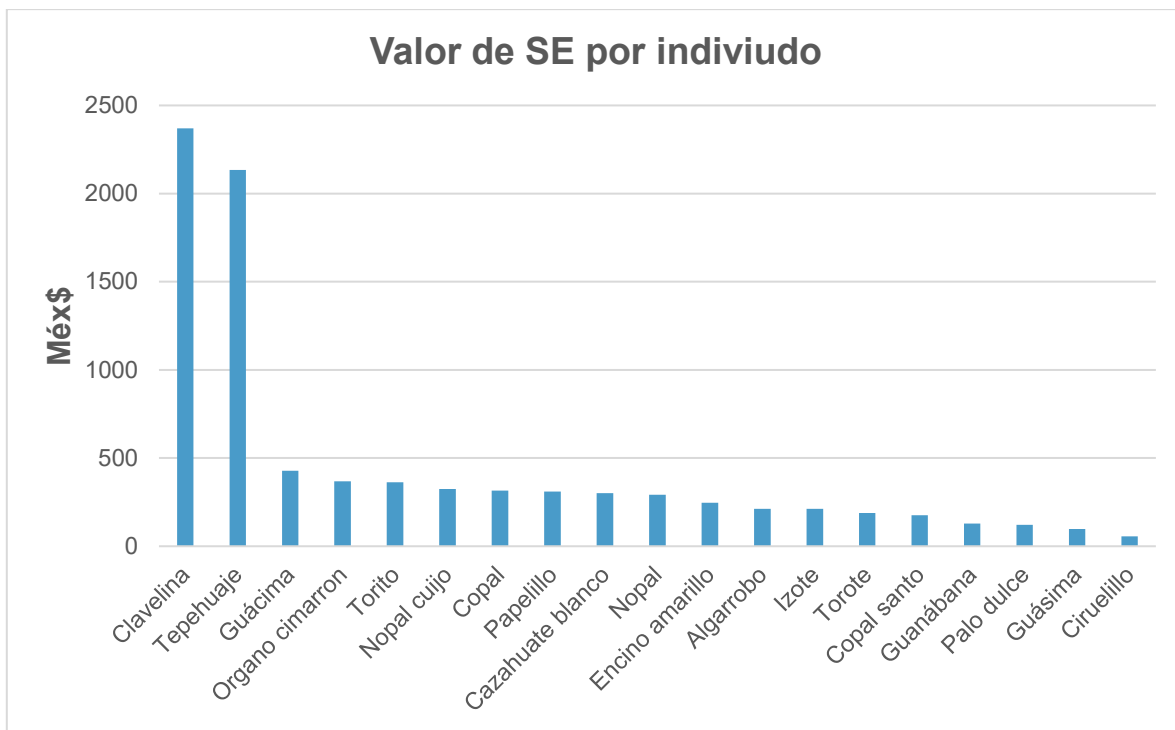
El imponer un valor en los servicios que provee un ecosistema, se puede decir que ha tomado relevancia para el mantenimiento de los bosques, ya que estos nos prestan dichos servicios por lo que podemos ver como positivo que ha resultado el PSA (Pago por servicios ambientales), el conocer el valor económico puede servir como una herramienta de apoyo e influencia para un manejo sustentable (Rodríguez, 2019, p. 3). Los proyectos vendedores de servicios reciben pagos por conservación, restauración, cambio de uso de suelo o implementación de buenas prácticas de manejo y estas están asociadas a la provisión de un servicio ambiental.

El resultado del valor económico en i-Tree, se obtuvo en base a los siguientes valores:

- El cálculo del valor del almacenamiento de carbono y del secuestro bruto de carbono se basa en el precio de Mex\$3,687.67 por tonelada métrica.
- El valor del escurrimiento evitado se determina utilizando el precio de Mex\$44.909 por metro cúbico. Se toma en cuenta la información proporcionada por la estación meteorológica designada por el usuario, que registró una precipitación anual total de 77.4 centímetros. En i-Tree Eco, siempre se consideran las mediciones por hora que presenten la mayor cantidad de lluvia total o la información de lluvia proporcionada por el usuario, si está disponible.

- El valor de la eliminación de la contaminación se calcula en base a los siguientes precios: Mex\$32,196.84 por tonelada métrica de CO, Mex\$640,075.36 por tonelada métrica de O3, Mex\$95,608.16 por tonelada métrica de NO2, Mex\$34,833.81 por tonelada métrica de SO2, Mex\$0.00 por tonelada métrica de PM2.5 y Mex\$502,223.68 por tonelada métrica de PM10*.
- El valor de sustitución corresponde al costo local de reemplazar un árbol con otro similar y se utiliza como compensación.

Figura 22. Valor del total de SE en pesos Méx\$ por especies de árboles de la Barranca de Huentitán



Nota: Resultados del procesamiento de datos con i-Tree

4.2 Evaluación de Servicios Ecosistémicos Culturales.

Prueba piloto para probar el instrumento de la encuesta



CU -1

Las encuestas se enfocaron en obtener la valoración, el uso y especies que consideran que les gustaría ver en la ciudad. Se aplicaron 44 cuestionarios (CU-1P) dentro de la prueba piloto realizada para ver ajustes y alcances del insumo elaborado como herramienta de colecta de información. El cuestionario se envió la invitación mediante de Facebook a mis contactos y grupos vinculados como usuarios de la Barranca de Huentitán. Como estrategia se difundió también en el Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño CUAAD por la cercanía de la universidad con este espacio, donde se generó el mayor número de respuestas. Las cuales generaron los siguientes resultados de interés para el objetivo del presente estudio anexo 1.

Resultados de la aplicación de encuestas enfocadas a la valoración de la Barranca de Huentitán-Oblatos, uso y listado de especies que consideran les gustaría ver en la ciudad.



CU -2

Se aplicaron 61 cuestionarios (CU-2), el cuestionario se envió la invitación mediante de facebook, WhatsApp a mis contactos y grupos vinculados como usuarios de la Barranca de Huentitán. Las cuales generaron los siguientes resultados de interés para el objetivo del presente estudio:

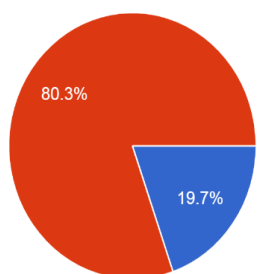
Las repuestas en cuanto a genero predomino el género femenino correspondiente al 55.7 %, por lo que las personas más interesadas fueron mujeres.

Figura 23. Resultados de las encuestas enfocadas a la valoración de la Barranca de Huentitán-Oblatos. A) *Porcentaje de personas que respondieron con respecto a la cercanía a la barranca*, B) *Usuarios de la Barranca*, C) *Elección de especies presentadas y D) Cualidades percibidas por personas que respondieron de los árboles mostrados*

A)

¿Vives cerca de la barranca o vienes de algún otro lugar?

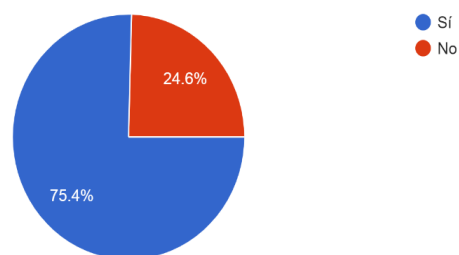
● Vecino de la Barranca
● Otro lugar



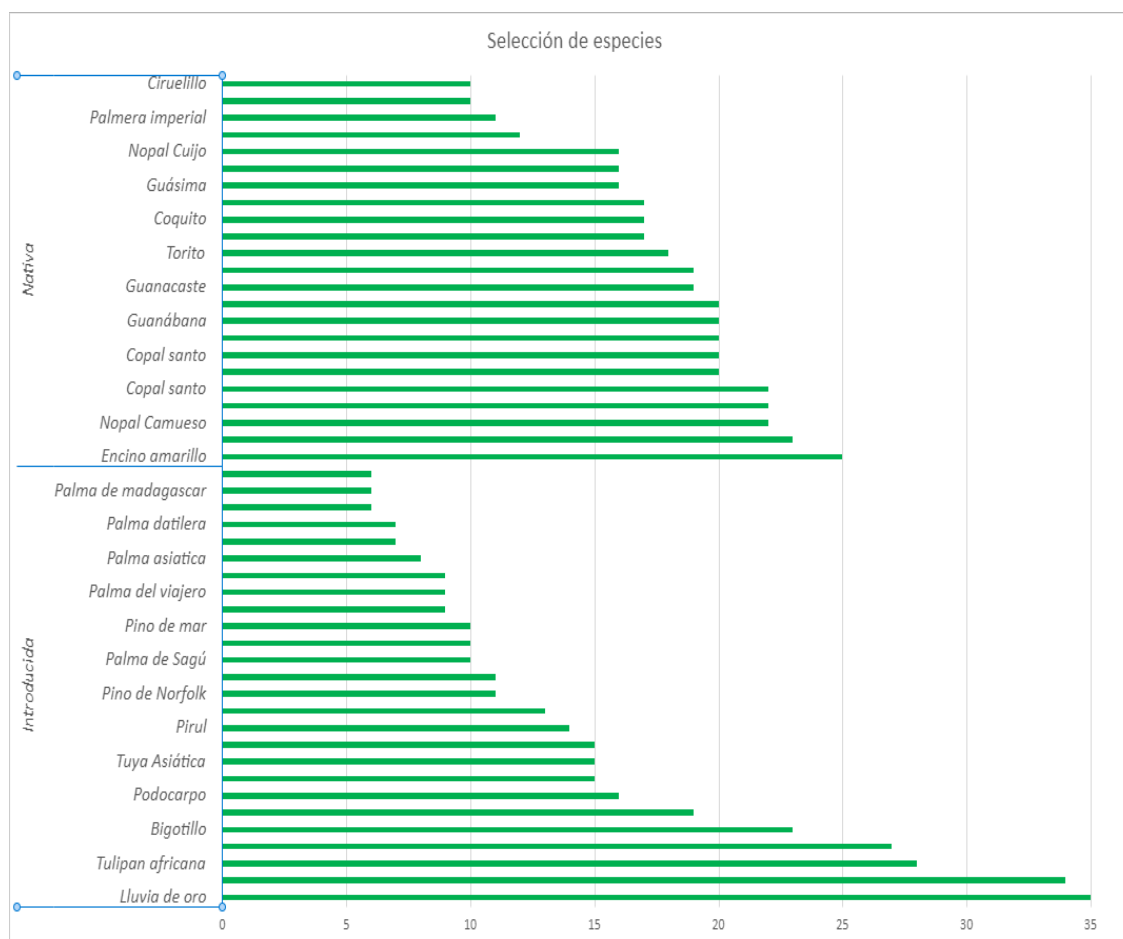
B)

¿Eres usuario del Area Natural Protegida de la Barranca de Huentitán?

61 respuestas

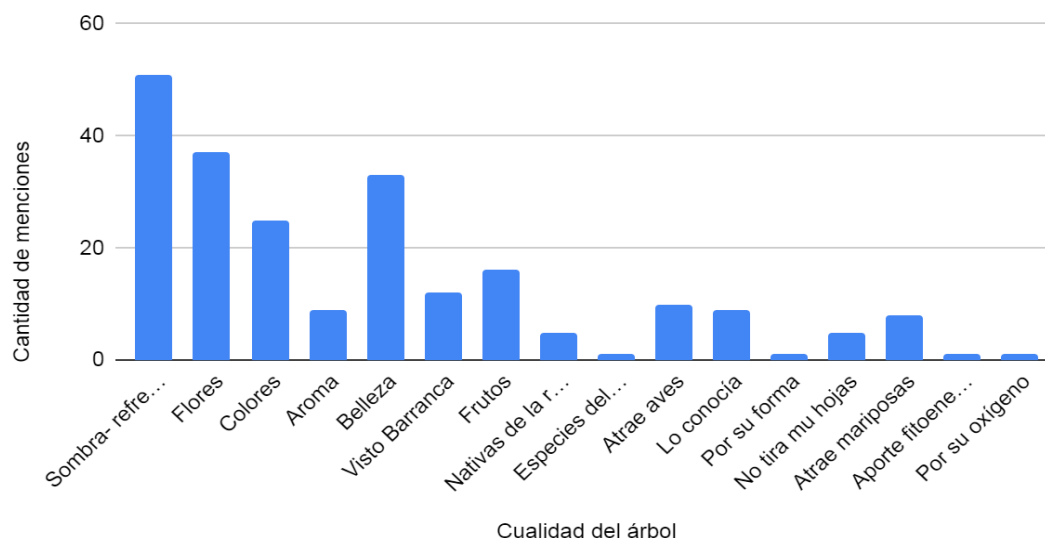


C)



D)

Cualidades del arbolado identificadas por las personas



Sobre la cercanía de las personas que respondieron el cuestionario la mayoría se identificaron como provenientes de otro lugar diferente, al de ser vecinos de la Barranca de Huentitán resultando el 80 % de las personas que respondieron el cuestionario, en la figura 23 (A). En cuanto a las personas que respondieron al cuestionario el 75.4 % se identificó usuario de este espacio en la figura 23 (B). Frecuencia en que visitan este espacio las personas encuestadas según el número de días que visitan la Barranca de Huentitán-Oblatos. El tiempo empleado por las personas lo reportaron en un rango 0 a 1:30 horas de tiempo reportado de sus trayectos. El gasto que realizan al visitar este espacio se representó desde \$ 0.00 pesos por la cercanía hasta \$ 200.00 pesos De las actividades reportadas por los usuarios en este espacio natural, la más frecuente fue senderismo seguida por paseos.

En respuesta a la pregunta de **¿Cuál de estos árboles te gustaría ver en las áreas verdes de la ciudad?**, en donde pudieron elegir mediante imagen para facilitar el reconocimiento por parte de los encuestados. Además de que entre las opciones podían elegir entre especies nativas y endémicas de la Barranca y especies exóticas o introducidas que ya se encuentran en las áreas verdes de la ciudad. Se presenta una dentro la figura 23 (C), se encuentra una gráfica que detalla los resultados de esta encuesta.

En la figura 23 (D) presenta los resultados de la pregunta **¿Por qué seleccionaste esos árboles para las áreas verdes de la ciudad?**, la que derivó a las cualidades que las personas identifican del arbolado, lo que significa que de manera empírica la población reconoce los servicios ecosistémicos

Vegetación, biodiversidad, usos, costumbres y símbolos del Área Natural Protegida de la Barranca de Huentitán.



Fuente: Andrade M, junio 2022. Trabajo de campo BH

Se realizó una primera visita de campo para reconocimiento del espacio de estudio, durante el recorrido, en el cual se pudo observar vegetación propia de selva baja caducifolia Fot-01-2Veg tomada en marzo del 2022 que es predominante en el ecosistema de la

Barranca de Huentitán. En esta visita se tuvieron hallazgos muy importantes de prácticas de conservación, uso del espacio, grupos y actores que refuerzan los tejidos comunitarios para conservar esta ANP y pulmón de Guadalajara documentado en anexo 3.

4.3 Datos de árboles de la Barranca vs. árboles de la ciudad.

Los resultados de este ejercicio con la evaluación de servicios ecosistémicos tanto de la ciudad y de la Barranca mediante el software i-Tree, esto para comparar los servicios de un grupo con el otro. Y el resultado no fue lo que se esperaba, por lo que es importante considerar las diferencias entre ellos y la diversidad de circunstancias que afronta cada categoría de arbolado, lo cual también tiende a ser diferentes en cuanto a las condiciones de entorno que cada categoría de árbol tiene. Los árboles de la ciudad y los árboles de una selva baja caducifolia tienen algunas diferencias notables:

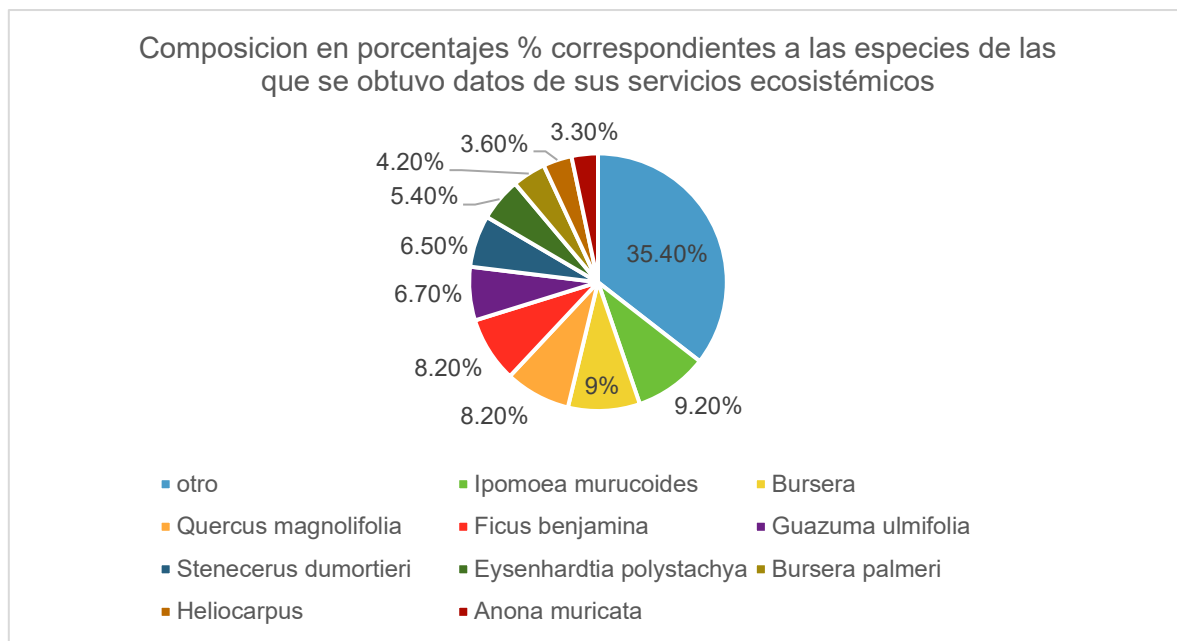
- 1 Especies: Los árboles que se encuentran en una ciudad en su mayoría especies exóticas son generalmente especies seleccionadas y adaptadas al entorno urbano y sus condiciones de vida. Por otro lado, los árboles de una selva baja caducifolia son especies que han evolucionado y se han adaptado a las condiciones específicas de la selva.
- 2 Densidad: En una ciudad, los árboles suelen estar más dispersos y separados por espacios vacíos, mientras que, en una selva baja caducifolia, los árboles están más densamente agrupados y crecen en conjunto para formar un dosel que cubre la mayor parte del área.
- 3 Tamaño: Los árboles de la ciudad son generalmente más pequeños y de menor altura que los árboles de una selva baja caducifolia, que pueden crecer hasta 30 metros de altura.
- 4 Ciclo de vida: Los árboles de la ciudad están generalmente bajo un cuidado humano constante y a menudo son reemplazados por otros árboles en un plazo relativamente corto, mientras que los árboles de una selva baja caducifolia tienen un ciclo de vida más largo y pueden vivir durante varias décadas o incluso siglos.
- 5 Ecosistema: Los árboles de la ciudad son parte del ecosistema urbano, donde interactúan con el medio ambiente construido y con otras especies urbanas, mientras

que los árboles de una selva baja caducifolia forman parte de un ecosistema natural donde interactúan con otras especies silvestres y con el clima y el suelo de la selva.

Por lo anterior se debe considerar que los árboles de la ciudad y los árboles de una selva baja caducifolia son diferentes en cuanto a su especie, densidad, tamaño, ciclo de vida y su papel en el ecosistema.

Se realizó un levantamiento de árboles de la ciudad en colonias cercanas de la Barranca pertenecientes a la ciudad de Guadalajara y se hizo el análisis de servicios ecosistémicos en conjunto con la información de árboles del INFyS de la Barranca de Huentitán. Los dos muestreos sumaron en total 478 árboles. Las tres especies más comunes son *Ipomoea murucoides* (9.2 por ciento), *Bursera* (9.0 por ciento) y *Ficus benjamina* (8.6 por ciento).

Figura 24. Se procesaron datos de 43 especies en la ciudad y 23 especies en la BH.



Nota: En esta se detalla la composición de las especies de las que se evaluaron sus servicios ecosistémicos.
Fuente: Proceso de datos dasométricos en i-Tree.

Tabla 08. Especies evaluadas en la Barranca de Huentitán y áreas urbanas aledañas. Se presentan los nombres científicos y nombres comunes, así como su origen, ubicación y número de árboles

Especie	Nombre común	Origen	Ubicación	# Árboles
<i>Acacia tequilana</i>	Ciruelillo	Nativa	SBC	1
<i>Brahea armata</i>	Palma blanca	Nativa	Ciudad	1
<i>Bursera instabilis</i>	Papelillo	Nativa	SBC	43
<i>Bursera palmeri</i>	Copal	Nativa	SBC	20
<i>Heliocarpus velutinus</i>	Majagua	Nativa	SBC	17
<i>Pseudobombax ellipticum</i>	Clavelina	Nativa	Ciudad	1
<i>Quercus magnoliifolia</i>	Encino amarillo	Nativa	SBC	39
<i>Stenocereus dumortieri</i>	Órgano cimarrón	Nativa	SBC	31
<i>Opuntia spp</i>	Nopal	Nativa	SBC	13
<i>Araucaria heterophylla</i>	Araucaria de Norfolk	Introducida	Ciudad	1
<i>Arecastrum romanzoffianum</i>	Palma reyna	Introducida	Ciudad	12
<i>Bougainvillea spectabilis</i>	Buganvilla brasileña	Introducida	Ciudad	2
<i>Callistemon viminalis</i>	Callistemon llorón	Introducida	Ciudad	1
<i>Cassia fistula</i>	Lluvia de oro	Introducida	Ciudad	9
<i>Celaiba speciosa</i>	Árbol botella	Introducida	Ciudad	3
<i>Citrus sinensis</i>	Naranja agria	Introducida	Ciudad	1
<i>Citrus aurantium</i>	Mandarina real	Introducida	Ciudad	11
<i>Citrus reticulata</i>	Naranja	Introducida	Ciudad	1
<i>Cocos plumosa</i>	Palmera Pindo	Introducida	Ciudad	2
<i>Cupressus sempervirens</i>	Ciprés mediterráneo	Introducida	Ciudad	4
<i>Delonix regia</i>	Framboyán de Madagascar	Introducida	Ciudad	3
<i>Dyopsis lutescens</i>	Palma Areca	Introducida	Ciudad	2
<i>Eriobotrya japonica</i>	Níspero	Introducida	Ciudad	1
<i>Ficus benjamina</i>	Laurel de la india	Introducida	Ciudad	41
<i>Ficus lyrata</i>	Árbol Lira	Introducida	Ciudad	1
<i>Ficus microcarpa</i>	Yucateco	Introducida	Ciudad	1
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Jacaranda	Introducida	Ciudad	3
<i>Koelreuteria elegans</i>	Árbol de lluvia Taiwanes	Introducida	Ciudad	1
<i>Lagerstroemia indica</i>	Árbol de jupiter	Introducida	Ciudad	2
<i>Mangifera indica</i>	Mango	Introducida	Ciudad	3
<i>Oreopanax sp.</i>	Trompetilla	Introducida	Ciudad	1
<i>Platycladus orientalis</i>	Tuya asiática	Introducida	Ciudad	6
<i>Psidium cattleianum</i>	Guayabita del Perú	Introducida	Ciudad	1
<i>Punica granatum</i>	Granada	Introducida	Ciudad	1
<i>Syagrus romanzoffiana</i>	Palmera Pindo	Introducida	Ciudad	4
<i>Callistemon citrinus</i>	Escobillón rojo	Introducida	Ciudad	1
<i>Moringa oleifera</i>	Moringa	Introducida	Ciudad	2
<i>Schefflera arboricola</i>	Cheflera	Introducida	Ciudad	1
<i>Acacia farnesiana</i>	Huizache	Nativa	Ciudad	1
<i>Annona muricata</i>	Guanábana	Nativa	SBC	16
<i>Bursera bipinnata</i>	Copal santo	Nativa	SBC	7
<i>Bursera fagaroides</i>	Torote	Nativa	SBC	2
<i>Caesalpinia pulcherrima</i>	Bigotillo	Nativa	Ciudad	1
<i>Carica papaya</i>	Papaya	Nativa	Ciudad	3
<i>Carya illinoensis</i>	Nogal de nuez chica	Nativa	Ciudad	3
<i>Cascabela ovata</i>	Torito	Nativa	SBC	1
<i>Cupressus lusitanica</i>	Cedro blanco	Nativa	Ciudad	2
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	Palo dulce	Nativa	SBC	26
<i>Forestiera angustifolia</i>	Panalero, Geoplanta	Nativa	Ciudad	1
<i>Fraxinus uhdei</i>	Fresno	Nativa	Ciudad	1
<i>Guazuma ulmifolia</i>	Guásima	Nativa	SBC	32
<i>Hibiscus tiliaceus</i>	Algodón, Majagua	Nativa	Ciudad	4
<i>Ipomoea murucoides</i>	Cazahuate blanco	Nativa	SBC	44
<i>Lysiloma acapulcense</i>	Tepehuaje	Nativa	SBC	3
<i>Opuntia engelmannii</i>	Nopal del castor	Nativa	SBC	5
<i>Persea americana</i>	Aguacate	Nativa	Ciudad	1
<i>Pithecellobium dulce</i>	Guamúchil	Nativa	Ciudad	6
<i>Pseudobombax palmeri</i>	Clavelina	Nativa	SBC	1
<i>Psidium quajava</i>	Guayaba dulce	Nativa	Ciudad	15
<i>Psidium sartorianum</i>	Arrayán	Nativa	Ciudad	2
<i>Vachellia pennatula</i>	Tepame	Nativa	SBC	12
<i>Yucca aloifolia</i>	Izote	Nativa	SBC	1
			Total	477

Las 10 especies con los valores de importancia (VI) más altos son aquellas que presentan una combinación significativa de población y área foliar. Sin embargo, es crucial comprender que el hecho de tener valores de importancia elevados no significa automáticamente que estas especies deban recibir prioridad en términos de conservación en el futuro. En cambio, estos resultados indican simplemente que, en la estructura actual del bosque urbano, estas especies son las dominantes.

Tabla 9. Especies con los más altos valores de importancia (VI) en cuanto a población y área foliar

Nombre especie	Porcentaje población %	Porcentaje del área de las hojas %	VI %
<i>Ficus benjamina</i>	8.6	31.6	40.2
<i>Ipomoea murucoides</i>	9.2	3.9	13.1
<i>Quercus magnoliifolia</i>	8.2	4.8	12.9
<i>Pithecellobium dulce</i>	1.3	10.7	11.9
<i>Bursera</i> sp.	9.0	2.3	11.3
<i>Psidium guajava</i>	3.1	5.9	9.0
<i>Guazuma ulmifolia</i>	6.7	2.2	8.9
<i>Heliocarpus</i>	3.6	4.2	7.7
<i>Bursera palmeri</i>	4.2	2.5	6.7
<i>Stenocereus dumortieri</i>	6.5	0.1	6.5

Nota: Resultados del procesamiento de datos con i-Tree

Servicios ecosistémicos de regulación evaluados a continuación por el software i-Tree comparación Ciudad – Barranca de Huentitán

Se realizó un muestreo de arbolado urbano en la ciudad de Guadalajara en colonias cercanas a la Barranca de Huentitán para comparar justo las diferencias entre los servicios ecosistémicos que proveen las especies de la Barranca de Huentitán en su mayoría pertenecientes al ecosistema de Selva Baja Caducifolia (SBC), por ser el más representado de esta área natural periurbana y las especies exóticas pertenecientes a la ciudad. Justo tan solo en este levantamiento, aunque no de toda la ciudad se puede observar en los datos que la mayoría de las áreas verdes planificadas en la ciudad han sido representadas por las especies exóticas o introducidas y no especies de los ecosistemas locales.

A continuación, se presentarán los datos obtenidos de la información procesada en i-Tree y diferenciando y comparando entre especies nativas e introducidas (exóticas).

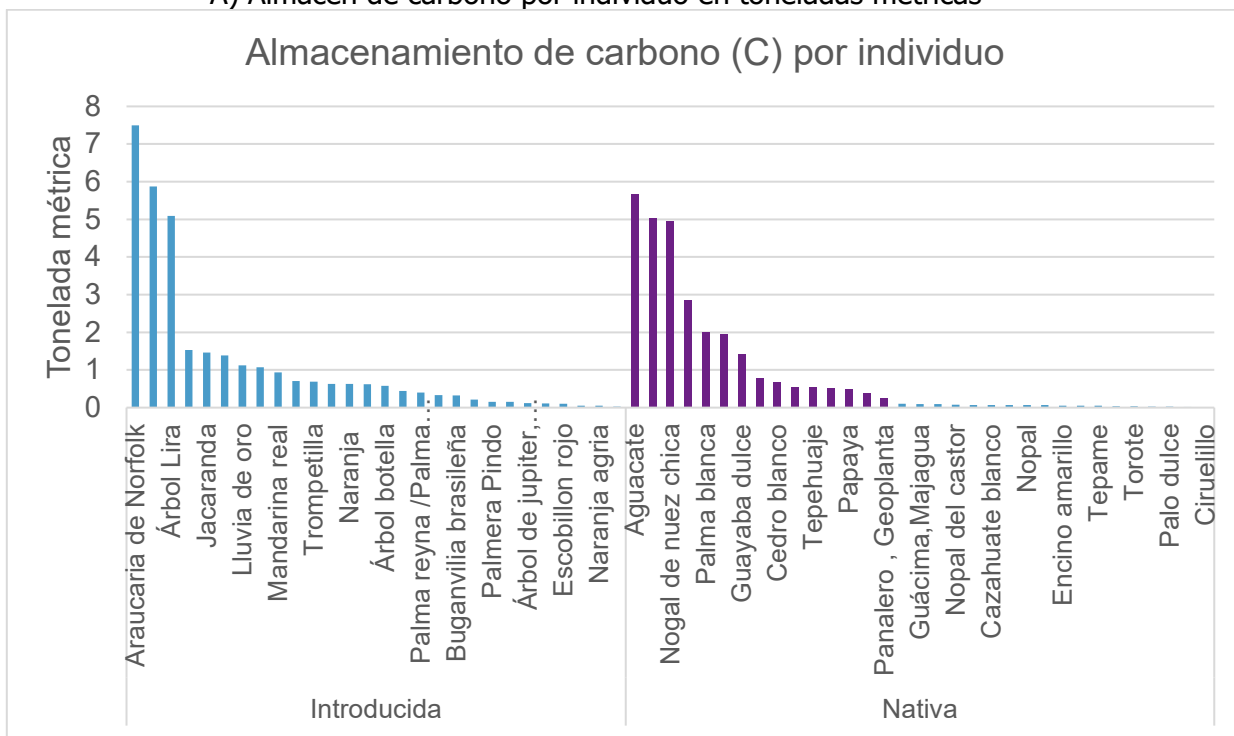
Almacén de carbono (Tonelada métrica por árbol) - nativas vs exóticas -

La diferencia no es tan significativa algunas especies exóticas llevan la ventaja en cuanto a este servicio ecosistémico mas no quiere decir que las nativas no tengan las mismas posibilidades instauradas en la ciudad.

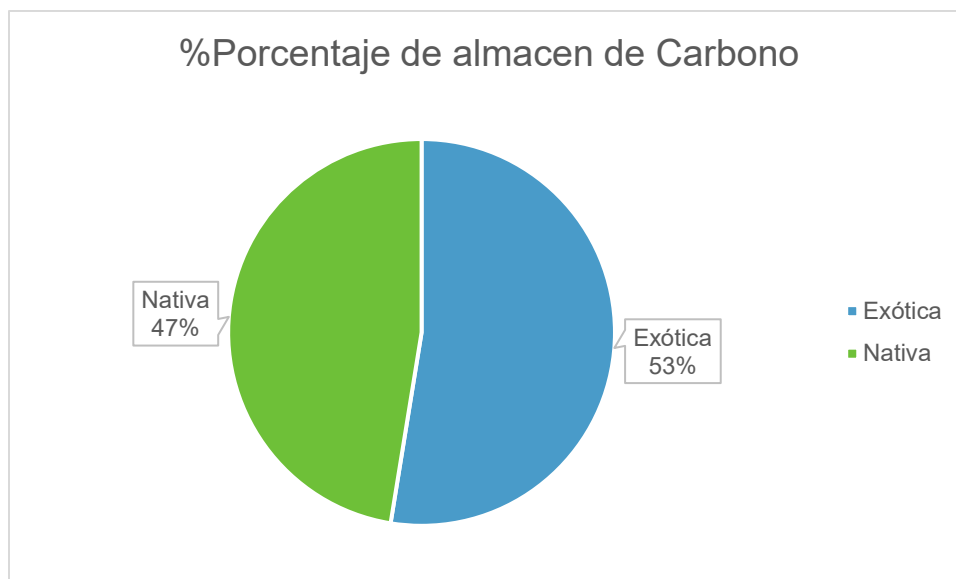
Con los resultados que muestran la figura 25 a continuación se puede observar que, aunque es muy poca la diferencia entre estos valores diferenciados entre especies nativas y exóticas existen algunas especies que destacan más en proporcionar este servicio.

Figura 25. El almacén de carbono entre especies nativas y exóticas.

A) Almacén de carbono por individuo en toneladas métricas



B) Porcentajes totales entre de especies nativas y exóticas

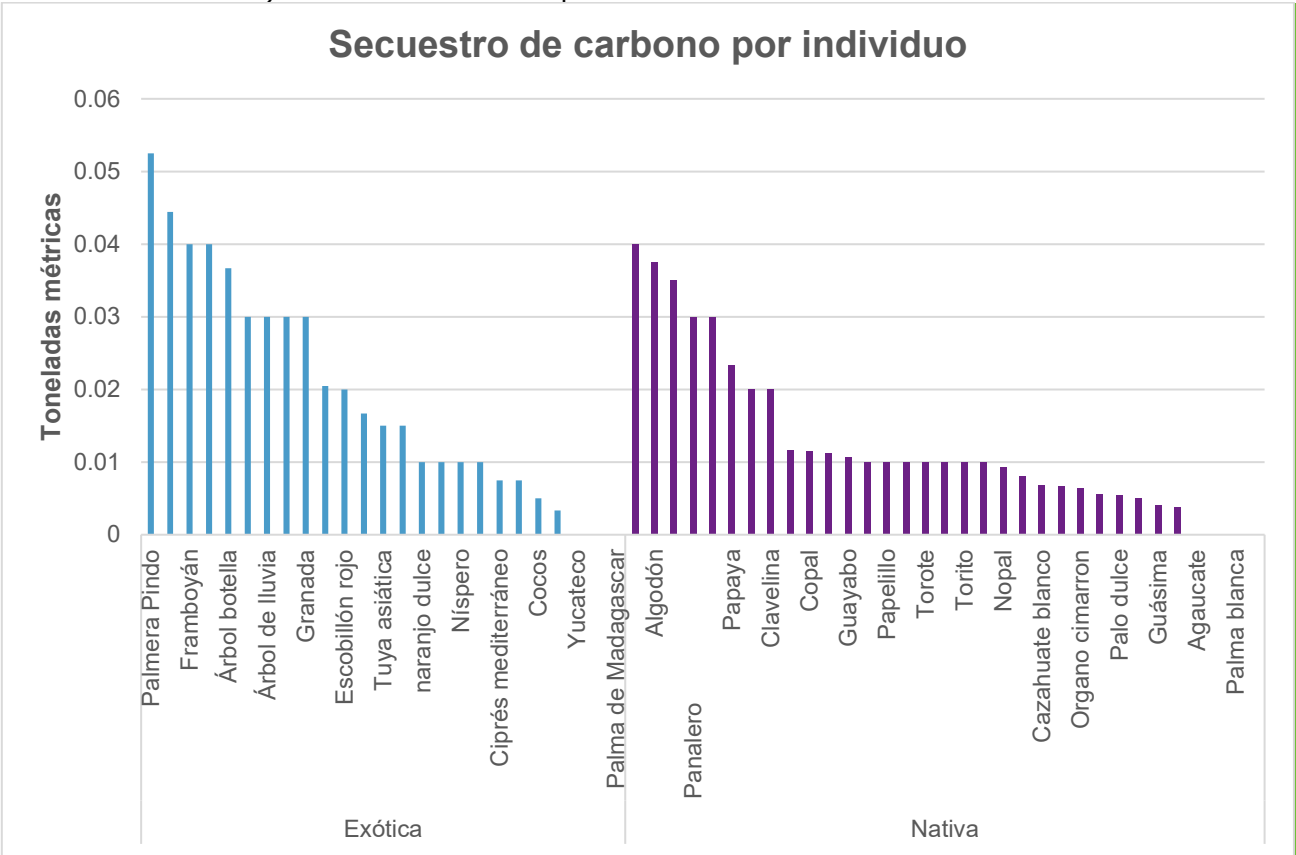


Nota: Resultados del procesamiento de datos con i-Tree

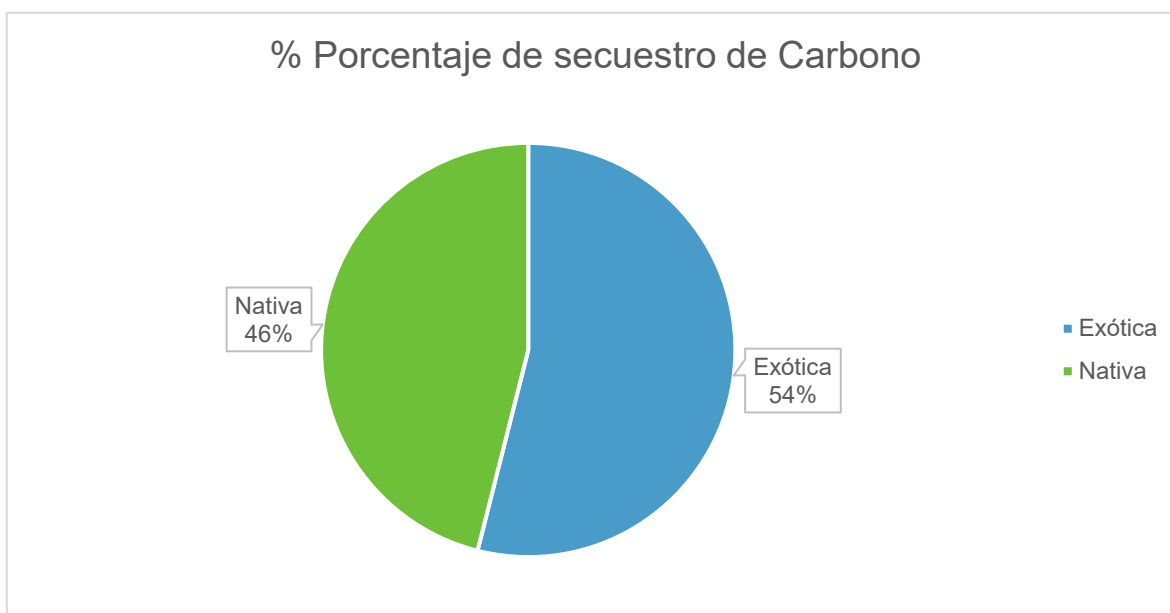
Secuestro de Carbono (tonelada métrica por árbol) - nativas vs exóticas -

La diferencia no es tan significativa pero las gráficas de la figura 26, refleja que algunas especies exóticas son las de valor más alto en cuanto a este servicio ecosistémico, pero también refleja el potencial de las especies nativas pues la diferencia no es tan significativa.

Figura 26.- Secuestro de carbono entre especies nativas y exóticas
A) Secuestro de carbono por individuo en toneladas métricas



B) Porcentajes totales entre especies nativas y exóticas



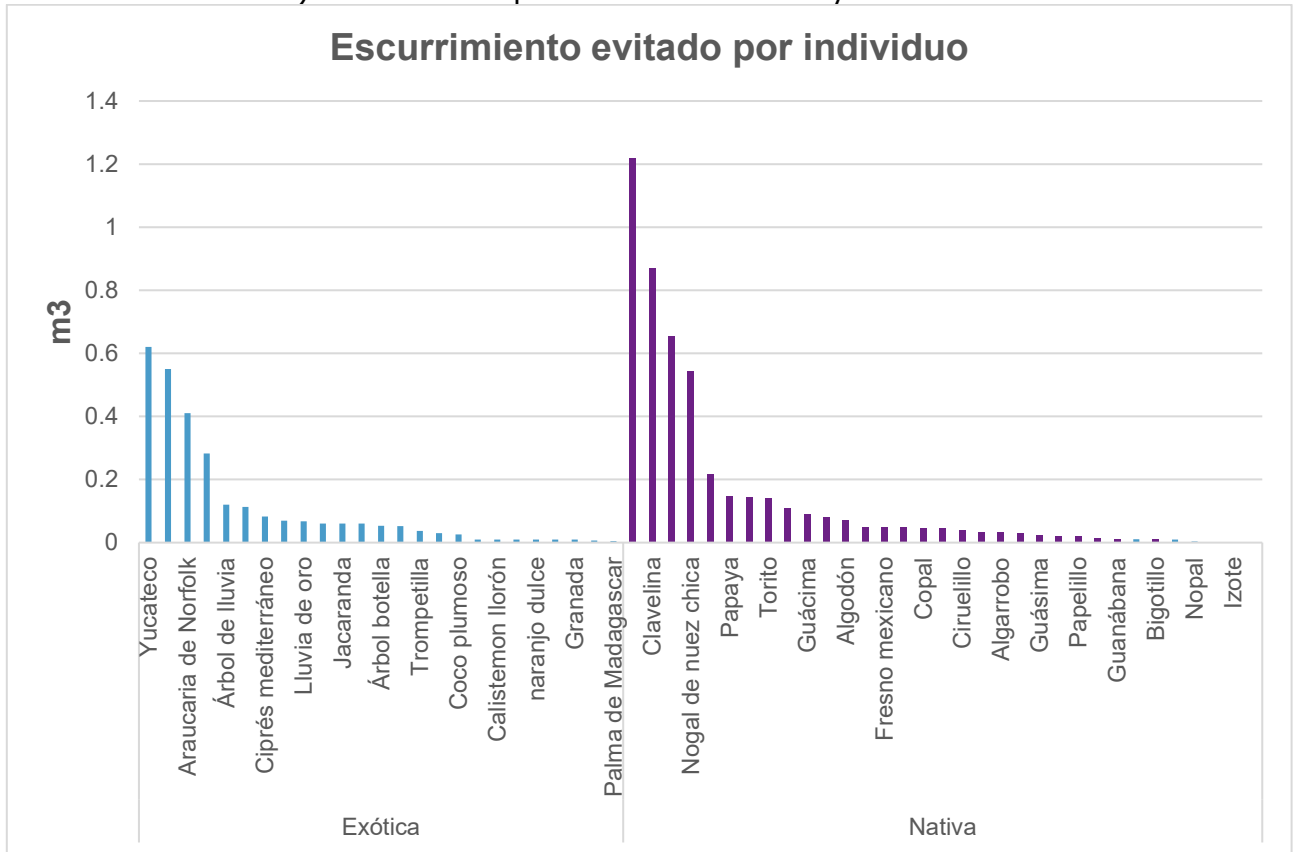
Nota: Resultados del procesamiento de datos con i-Tree

Escurrimiento evitado por árbol ($m^3/año$), Nativas vs Exóticas

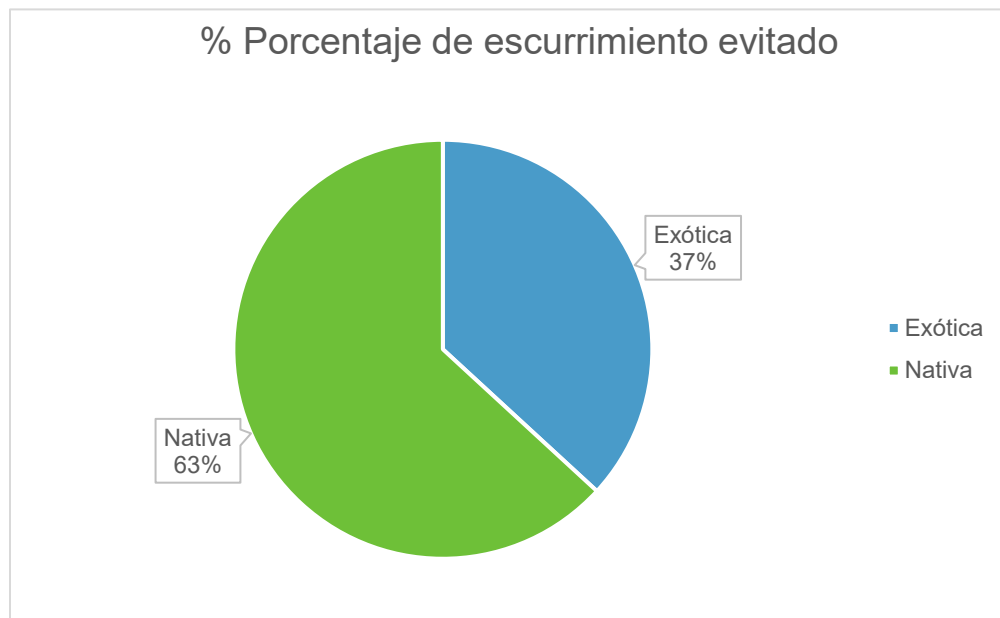
La diferencia no es tan significativa pero las gráficas de la figura 27, refleja que algunas especies nativas son las de valor más alto en cuanto a este servicio ecosistémico, además refleja el potencial de las otras especies nativas y exóticas pues la diferencia no es tan significativa.

Figura 27. Esgurrimiento evitado de especies nativas exóticas

A) Esgurrimiento por individuo de nativas y exóticas



b) Porcentajes totales de nativas y exóticas



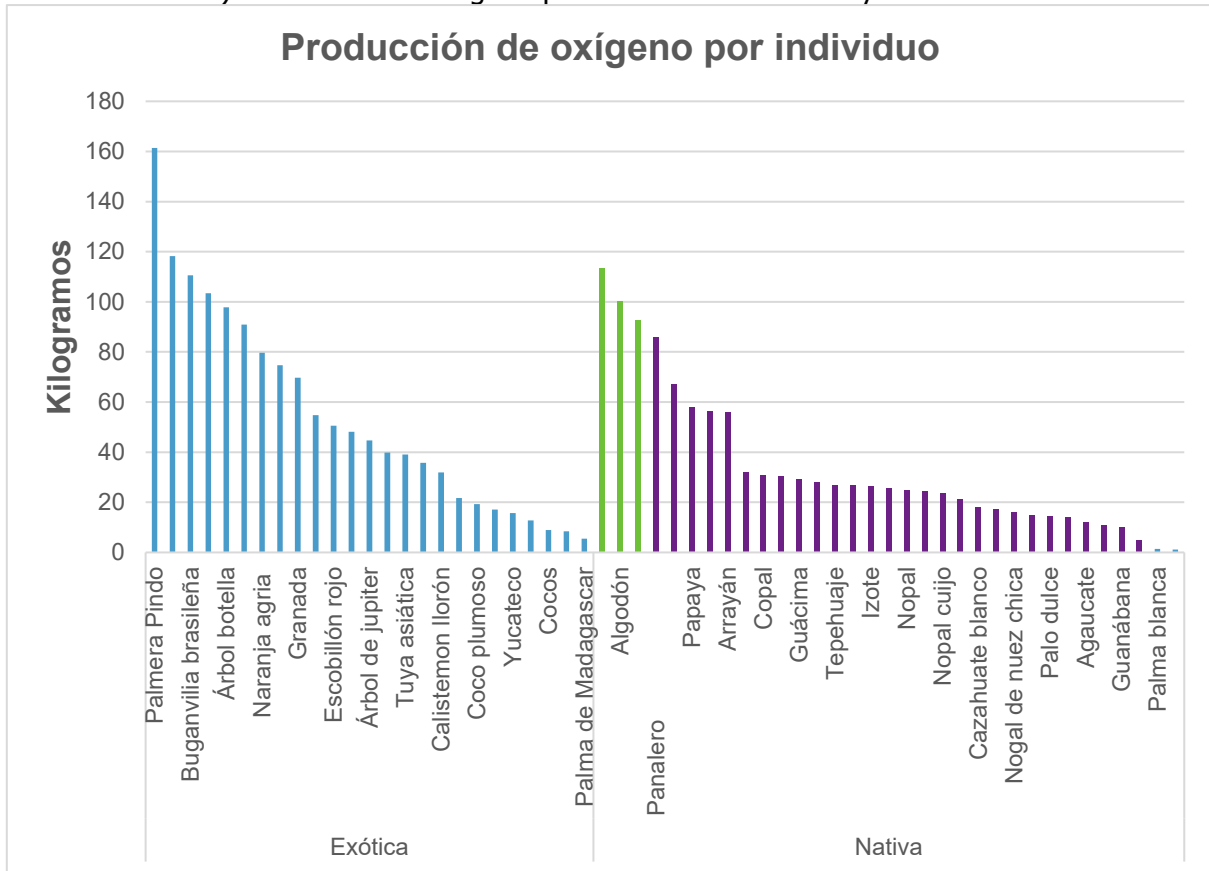
Nota: Resultados del procesamiento de datos con i-Tree

Producción de oxígeno por árbol (Kg. /año), Nativas vs Exóticas

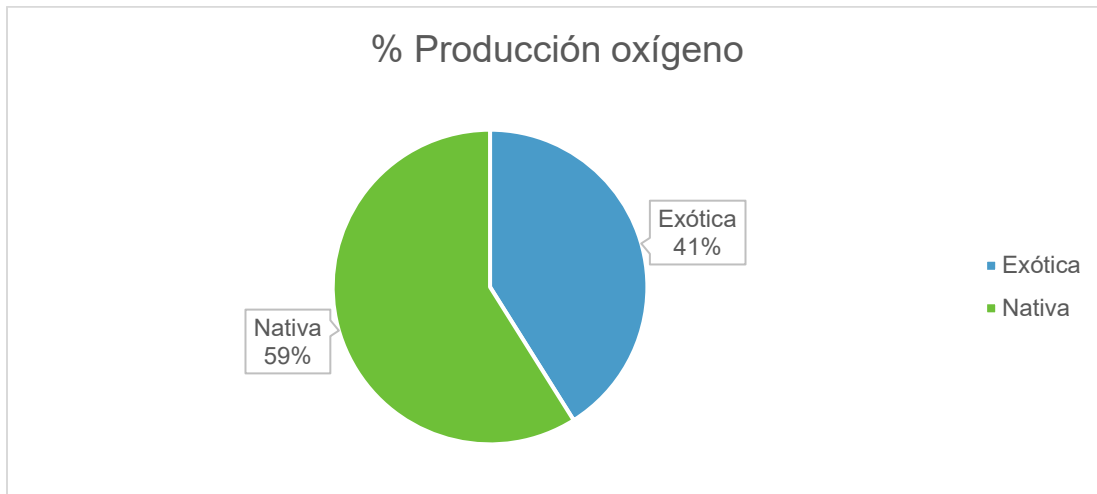
La diferencia no es tan significativa pero las gráficas de la figura 28, refleja que algunas especies exóticas son las de valor más alto en cuanto a este servicio ecosistémico, pero además refleja el potencial de varias de las especies nativas pues la diferencia no es tan significativa como se puede reflejar el dato a nivel porcentaje figura 28 (B) ya que en conjunto este servicio resulta ser más alto.

Figura 28. Producción de oxígeno entre especies nativas y exóticas

A) Producción de oxígeno por individuo de nativas y exóticas



B) Porcentajes totales de producción de oxígeno de especies nativas y exóticas



Nota: Resultados del procesamiento de datos con i-Tree

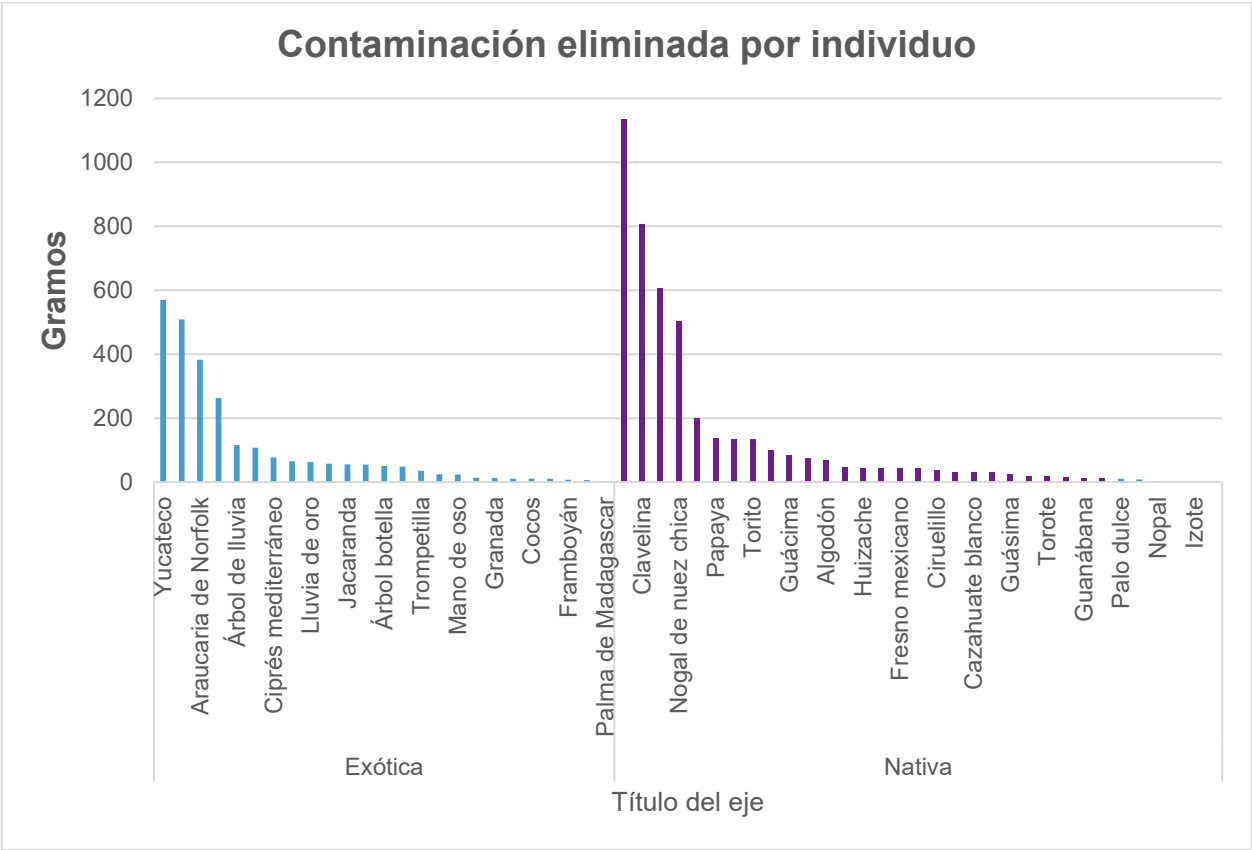
Contaminación eliminada por árbol (gr. /año), Nativas vs Exóticas

La problemática de la baja calidad del aire en áreas urbanas es motivo de preocupación debido a sus impactos negativos en la salud humana, el entorno, los procesos ecológicos y la visibilidad. Afortunadamente, los bosques urbanos juegan un papel esencial en la mejora de la calidad del aire al abordar estos problemas. Contribuyen de diversas formas, como la reducción de la temperatura del aire, la eliminación directa de contaminantes atmosféricos y la disminución del consumo de energía en los edificios, lo cual a su vez reduce las emisiones contaminantes generadas por las fuentes de energía eléctrica. Investigaciones combinadas han demostrado consistentemente que aumentar la cobertura arbórea resulta en una menor formación de ozono, lo que contribuye aún más a mejorar la calidad del aire (Nowak & Dwyer, 2010).

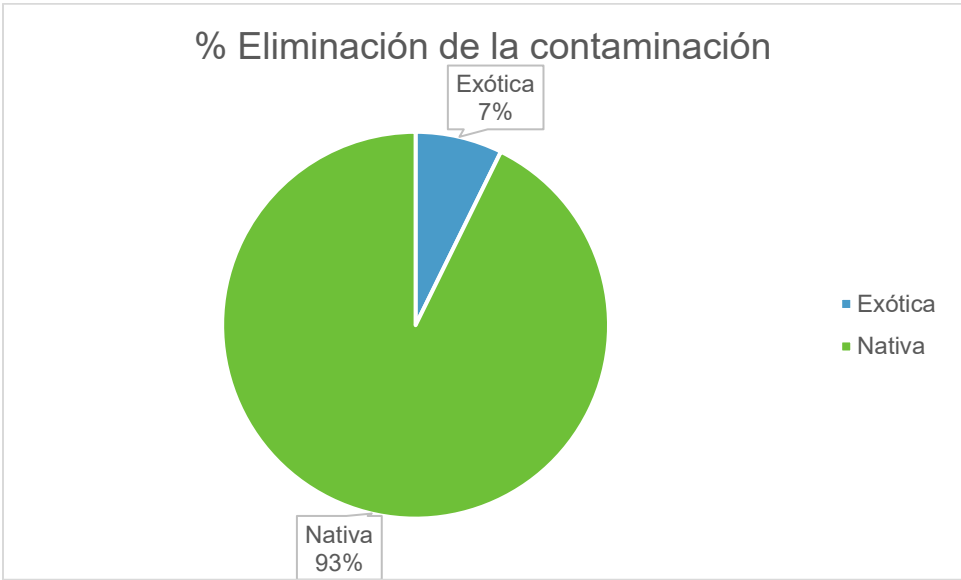
Aunque se destaca en la figura 29 que algunas especies nativas tienen un mayor valor en términos de brindar este servicio ecosistémico, es importante reconocer el potencial tanto de las especies nativas como de las exóticas, ya que la diferencia entre ellas no es significativa. Asimismo, se observa un alto porcentaje de contaminación eliminada por parte de las especies nativas, lo que subraya su contribución positiva en la mejora de la calidad del aire. Por lo tanto, las especies nativas como las exóticas proveen de este servicio a los bosques urbanos, lo cual es fundamental para combatir el problema de la calidad del aire en las zonas urbanas, pero se debe considerar un valor adicional cuando se trata de especies nativas porque además no ponen en riesgo la diversidad local y por lo tanto ayudarán a la conservación de los ecosistemas que están dentro del territorio.

Figura 29. Contaminación eliminada entre especies nativas y exóticas.

A) Contaminación eliminada por individuo



C) Porcentaje total eliminado de contaminación



Nota: Resultados del procesamiento de datos con i-Tree

5. Diseño aplicativo de la solución

5.1 Paleta vegetal de servicios ecosistémicos

Las ciudades a menudo descuidan el equilibrio en la convivencia con los recursos naturales. El diseño actual de los entornos urbanos se basa en la dominación de la naturaleza, y las infraestructuras urbanas carecen de la integración de la vegetación asociada a la biodiversidad local, lo que provoca alteraciones en los ecosistemas. Rara vez se diseñan los asentamientos humanos considerando su entorno natural, buscando una coexistencia armoniosa a través de la conectividad del paisaje (Ochoa, 2021).

Es crucial repensar nuestras ciudades frente a las amenazas actuales derivadas de su crecimiento. Es necesario cambiar el paradigma de la planificación urbana al incorporar la naturaleza, ya que puede ser la clave para contrarrestar los efectos del cambio climático en las áreas urbanas y ofrecer soluciones sostenibles a largo plazo para mejorar la calidad de vida en las ciudades.

Los bosques urbanos desempeñan un papel fundamental en el bienestar de los habitantes de una ciudad, al tiempo que contribuyen a la conservación de especies y la biodiversidad local y territorial. Estas áreas verdes brindan importantes beneficios a través de sus servicios ecosistémicos, los cuales se encuentran detallados en fichas informativas de cada especie incluida en la paleta vegetal.

En los bosques urbanos y áreas verdes de las ciudades, es crucial seleccionar cuidadosamente especies arbóreas que puedan ofrecer soluciones a los desafíos que enfrentan los entornos urbanos. Es esencial tener en cuenta que estas especies requieren adecuaciones y mantenimiento para garantizar su supervivencia. Existe una preocupación respecto a la posible sustitución de ecosistemas valiosos, caracterizados por su alta diversidad y almacenamiento de carbono, como los bosques primarios, las selvas intactas, las sabanas, las áreas montañosas y los pastizales, por especies de plantas exóticas y poco comunes (Del Carpio, 2022, p.52).

La paleta vegetal presentada es el resultado de la investigación realizada en un trabajo de obtención de grado titulado "Estrategias para potenciar los servicios ecosistémicos del arbolado de la Barranca de Huentitán hacia la ciudad de Guadalajara". Esta propuesta

refuerza la búsqueda de soluciones para los desafíos actuales de las ciudades, centrándose en la renaturalización de los espacios urbanos a través de soluciones basadas en la naturaleza (SBN), las cuales fortalecen la protección de la biodiversidad y la calidad de vida a través de la infraestructura verde. De esta manera, se busca adaptar la ciudad hacia la sostenibilidad urbana y la resiliencia frente al cambio climático.

La paleta vegetal es una herramienta que mediante la información de servicios ecosistémicos del arbolado permitirá restaurar y conectar la ciudad de Guadalajara con el ecosistema de la Barranca de Huentitán-Oblatos. Reforzará el uso de especies nativas y endémicas de este importante pulmón verde de la ciudad, con el objetivo de potenciar los servicios ecosistémicos que ya brinda de forma natural y fortalecer la conectividad entre la ciudad y la Barranca a través de la integración de áreas verdes.

El producto que se generó fue una paleta vegetal, con la intención de que pueda ser accesible al público para el diseño de áreas verdes en la ciudad. Esta paleta no solo consideraría la ubicación de la vegetación, sino también sus características ambientales y los servicios ecosistémicos que ofrece. La idea es que el gobierno municipal y el ayuntamiento promuevan la reproducción de estas especies en los viveros locales para su uso en la forestación y reforestación de áreas verdes urbanas. Además, esta paleta podría ser utilizada por los colonos organizados como herramienta para promover y solicitar la plantación de árboles en sus colonias. Con esto se busca abordar las problemáticas ambientales de la ciudad y los efectos del cambio climático a través de una estrategia de forestación y reforestación basada en datos cuantitativos y cualitativos sobre los servicios ecosistémicos de las especies vegetales seleccionadas. También se considera la posibilidad de utilizar estas especies ya reproducidas en los viveros, como una reserva para futuras reforestaciones o actividades de restauración en el Área Natural Protegida Barranca de Huentitán.

Figura 30. Paleta vegetal de servicios ecosistémicos.

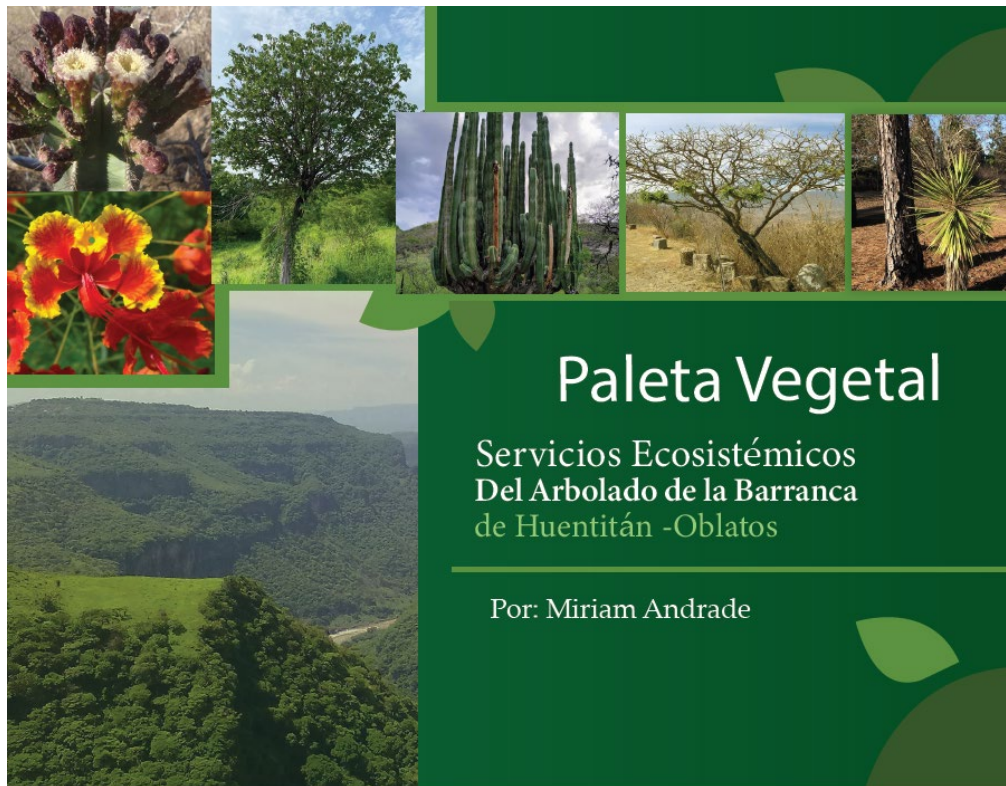


Figura 31. Ejemplo de una ficha de un árbol de la Barranca de Huentitán

Clavelina de la barranca
Pseudobombax palmeri

Florece de enero a octubre, sus hojas son utilizadas para gorditas al horno y sus semillas para la elaboración de salsas, su corteza es grisácea, y se desprende en capas gruesas.

ORIGEN Nativa	CRECIMIENTO Rápido	TIPO DE RAÍZ Pivotante	ESPACIOS PARA PLANTACIÓN: Plaza Camellón Bosque urbano Parques
TIPO Árbol	FOLLAJE Caducifolio	TOLERANCIA Sequia	
SERVICIOS ECOSISTÉMICOS			

COPA
Irregular
Altura: 8-10 mts.

Almacenamiento de Carbono 0.52 Tn. \$1899.9 pesos	Escurrejamiento evitado 0.87 m3 \$39.02 pesos
Secuestro Bruto de Carbono 0.02 Tn. \$78.1 pesos/año	Producción de oxígeno 56.5 kg
Valor de Eliminación 806.5 kg	Valor de Eliminación \$352.22 pesos

OTROS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS
Polinizadores
Uso Gastronómico

5.2 Bosque escuela Barranca de Huentitán

Este espacio tiene como objetivo ser un entorno educativo dinámico para conocer y acercar la Barranca de Huentitán a la ciudad, permitiéndonos explorar su biodiversidad, aprender prácticas de conservación y comprender los servicios ecosistémicos que este importante ecosistema proporciona.

El concepto de áreas verdes abarca diferentes significados, como la contribución ambiental en entornos urbanos y espacios públicos que fomentan la interacción social. El concepto de bosque escuela ha ganado popularidad en los últimos años, es una forma de educación alternativa que se enfoca en la naturaleza y el medio ambiente, proporcionando experiencias directas donde se promueve la conservación y conocimiento de los recursos naturales pertenecientes a un área natural como es la Barranca de Huentitán y además de promover y proporcionar beneficios para un estilo de vida saludable dentro de los entornos urbanos.

Se utilizará el diseño de bosques urbanos utilizando el método Miyawaki, porque permite la creación rápida de bosques nativos-endémicos en entornos urbanos, con alta diversidad de especies y bajo mantenimiento. Este método se basa en la selección de especies nativas, una disposición aleatoria de semillas, fertilización del suelo y autonomía del bosque a largo plazo. Los bosques creados con este método experimentan un crecimiento acelerado, mayor absorción de CO₂ y una biodiversidad significativa. Además de ser una técnica usada en ecosistemas de selva (De la Fuente, 2020).



Fuente: Estructura de las capas de vegetación del mini bosque según modelo Miyawaki.

<https://www.tourismlandscape.com//metodo-miyawaki-bosques-naturales-en-10-anos-para-revegetar-nuestras-ciudades/>

Ubicación y área del espacio de intervención



Fuente: Elaboración propia con Google earth.

El terreno mide 10.2 hectáreas del cual las edificaciones y ocupación del proyecto del bosque escuela son las siguientes:

- a) La vegetación distribuida según el método Miyawaki, se secciono en círculos de 104 metros con andadores de 3 metros de ancho que conectan a todo el bosque.
- b) Vivero mide 1200 metros
- c) Área de juegos 1000 m²
- d) Observatorio de aves 1200 m² en 6 niveles
- e) Humedal artificial 900 m² espacio para el agua
- f) Edificio de eventos múltiples 1000 m² (6 niveles)
- g) Biblio-Sonorama 1200 m²
- h) Zona de Campig 500 m²
- i) Estacionamiento 4000 m²

(Nota: cada edificio contara con su área de baños, área de residuos y papeleras marcadas por tipo de residuo, accesos y mobiliario que faciliten todas las capacidades)

Mobiliario y luminarias propuestos para este espacio

Espacio	Propuesta
Todo el bosque (Luminarias)	
Área de juegos	
Biblio-Sonorama	

Diversidad de capacidades: • Señalética e información visual y en braille • Rampas	  
Baños secos	
Papeleras y área de manejo de residuos	 
Humedal artificial	Sera alimentado por la recolección de agua de lluvia por una red hidráulica a través de bocas de tormenta colocadas estratégicamente alrededor de todo el terreno, y los techos de cada edificación estarán diseñados para la recolección pluvial que alimentara de agua al humedal artificial.

Paletas vegetales para el bosque escuela

La paleta vegetal principal para este bosque escuela será utilizada la realizada en este trabajo de investigación, las cuales son especies de arbolado de la Barranca de Huentitán.

(Nota la paleta vegetal propuesta puede modificarse para integrar más especies, ya que es una propuesta que puede estar en constante evolución y crecimiento, tal cual como un espacio que genera conocimiento)

Dentro de este bosque escuela se integrarán además estas otras paletas vegetales, que son para los diferentes espacios propuestos como parte del Bosque escuela, como lo son el cactario, agavario, bosque de *Quercus*, humedal artificial y jardín de polinizadores.

Si bien la propuesta de ser bosque escuela, los espacios propuestos son también para también ser una representación viva de la Barranca de Huentitán en cuanto a la diversidad de esta área natural. También dentro de los espacios se contempla un vivero, esto es para que pueda darse también la reproducción de la planta con especies de la Barranca, además de ser un banco de germoplasma y pueda ser posible el diseñar áreas verdes con vegetación nativa y endémica de la Barranca.

La idea de los diferentes espacios temáticos de las diferentes agrupaciones de plantas o tipos de vegetación características de la barranca de Huentitán es con la finalidad de crear un espacio que tenga atribuciones de un jardín botánico y que este pueda ser una colección científica viva que además documente la taxonomía, origen, hábitat y condición de las especies si nativa o endémica. El ser un espacio interactivo donde se pueda aprender sobre la diversidad de este lugar.

Y así cumplir los objetivos como ser un espacio de divulgación científica, educativa, con funciones también estéticas, turísticas y económicas. Donde el objetivo principal, básico y fundamental es la conservación ex situ de especies vegetales de la barranca de Huentitán.

Paleta vegetal para el cactario

Biznaga de Jalisco
(*Mammillaria jaliscana*), nativa



Barba de viejo (*Pilosocereus alensis*), endémica



Biznaga barril de acitrón
(*Ferocactus histrix*), endémica
dentro NOM059



Chilitos (*Mammillaria scrippsiana*), endémica



Nopal Lengua de Vaca (*Opuntia karwinskiana*), endémica



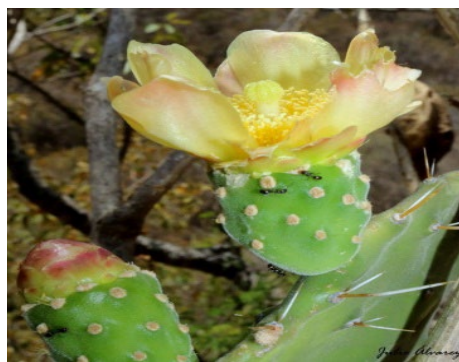
Gigante o Flor de noche
(*Nyctocereus serpentinus*),
endémica



Nopal velludo (*Opuntia velutina*), endémica



Nopal Hollin, Tuna (*Opuntia fuliginosa*), endémica



Tetencholete (*Opuntia pubescens*), Nativo



Cardón pitayo o Pitaya
(*Stenocereus queretaroensis*)
endémica



Órgano (*Isolatocereus dumortieri*)

Fuente: Imágenes. CONABIO, 2023

Paleta vegetal para el agavario

Bacanora (*Agave angustifolia*, Haworth),
nativa.



Lechuguilla mansa (*Agave schidigera*,
Lem.), nativa



Amole (*Agave vilmoriniana* Berger),
endémica.



Agave jaliscana (*Manfreda jaliscana*),
endémica.



Fuente: Imágenes. CONABIO, 2023

Paleta vegetal del humedal artificial (Bosque de galería)

Sabino (*Taxodium mucronatum*), nativa

Higuera blanca (*Ficus insípida*), nativa



Sauce (*Salix bonplandiana*), nativa



Saucillo, Palo de gua (*Salix taxifolia*),
nativa



Cotralillo (*Hamelia versicolor*), endémica



Escoba de arroyo (*Heimia salicifolia*),
nativa



Jara (*Bacharis salicifolia*), nativa



Fuente: Imágenes. CONABIO, 2023

Paleta vegetal de Bosque de Quercus

Roble (*Quercus resinosa*), Endémica



Encino (*Quercus viminea*), Endémica



Roble (*Quercus magnoliifolia*), Endémica



Encino (*Quercus praeco*), Endémica



Malvaste (*Clethra rosei*)



Encino (*Quercus praineana*) Nativa



Madroño (*Arbutus xalapensis*)



Encino (*Quercus laeta*) Endémica



Fuente: Imágenes. CONABIO, 2023

Paleta vegetal para el jardín de polinizadores

Hierba del cáncer (*Salvia amarissima*) Nativa



Salvia amarissima
Floración: Todo el año
Luz: Polinizador: Precio:
☀️ 🦋 🦋 🦋 \$40

(*Salvia buchananii*) Endémica



Salvia buchananii
Floración: Todo el año
Luz: Polinizador: Precio:
☀️ 🦋 🦋 🦋 \$60

Mirto peninsular (*Salvia*



Salvia clevelandii
Floración: Todo el año
Luz: Polinizador: Precio:
☀️ 🦋 🦋 🦋 N.D

clevelandii) Nativa

Mirto Coral
(*Salvia coccinea*) Nativa



Salvia coccinea
Floración: Todo el año
Luz: Polinizador: Precio:
☀️ 🦋 🦋 🦋 \$40

Mirto morado (*Salvia farinacea*)
Nativa



Salvia farinacea
Floración: Todo el año
Luz: Polinizador: Precio:
☀️ 🦋 🦋 🦋 \$40

Mirto mexicano (*Salvia longistyla*) Endémica



Salvia longistyla
Floración: Todo el año
Luz: Polinizador: Precio:
☀️ 🦋 🦋 🦋 \$40

Hierba de la pastora (*Salvia divinorum*) Nativa

Rosa de alabastro (*Echeveria elegans*) Endémica

Siempre viva (*Echeveria gibbiflora*) Nativa



Salvia divinorum

Floración: Otoño-Invierno
Luz: Polinizador: Precio:
☀️ 🦋 🐝 \$120

Lengua de conejo
(*Echeveria pulvinata*)
endémica



Echeveria elegans

Floración: Primavera
Luz: Polinizador: Precio:
☀️ 🦋 🐝 \$50

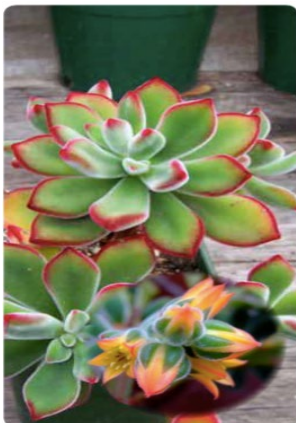
Conchita (*Echeveria secunda*)
Endémica



Echeveria gibbiflora

Floración: Primavera-Verano
Luz: Polinizador: Precio:
☀️ 🦋 🐝 \$120

Dhalia roja (*Dahlia coccinea*)
Nativa



Echeveria pulvinata

Floración: Primavera
Luz: Polinizador: Precio:
☀️ 🦋 🐝 \$50

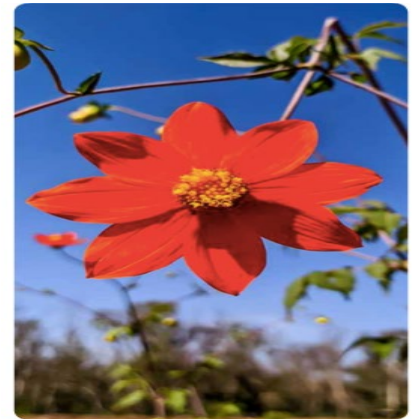
Arbusto de las mariposas
(*Buddleja davidii*) Nativa



Echeveria secunda

Floración: Primavera-Verano
Luz: Polinizador: Precio:
☀️ 🦋 🐝 \$70

Flor de duende (*Lantana cámara*)
Nativa



Dahlia coccinea

Floración: Verano-Invierno
Luz: Polinizador: Precio:
☀️ 🦋 🐝 \$60

Algodoncillo tropical
(*Asclepias curassavica*) Nativa



Pinillo (*Asclepias linaria*)
 Nativa



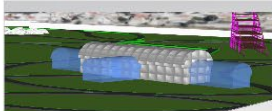
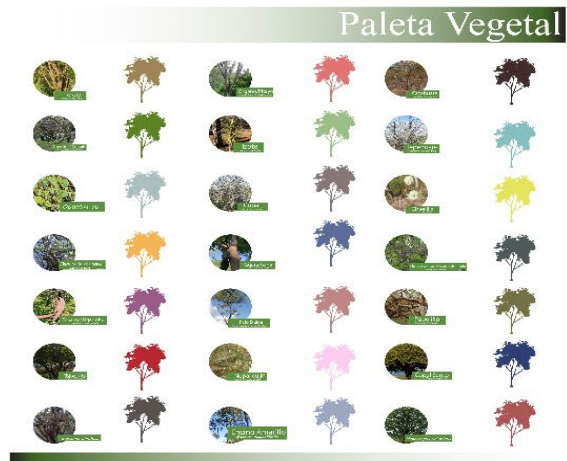
Bandera española (*Ipomoea quamoclit*) Nativa



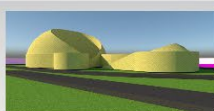
Fuente: Imágenes. CONABIO, 2023

BOSQUE ESCUELA BARRANCA DE HUENTITAN

MIRIAM ANDRADE



VIVERO



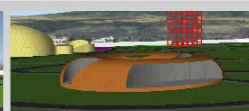
BIBLIOSONORAMA



EDIFICIO DE USOS MÚLTIPLES



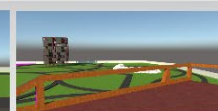
IIUMEDAL ARTIFICIAL



AREA DE JUEGOS



OBSERVATORIO DE AVES



La aplicación de la información generada en esta investigación puede proveer información para actualizar las normas para el manejo de áreas verdes y arbolado urbano de la Guadalajara de esta manera podría aplicarse también considerablemente con cierta obligatoriedad. Donde esas especies como lo establece la normativa debieran ser preferentemente endémicas y nativas de la ciudad y así comenzar a subsanar uno de los hechos que ya se identifican como problemas dentro de las normativas existentes y usadas por el municipio.

5.3 Calculadora para planeación de áreas verdes mediante el valor de sus servicios ecosistémicos

A partir de los conceptos desarrollados en el campo de la ecología del paisaje, se ha enfatizado la importancia de los espacios abiertos y se ha planteado la necesidad de abordar la planificación de estos espacios naturales considerando el territorio como un sistema integrado (Valdés, 2016, p.47). Se propone concebir el territorio como un sistema interconectado que genere calidad en la vida urbana, permitiendo la interacción entre diferentes escalas, como la ciudad, la región y el territorio, de manera similar a las vías de comunicación, las redes de energía y las infraestructuras sanitarias. Esta nueva perspectiva orienta el desarrollo urbano al considerar la vegetación como un elemento estructurador y articulador de los diversos subsistemas e infraestructuras.

En este contexto, los espacios verdes urbanos adquieren una gran importancia como parte de los procesos ecológicos y territoriales fundamentales. Estas áreas verdes urbanas desempeñan un papel crucial no solo en las políticas de desarrollo sostenible, sino también en las estrategias relacionadas con la preservación del patrimonio ambiental de la ciudad. Al integrar la vegetación nativa en la planificación urbana, se promueve la conservación de la biodiversidad, la mejora de la calidad ambiental y la promoción del bienestar de los ciudadanos.

En consecuencia, la planificación debe basarse en la visión del territorio como un sistema en el cual todos los espacios verdes tienen un papel necesario y son puntos clave para el ordenamiento de cualquier región o ciudad (Valdés, 2016).

Por lo tanto, es fundamental que sean planificados y gestionados fomentando nuevos criterios, visiones o paradigmas que refuercen estos criterios.

La planeación de áreas verdes más allá de una estética de paisaje, los servicios ecosistémicos se plantean como soluciones para los retos actuales que se enfrentan dentro de los entornos urbanos. Es por ello necesario la creación de herramientas que faciliten el planear las áreas verdes mediante sus servicios ecosistémicos como está planteado en el presente estudio.

La calculadora de servicios ecosistémicos de arbolado es una herramienta que permite diseñar áreas verdes de manera efectiva, considerando los servicios ecosistémicos proporcionados por cada especie de árbol. Con esta herramienta, se puede potenciar un servicio ecosistémico específico al seleccionar las especies adecuadas. También brinda la posibilidad de diseñar áreas verdes que ofrezcan servicios ecosistémicos de regulación, permitiendo cuantificar y conocer el valor de estos servicios. En resumen, esta calculadora facilita la planificación y propuesta de áreas verdes que optimizan los servicios ecosistémicos, ya sea enfocándose en uno en particular o considerando múltiples servicios de regulación. Esta herramienta resulta de la información obtenida resultante de procesar datos dasométricos del arbolado mediante el software de i-Tree de este estudio. La calculadora de servicios ecosistémicos de arbolado es una herramienta que permite diseñar áreas verdes de manera efectiva, considerando los servicios ecosistémicos proporcionados por cada especie de árbol. Con esta herramienta, se puede potenciar un servicio ecosistémico específico al seleccionar las especies adecuadas. También brinda la posibilidad de diseñar áreas verdes que ofrezcan servicios ecosistémicos de regulación, permitiendo cuantificar y conocer el valor de estos servicios. En resumen, esta calculadora facilita la planificación y propuesta de áreas verdes que optimizan los servicios ecosistémicos, ya sea enfocándose en uno en particular o considerando múltiples servicios de regulación. Otro uso que se identifica es que se pueden evaluar áreas verdes ya instauradas, solo es asegurarse de tener los datos de las especies que conforman el área verde que se quiere evaluar y así conocer el valor y cantidad de servicios ecosistémicos que provee.

Calculadora para diseño de áreas verdes por servicios ecosistémicos



Ingreso superficie de área verde en mts 2	20
Ingreso superficie que ocupa para cada árbol	6
Resultado No de árboles	3.33

No Árboles

Borrar



Superficie por árbol			Ingreso cantidad de individuos	Almacen de Carbono (AC) por árbol (Ton. Métrica)	Total Almacen de Carbono (AC) (Ton.métrica)	Secuestro de Carbono (SC) por árbol (Tonelada métrica)	Secuestro de Carbono (SC) total árboles (TonMétrica)	Escurrimiento Evitado (EE) por árbol (m3)	Escurrimiento evitado (EE) total arboles (m3)	Producción de Oxígeno (PO) por árbol (Kg)	Produccion de Oxígeno(PO) total arboles (Kg)	Contaminación Eliminada (CE) por árbol (gr)	Contaminación Eliminada (CE) total arboles (gr)	Valor Almacen de Carbono (AC) en \$Mex por árbol	Valor Almacen de Carbono (AC) en \$Mex Total	Valor Secuestro de Carbono(SC) en \$Mex por árbol	Valor Secuestro de Carbono (SC) en \$Mex Total	Valor Escurrimiento Evitado (EE)\$Mex por árbol	Valor Escurrimien to(EE) \$Mex Total	Valor de Continua ción eliminada (CE) \$Mex por árbol	Valor Continua ción eliminada (CE) \$Mex Total
	Ingreso Especie 1	Nogal de nuez chica (Carya illinoensis)	3	4.95	14.85	0.010	0.03	0.540	1.62	16.170	48.51	503.83	1511.49	18258.2	54774.60	22.32	66.96	24.38	73.14	220.04	660.12
	Ingreso especie 2	Torote (Bursera fagaroides)	4	0.04	0.16	0.010	0.04	0.020	0.08	32.000	128.00	17.35	69.40	136.52	546.08	44.23	176.92	0.84	3.36	7.55	30.2
	Ingreso especie 3	Buganvilla brasileña (Bougainvillea spectabilis)	8	0.33	2.64	0.040	0.32	0.060	0.48	110.550	884.40	57.45	459.60	1196.57	9572.56	152.89	1223.12	2.79	22.32	25.12	200.96
	Ingreso especie 4	Calistemon illorón (Callistemon viminalis)	13	0.05	0.65	0.010	0.13	0.010	0.13	31.900	414.70	10	130.00	166.7	2167.10	44.16	574.08	0.48	6.24	4.34	56.42
	Ingreso especie 5	Torito (Cascabela ovata)	15	0.07	1.05	0.010	0.15	0.140	2.10	24.600	369.00	132.8	1992.00	263.85	3957.75	34.05	510.75	6.42	96.3	57.94	869.1
												Total de eliminación de contaminante									
	Total arboles		43	Total Almacen de carbono (Ton. Métrica)	19.35	Total Secuestro de carbono (Ton.Métrica)	0.67	Total de escurrimiento evitado m3	4.41	Total de producción de oxígeno Kg	1844.61	gr	4162.48	Total SE en \$Mex	71018.09	Total SE en \$Mex	2551.83	Total SE en \$Mex	201.36	Total SE en \$Mex	1816.8
	Total de servicios ecosistémicos en \$Mex.		75588.08																		

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1wHBgrCZ8ZUAJoNoO2DMc4q5qo-QhUQco/edit?usp=drive_link&ouid=115311200028835486331&rtpof=true&sd=true

6. Discusión y análisis

Contribución a la Investigación de Servicios Ecosistémicos en Selvas Estacionales

Los resultados de este estudio son una valiosa contribución al conocimiento de los servicios ecosistémicos en selvas estacionales, un ecosistema históricamente subestimado en la investigación científica. Esta falta de atención ha resultado en una escasez de datos y estudios en estas áreas naturales, lo que a su vez limita nuestra comprensión de su importancia en el contexto global de la biodiversidad y la sostenibilidad. A nuestro conocimiento, este estudio sea el primer intento de evaluar los servicios ecosistémicos en el área natural de la Barranca de Huentitán, Jalisco, la cual destaca por la falta de investigaciones previas en este campo. Este hallazgo subraya la importancia de abordar la evaluación de servicios ecosistémicos en una variedad de ecosistemas, pero en este caso, uno que convive con el entorno urbano. El conocimiento generado a partir de este estudio puede llenar una brecha importante en nuestra comprensión de los procesos ecológicos y los servicios que los ecosistemas naturales, como las selvas, proporcionan. A su vez, en la colindancia del ecosistema de la Barranca con la ciudad de Guadalajara, aflora el reto que implica la convergencia de estos dos espacios que se retroalimentan entre sí. Por una parte, implica el reto de conservación de un área natural, que si bien, brinda servicios ecosistémicos a los habitantes de la ciudad, también recibe los impactos de la misma. Pero, por otra parte, también se abren las oportunidades para lograr la integración sustentable de la naturaleza y la ciudad.

Revertir el efecto de ciudad como generador de problemas ambientales a un rol restaurador

Las áreas urbanas se presentan como entornos propicios para la preservación de la biodiversidad. La presencia de la naturaleza en el tejido urbano es crucial en la promoción del bienestar humano y en la conservación de la diversidad biológica. La revitalización de zonas verdes se revela como un componente esencial para absorber el dióxido de carbono y purificar el aire entre otros servicios ecosistémicos de gran relevancia. Más allá de su contribución estética y la creación de áreas ajardinadas, se busca específicamente incorporar espacios verdes donde se promuevan especies de la diversidad local en lugares desafiantes, como avenidas, zonas peatonales, aceras, terrenos sin uso, plazas cercanas, terrazas y áreas con un mantenimiento reducido, promoviendo así un manejo más sostenible y respetuoso del ecosistema original de la región.

En este estudio se amplía la aplicación del software i-Tree, que generalmente se utiliza para calcular servicios ecosistémicos en áreas urbanas. La mayoría de los estudios que utilizan esta herramienta se han centrado en el arbolado urbano, y hay una escasez de investigaciones que apliquen esta herramienta en ecosistemas naturales. El estudio más cercano es el cuatro sistemas forestales periurbanos en Tequexquináhuac, Texcoco de Mora, Estado de México, publicado recientemente en el 2023, donde el objetivo principal fue la valoración económica de los servicios ecosistémicos (González, 2023). Otro estudio ha enfocado sus esfuerzos en el análisis del arbolado urbano utilizando de i-tree, para conocer estructura, diversidad y servicios ecosistémicos de 4 parques en Texcoco (Martínez Trinidad, 2021). Otros ejemplos se han centrado en conocer el valor de servicios ecosistémicos en parques, bosques y áreas verdes urbanas; como lo son estudios en Mérida (De la Concha H., 2017), Monterrey (De la Rosa, 2023) y el estudio del Bosque de Chapultepec (Benavides, 2012), son por lo general bosques urbanos en los que se ha utilizado esta herramienta. El estudio llevado a cabo consistió en un muestreo del arbolado urbano en la ciudad de Guadalajara, focalizado en las colonias adyacentes a la Barranca de Huentitán, así como en el arbolado de esta Área Natural Protegida (ANP). El propósito principal fue comparar las disparidades en los servicios ecosistémicos ofrecidos por las especies de la Barranca, principalmente pertenecientes al ecosistema de Selva Baja Caducifolia (SBC), con las especies exóticas presentes en la ciudad. Este enfoque permitió examinar cómo las características y el origen de las especies influyen en los servicios ecosistémicos que proporcionan.

La utilización exitosa de i-Tree en un ecosistema de selva baja caducifolia sugiere que esta herramienta puede ser adaptada y aplicada de manera efectiva en una variedad de contextos ecológicos. Esto abre la puerta a futuras investigaciones que utilicen i-Tree para evaluar los servicios ecosistémicos en una amplia gama de ecosistemas naturales en México y en otras partes del mundo. El conocimiento derivado de este estudio presenta implicaciones significativas para la conservación de los ecosistemas de selvas ya que, al comprender los servicios ecosistémicos ofrecidos por estas áreas naturales, los responsables de la toma de decisiones pueden adoptar medidas más fundamentadas para proteger y preservar estos valiosos ecosistemas. Esta consideración adquiere relevancia, especialmente en un contexto donde las selvas enfrentan amenazas persistentes, como la deforestación y el cambio climático.

El desafío de integrar los servicios ecosistémicos en la toma de decisiones implica la formulación de estrategias que gestionen los impactos ambientales y aprovechen las oportunidades asociadas al crecimiento económico. En este sentido, académicos y asesores se esfuerzan por proporcionar información crucial a los tomadores de decisiones, subrayando la imperante necesidad de transitar hacia trayectorias de desarrollo más sostenibles y ofreciendo opciones concretas para implementar estos cambios.

Las evaluaciones de servicios ecosistémicos (ESAV) emergen como una herramienta clave para abordar este desafío. No solo tienen el potencial de influir en las percepciones públicas al comunicar la importancia del funcionamiento de los ecosistemas en diversos sectores económicos y grupos sociales, sino que también suministran evidencia esencial sobre la dependencia de la sociedad y la economía de una amplia gama de servicios ecosistémicos para su supervivencia, seguridad y crecimiento (Berghöfer, 2016). Dichos servicios abarcan aspectos como ingresos, empleo, alimentos, vivienda, energía, reducción del riesgo de desastres, atención sanitaria, bienestar cultural y espiritual. Los ESAV se centran en identificar, articular y responder a las oportunidades asociadas con los beneficios y servicios proporcionados por la naturaleza. En resumen, este estudio representa un paso significativo en la dirección de comprender y valorar adecuadamente los servicios ecosistémicos de las selvas estacionales. Contribuye al conocimiento científico y destaca la importancia de ampliar la investigación en estas áreas naturales. Además, amplía la aplicabilidad del software i-Tree a entornos naturales, lo que podría tener un impacto positivo en futuros estudios de servicios ecosistémicos en todo el mundo.

Los resultados obtenidos se apoyaron en el procesamiento de datos utilizando el software i-Tree, que facilitó la diferenciación y comparación de los servicios ecosistémicos entre especies nativas e introducidas (exóticas). A continuación, se describen los principales descubrimientos de este análisis:

Almacenamiento de carbono (Toneladas métricas por árbol) de especies nativas vs. exóticas: Aunque algunas especies exóticas mostraron una ligera ventaja en este servicio ecosistémico, las especies nativas también demostraron un significativo potencial en la retención de carbono. Los datos revelan que, a pesar de las diferencias entre especies, varias de las especies nativas sobresalen en la provisión de este servicio.

Secuestro de carbono (Toneladas métricas por árbol) de especies nativas vs. exóticas: Las gráficas evidencian que algunas especies exóticas exhiben un mayor valor en cuanto a este servicio, pero también se destaca el potencial de las especies nativas, dado que la diferencia entre ambas no es significativa. Esto sugiere que tanto las especies nativas como las exóticas contribuyen al secuestro de carbono en los bosques urbanos.

Escurrecimiento evitado por árbol ($\text{m}^3/\text{año}$) de especies nativas vs. exóticas: Se observa que algunas especies nativas tienen un valor más alto en este servicio, resaltando así su importancia en la mitigación de la escorrentía y la prevención de inundaciones. Además, se evidencia el potencial de otras especies, tanto nativas como exóticas, ya que la diferencia entre ellas no es significativa.

Producción de oxígeno por árbol (Kg. /año) de especies nativas vs. exóticas: Aunque algunas especies exóticas presentan un mayor valor en este servicio, también se reconoce el potencial de varias especies nativas. La diferencia entre especies no es significativa, lo que sugiere que tanto las especies nativas como las exóticas contribuyen a la producción de oxígeno en los bosques urbanos.

Contaminación eliminada por árbol (gr. /año) de especies nativas vs. exóticas: Se destaca que algunas especies nativas tienen un mayor valor en términos de eliminación de contaminantes atmosféricos. Sin embargo, es esencial reconocer que tanto las especies nativas como las exóticas contribuyen a este servicio, siendo crucial para mejorar la calidad del aire en áreas urbanas.

En otros estudios revisados, se observa una tendencia a valorar los servicios ecosistémicos del arbolado urbano, con menos énfasis en la comparación entre entornos urbanos y naturales, o entre vegetación nativa y exótica. Sin embargo, estudios como el del Inventario del arbolado urbano de la ciudad de León Guanajuato (De la Concha, 2020) y el realizado en el TecNM Campus Colima (Arceo, 2023) proporcionan perspectivas valiosas sobre la evaluación de servicios ambientales y la gestión de áreas verdes urbanas. Estos hallazgos refuerzan la importancia de considerar los servicios ecosistémicos en la planificación y gestión urbana, como se destaca en otros estudios, como el de la Ciudad de Kyoto, Japón (Xie, 2023), y el caso de estudio de Cracovia (Siedlarczyk, 2019), que resaltan la utilidad de herramientas como i-Tree Eco en la planificación de ciudades inteligentes y sostenibles. En síntesis, los resultados indican que tanto las especies nativas como las exóticas ofrecen servicios ecosistémicos importantes en los bosques urbanos. Aunque se observaron algunas diferencias entre ellas, es crucial reconocer el valor y el potencial de ambas, especialmente en la mejora de la calidad del aire y la mitigación de los efectos del cambio climático en entornos urbanos. Además, el estudio subraya la importancia de conservar y fomentar la diversidad vegetal, especialmente de especies nativas, para garantizar la salud y la resiliencia de los ecosistemas urbanos, así como la conservación de las áreas periurbanas, como la Barranca de Huentitán

Diferencias entre Árboles Urbanos y Árboles en Ecosistemas Naturales

La evaluación de los servicios ecosistémicos de los árboles tanto en áreas urbanas como en ecosistemas naturales a través del software i-Tree ha revelado diferencias notables. Estas diferencias son cruciales para comprender la importancia y el impacto de la vegetación en estos dos contextos distintos, la ciudad y la selva baja caducifolia. En las ciudades, los árboles tienden a ser especies exóticas seleccionadas por su capacidad para adaptarse al entorno urbano. Un estudio realizado en Berlín revela mediante una investigación de plantas exóticas en entornos urbanos. La urbanización en este caso de ciudades de Europa central impulsa significativamente la presencia de especies no autóctonas. En áreas urbanas, como desde las afueras hasta el centro de Berlín, el porcentaje de especies exóticas aumenta del 30 al 50%. Este fenómeno se relaciona con factores como la disponibilidad de nichos urbanos específicos, la alta perturbación en entornos urbanos y el menor aislamiento de fuentes de semillas (Kowarik,2008). La disponibilidad de nichos específicos en ambientes urbanos puede explicar la colonización exclusiva de ciertas especies exóticas en hábitats industriales y perturbados. Además, la perturbación humana, indicada por la intensidad de la actividad antrópica, está vinculada a la mayor presencia de especies exóticas en áreas urbanas. El aislamiento limitado de fuentes de semillas también influye, especialmente en la capacidad de especies exóticas para colonizar hábitats urbanos. El estudio destaca la relevancia de las condiciones de inmigración para el éxito de las especies exóticas en ambientes urbanos. La temperatura, combinada con la perturbación, juega un papel crucial, facilitando la adaptación de especies exóticas a condiciones urbanas. Aunque la investigación se centra en especies de plantas, se subraya la necesidad de comprender los factores específicos del entorno urbano que favorecen la invasión de especies exóticas. Estos mismos que facilitan el que las especies exóticas puedan sobrevivir en un ambiente transformado por la presencia humana por las características antes mencionadas (Kowarik,2008). Por otro lado, los árboles de la selva baja caducifolia son nativos, con una larga historia de adaptación a las condiciones naturales. Esta diferencia es crucial, ya que los árboles nativos a menudo son más efectivos para apoyar la biodiversidad local y mantener los ciclos naturales.

En este estudio encontramos que la tendencia se mantiene por más especies exóticas que nativas en Guadalajara. Primero, si analizamos detalladamente el Reglamento de áreas verdes y recursos forestales de Guadalajara, encontramos que la selección de especies recomendadas en este instrumento de planeación sugiere un listado de al menos 55 % exóticas. Por otra parte, en el inventario de arbolado urbano realizado dentro de este estudio se encontró que el 67.44% de las especies son introducidas. La densidad de árboles varía significativamente entre entornos urbanos y ecosistemas de selva estacional. En las ciudades, la densidad tiende a ser menor, con árboles dispersos en áreas como parques y calles. Por el contrario, en la selva, los árboles forman un dosel denso que cubre gran parte del área, contribuyendo a la conservación de la humedad y al equilibrio del ecosistema. En cuanto al tamaño, los árboles urbanos suelen ser más pequeños y de menor altura debido a la limitación del espacio y al mantenimiento humano, que a menudo implica podas regulares. En contraste, los árboles de la selva tienen la oportunidad de crecer a alturas mucho mayores, lo que influye en su capacidad para proporcionar servicios ecosistémicos como sombra y refugio para la fauna.

En cuanto al ciclo de vida, los árboles urbanos tienden a tener vidas más cortas debido al mantenimiento y la replantación frecuente, mientras que los árboles en la selva pueden vivir durante décadas o incluso siglos, lo que afecta la estabilidad a largo plazo de los servicios ecosistémicos. Además, los árboles urbanos interactúan con el entorno construido y otras especies adaptadas a la vida en la ciudad, formando parte de un ecosistema urbano. En cambio, los árboles de la selva son parte de un ecosistema natural, interactuando con una variedad de especies silvestres y siendo influenciados por factores climáticos y edáficos específicos de la selva. En conclusión, es crucial considerar estas diferencias al evaluar y gestionar los servicios ecosistémicos de los árboles en áreas urbanas y ecosistemas naturales. La elección de especies, la densidad, el tamaño, el ciclo de vida y el contexto ecológico influyen en la capacidad de los árboles para proporcionar servicios como purificación del aire, retención de agua y conservación de la biodiversidad. Ambos contextos tienen su propio valor y deben abordarse de manera diferenciada para maximizar su contribución a la calidad de vida y la sostenibilidad.

Servicios ecosistémicos culturales que aporta la Barranca de Huentitán a la ciudad.

La Barranca de Huentitán, además de ser un valioso espacio natural que proporciona servicios ecosistémicos, desempeña un papel esencial en la vida cultural y comunitaria de Guadalajara. En este sentido, se destacan varios aspectos de los servicios ecosistémicos culturales que ofrece este enclave protegido:

Recreación y Deportes- La Barranca es un lugar donde se llevan a cabo diversas actividades recreativas y deportivas, como senderismo y ciclismo, brindando oportunidades para que personas de todas las edades disfruten del aire libre y la naturaleza, fortaleciendo lazos de amistad y compañerismo.

Espiritualidad y Religión- La presencia de imágenes religiosas y una capilla en la entrada de la Barranca reflejan su importancia en la vida espiritual de la comunidad, siendo un sitio propicio para la reflexión y la conexión con lo divino, y como la importancia de formar parte de la cultura e identidad de la población que habita en la zona de la Barranca. Tal es el caso del turismo rural del área natural protegida (ANP) Insurgente Miguel Hidalgo y Costilla (México), donde las festividades religiosas forman parte significativa de la actividad turística del lugar, manteniendo así su identidad y costumbres (Pérez-Ramírez, 2016). Estos espacios dentro del área de la Barranca demuestran ser importantes dentro de los servicios que ofrece esta Área Natural Protegida. Las festividades religiosas y peregrinaciones, junto con la valoración paisajística, pueden ser aprovechadas turísticamente de manera sostenible. Esto no solo preservaría estos recursos, sino que también contribuiría al empoderamiento comunitario y a una mejor gestión y conservación del Área Natural Protegida (Dávila, 2022).

Actividades Artísticas y Folclor- La música y expresiones artísticas locales encuentran en la Barranca un escenario para su exhibición, enriqueciendo la vida cultural y reforzando la identidad de la comunidad.

Inclusión de Género- Grupos como el "Grupo de Mujeres de Montaña de Guadalajara" encuentran en la Barranca un espacio seguro y de apoyo, contribuyendo a la equidad de género y proporcionando oportunidades para superar desafíos emocionales y sociales.

Actividades de Conservación y Reforestación- La participación comunitaria en actividades de conservación, como la reforestación y la limpieza, evidencia un compromiso ambiental y una corresponsabilidad ciudadana en la protección de este entorno natural. La percepción de la población sobre la necesidad de conservar los bosques se basa en los significados y utilidades que le atribuyen, lo que influye en sus estrategias de manejo de este recurso. Entender cómo perciben y se comportan los individuos es crucial para los tomadores de decisiones, ya que proporciona información sobre los intereses de los actores y las oportunidades de compromiso con proyectos locales. Las percepciones están moldeadas por factores socioeconómicos, culturales, geográficos, experiencia en el manejo del recurso e información participación en procesos colectivos. Frente al fracaso de programas de conservación, se propone la participación social como eje de las políticas ambientales, buscando consensos para promover la conservación y el uso sostenible. Las percepciones sociales son estratégicas para incorporar perspectivas y demandas locales en la planeación de programas, rompiendo el paradigma de decisiones autoritarias que han llevado al desinterés local y al fracaso. Es relevante investigar las percepciones ambientales y evaluar el grado de involucramiento de los actores locales en las acciones de conservación, ya que su participación aumenta las oportunidades de éxito. La agencia humana resalta la capacidad de los actores locales para diseñar políticas significativas a nivel territorial, lo que requiere canales inclusivos que reconozcan la diversidad y las necesidades locales (Soares, 2021).

Estos aspectos resaltan la relación enriquecedora entre la comunidad y la Barranca de Huentitán, que va más allá de su función ecológica, convirtiéndola en un tesoro cultural y comunitario que promueve la inclusión social, fortalece el sentido de pertenencia y fomenta la responsabilidad ambiental. Esta conexión profunda entre la naturaleza y la cultura subraya la importancia de conservar y proteger áreas naturales como la Barranca para las generaciones presentes y futuras. Por ejemplo, el estudio realizado en San Francisco Oxtotilpan, Estado de México, una comunidad dentro de un Área Natural Protegida (ANP), proporciona resultados comparables sobre los Servicios Ecosistémicos (SE) culturales de la Barranca. Donde se destaca la importancia de las actividades de conservación y la regulación del acceso al territorio. Además, se identifican varios tipos de SE culturales, como recreación, espirituales, religiosos, estéticos, que generan sentido de identidad y pertenencia, junto con aquellos relacionados con la herencia cultural, los sensoriales y el bienestar (Millán, 2021). Otro estudio de Servicios Ecosistémicos (SE) culturales realizado en la cuenca del río Mariño, región Apurímac en Perú, donde el objetivo principal de promover el ecoturismo. Este estudio evaluó varios SE culturales relacionados con el ecoturismo y utilizó diversos métodos para identificar su potencial y uso. Se encontró que los elementos naturales y los lugares mapeados que generan SE culturales están ubicados en zonas antropizadas, pero aun así poseen un valor ecológico excepcional. Se destaca que la valoración económica de la naturaleza no captura completamente su valor, ya que hay otros aspectos importantes a considerar. Sería beneficioso combinar tanto criterios económicos como no económicos para comprender mejor el comportamiento y las motivaciones de las personas hacia la conservación, en donde también se recomendó fomentar una mayor investigación sobre los SE culturales, dada la riqueza natural y cultural particular de cada espacio en Perú (Valdivia, 2017). Esta misma situación puede aplicarse al Área Natural Protegida (ANP) de la Barranca. Por los estudios presentados, se resalta el valorar los servicios ecosistémicos más allá de un simple valor económico, sino además el no económico es relevante sobre todos para integrar a la población para la conservación de los espacios naturales.

Integración de Espacios Verdes Urbanos y Servicios Ecosistémicos en la Planificación Urbana, mediante una calculadora de SE como herramienta de apoyo.

El enfoque emergente en la ecología del paisaje, que considera el territorio como un sistema integrado y la vegetación como un elemento clave en la planificación urbana, es fundamental para abordar los desafíos de las ciudades modernas (Acosta, 2020). En este contexto, la integración de espacios verdes urbanos y servicios ecosistémicos se vuelve crucial, y una herramienta que destaca en este proceso es la calculadora de servicios ecosistémicos de arbolado. La concepción del territorio como un sistema interconectado reconoce que los espacios verdes urbanos son elementos fundamentales que interactúan con otros subsistemas e infraestructuras urbanas (Upegui, 2016).

Estos espacios no solo tienen un valor estético, sino que también proporcionan servicios ecosistémicos clave, como la regulación del clima, la purificación del aire y la conservación de la biodiversidad, contribuyendo así a la calidad de vida en las ciudades. La planificación basada en servicios ecosistémicos se centra en optimizar los servicios que ofrecen los espacios verdes urbanos. La calculadora de servicios ecosistémicos de arbolado permite seleccionar especies de árboles específicas para potenciar ciertos servicios, adaptándose a las necesidades de una región o ciudad. Además, esta herramienta facilita la evaluación de áreas verdes existentes, permitiendo una mejora continua mediante la toma de decisiones informadas sobre la gestión y la inversión en estos espacios. El conocimiento de la vegetación y sus servicios ecosistémicos puede fortalecer la corresponsabilidad ciudadana para el cuidado de las áreas verdes urbanas y periurbanas, no solo limitarla a las autoridades locales. Su aporte es también valorar y generar la responsabilidad de los habitantes de la ciudad en la conservación y el uso sostenible de los espacios verdes urbanos. Al comprender y nombrar los servicios ecosistémicos que brindan estos espacios, los ciudadanos pueden apreciar aún más su importancia y contribuir a su cuidado y preservación.

Bosque escuela Barranca de Huentitán

El Bosque Escuela en la Barranca de Huentitán representa una iniciativa innovadora para la educación ambiental y la conservación en un entorno urbano. Destaca por su enfoque educativo dinámico, que busca concienciar a la comunidad sobre la importancia de la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. Utiliza el método Miyawaki para crear bosques urbanos nativos-endémicos, lo que contribuye a la absorción de CO₂ y mejora la calidad del aire en la ciudad. Además, la diversidad de la paleta vegetal utilizada refleja la riqueza del ecosistema de la Barranca, enriqueciendo la experiencia educativa. La integración de un vivero y un banco de germoplasma promueve la conservación y la restauración ecológica, mientras que el espacio también sirve como centro de divulgación científica. Social y económicamente, el Bosque Escuela puede convertirse en un destino turístico y cultural, generando oportunidades para la comunidad local. En resumen, esta iniciativa multifacética promueve una mayor conexión y respeto por la naturaleza en el contexto urbano, demostrando cómo la educación y la conservación pueden coexistir.

Conclusión

El desarrollo urbano contemporáneo enfrenta un desafío central: la falta de integración efectiva de la naturaleza en la planificación urbana. Este escenario demanda un replanteamiento del enfoque actual para lograr una coexistencia armoniosa entre el entorno urbano y la naturaleza periurbana circundante. Esta redefinición destaca la importancia de adoptar soluciones basadas en la naturaleza para abordar los desafíos del crecimiento urbano, con el enfoque de generar las herramientas y el conocimiento para así planificar la renaturalización de los espacios urbanos. En este contexto, los bosques urbanos emergen como elementos esenciales para la creación de entornos urbanos más sostenibles. Más allá de su contribución a la conservación de la biodiversidad, estos bosques ofrecen una amplia gama de servicios ecosistémicos, como la purificación del aire y la mitigación del calor urbano, remoción de contaminantes atmosféricos, almacenar y secuestrar carbono.

La integración de la naturaleza y servicios ecosistémicos en la planificación urbana no solo mejora la calidad de vida de los habitantes urbanos, sino que también contribuye a la sostenibilidad y resiliencia de las ciudades frente al cambio climático. Los bosques urbanos y áreas verdes bien diseñados desempeñan un papel crucial en la adaptación y mitigación de eventos climáticos extremos, fortaleciendo así la capacidad de las ciudades para enfrentar desafíos ambientales. La integración de soluciones basadas en la naturaleza en la planificación urbana es además esencial para crear ciudades más sostenibles y resilientes. La implementación de vegetación considerando los servicios ecosistémicos como punto de partida para una cuidadosa selección de especies vegetales con el objetivo de la renaturalización de espacios urbanos, donde esté a su vez funcionen para conectar las ciudades con sus valiosas áreas naturales periurbanas, propiciando potenciar y permear los servicios ecosistémicos de la Barranca de Huentitán hacia la ciudad.

Al considerar la definición de Ciudades Inteligentes proporcionada por la OCDE, se destaca la importancia de adoptar prácticas sostenibles para abordar los desafíos ecológicos. Este estudio señala que, si bien no hubo diferencias significativas entre la vegetación nativa y urbana en algunos servicios evaluados, se observaron ciertos valores más altos en los árboles nativos de la Barranca de Huentitán en comparación con los árboles exóticos de áreas urbanas. Esto sugiere el potencial de la vegetación nativa para funcionar en entornos urbanos, especialmente debido a su adaptación a las condiciones climáticas y el tipo de suelos. Además, considerando que las especies pertenecientes a la Barranca que están adaptadas a suelos poco profundos y rocosos, así como su resistencia a sobrevivir con poca agua, cualidad de la vegetación de selvas bajas caducifolias de la región. La integración de espacios verdes urbanos y servicios ecosistémicos en la planificación urbana es crucial para abordar los desafíos ambientales y mejorar la calidad de vida en las ciudades modernas. La calculadora de servicios ecosistémicos de arbolado propuesta en esta investigación, junto con una paleta vegetal que incluye especies del ANP de la Barranca de Huentitán, representa herramientas valiosas en el proceso de planificación y gestión sostenible de áreas verdes urbanas. Estas iniciativas no solo beneficiarán al medio ambiente y la biodiversidad local, sino que también promoverán una mayor conciencia ambiental e identidad en la sociedad y contribuirán a la construcción de ciudades más saludables y sostenibles.

7. Revisión documental - referencias consultadas

Abdollahi Kamran, N., Zhu, N., Legiandenyi Thomas, & Khanal, P. (2012). Urban Forest Ecosystem Structure, Function, and Value. Urban Forestry Research Report UFOR-LAX-2012, Southern University Agricultural Research and Extension Center.

Acosta, I. M. (2020) Infraestructura verde: evaluación de los servicios ambientales de tres parques urbanos en clima árido. El caso de Torreón, Coahuila.

Alvarado-Quesada, I. A., & Mariño-Rojas, G. S. (2021). La permeabilidad como estrategia de mediación entre la arquitectura y la naturaleza.

Angeoletto, F., Essy, C., Ruiz Sanz, J. P., Fonseca da Silva, F., Massulo Albertin, R., Maciel Correa Santos, J. W., & Lamela, A. (2015). Ecología Urbana: la Ciencia Interdisciplinaria del Planeta Ciudad. *Desenvolvimento em Questão*, 13(32), 6-20.

Arceo, S. V., Rivera, M. R., Márquez, G. R., Portillo, J. L., Díaz, S. A., & Ruesga, M. C. (2023). Servicios ambientales del bosque urbano: Pauta para optimizar las áreas verdes del TECNm Campus Colima. *Revista de arquitectura y urbanismo Taypi*, 2(3), 24-37.

Avendaño-Leadem, D. F., Cedeño-Montoya, B. C., & Arroyo-Zeledón, M. S. (2020). Integrando el concepto de servicios ecosistémicos en el ordenamiento territorial. *Revista Geográfica de América Central*, (65), 63-90.

Ayuntamiento de Guadalajara. (2017). Reglamento de Áreas verdes y Recursos Forestales de Guadalajara. Suplemento de la Gaceta Municipal.

Balvanera, P., Quijas, S., Karp, D. S., Ash, N., Bennett, E. M., Boumans, R., ... & Walz, A. (2017). Ecosystem services. *The GEO handbook on biodiversity observation networks*, 39-78.

Benavides Meza, H. M., & Fernández Grandizo, D. Y. (2012). Estructura del arbolado y caracterización dasométrica de la segunda sección del Bosque de Chapultepec. *Madera y bosques*, 18(2), 51-71.

Briones Recinos, M. E. (2022). Analisis del ecosistema Cañon del Sumidero Paraje "Loma larga" Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Caballero, N. (2014). Revisión del marco conceptual sobre Servicios Ecosistémicos. *Servicios Ecosistémicos*, 3.

Camacho Valdez, V., & Ruíz Luna, A. (2012). Marco conceptual y clasificación de los servicios ecosistémicos. *Revista Bio Ciencias*, 1(4), 3-15.

Cárdenas, M. F., & Giraldo-Ospina, T. (2021). Espacio público efectivo en Manizales y Medellín, Colombia: evaluación cuantitativa de su generación y distribución en dos momentos normativos. *urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 13, e20210075.

Carrere, R. (2011). Una visión crítica de REED. Cambio climático y justicia ambiental. Una introducción. Instituto Latinoamericano de Servicios Legales (ILSA), Bogotá, 229-241.

CICY. (2010). *Flora: Península de Yucatán*. CICY. Recuperado el 03 de marzo del 2024, de <https://www.cicy.mx/sitios/flora%20digital/index.php>

CONABIO, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. (2023, Junio 22). *Distribución de las especies*. Biodiversidad Mexicana. Recuperado el 03 de marzo del 2024, de <https://www.biodiversidad.gob.mx/especies/distribesp>

CONABIO, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. (2023, Marzo 6). *Jardín para polinizadores*. Biodiversidad Mexicana. Retrieved March 4, 2024, from <https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/procesose/polinizacion/jardin-de-polinizadores>.

Cueva, J., Yakouchenkova, I. A., Fröhlich, K., Dermann, A. F., Dermann, F., Köhler, M., ... & Saha, S. (2022). Synergies and trade-offs in ecosystem services from urban and peri-urban forests and their implication to sustainable city design and planning. *Sustainable Cities and Society*, 82, 103903.

Dávila, D. E. G., & Damián, A. G. (2022). Patrimonio cultural inmaterial como herramienta de conservación y atracción turística sustentable en el Área Natural Protegida Sierra de lobos, Guanajuato. *Dimensiones Turísticas*, 6(11), 35-58.

De la Concha, M. S. H. (2020) *Inventario del arbolado urbano de la ciudad de León Guanajuato*.

De la Concha H., Roche Cano L., García Burgos A. (2017). *Inventario de arbolado urbano de la ciudad de Mérida*. Ayuntamiento de Mérida 2018 -2021.

De Esteban, A., et al. (1982). *Estudio comparado de estándares de equipamiento*. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.

De la Fuente Val, G. (2020). Método Miyawaki: Bosques naturales en 10 años para revegetar nuestras ciudades. Recuperado de <https://www.tourismlandscapes.com//metodo-miyawaki-bosques-naturales-en-10-anos-para-revegetar-nuestras-ciudades/>

Di Pace, M., Caride Bartrons, H. (2012). *Ecología urbana*. Universidad Nacional de General Sarmiento.

Dirección general de repositorios Universitarios, Universidad Nacional Autónoma de México. (2023). Portal de Datos Abiertos UNAM, Colecciones universitarias. Recuperado el 03 de marzo del 2023, de <https://datosabiertos.unam.mx/>

Fialová, J., Bamwesigye, D., Łukaszewicz, J., & Fortuna-Antoszkiewicz, B. (2021). Smart cities landscape and urban planning for sustainability in Brno City. *Land*, 10(8),

FIPRODEFO. (2018). Diagnóstico de capacidades municipales para el manejo del arbolado y áreas verdes. Geoportal FIPRODEFO. Recuperado el 03 de marzo del 2024, de https://geoportal.fiprodefo.gob.mx/wp-content/uploads/diagnosticos_municipales/CAPACIDADES_MUN.pdf

Gasparri, B., Rodríguez Tourón, G. Cristaldo, L. (2021). Plantas nativas, Renaturalizando las ciudades. 1a edición. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires Fundación de Historia Natural Félix de Azara, 2021.

González-Hernández, L., Romo-Lozano, J. L., Cristóbal-Acevedo, D., Damian, M. Á. M., & Caballero, L. M. (2023). Valoración económica de los servicios ecosistémicos de cuatro sistemas forestales periurbanos a través de i-Tree Eco. *Madera y Bosques*, 29(3), e2932588-e2932588.

Gobierno Municipal de León. (2021). Paleta vegetal. Dirección General del Medio Ambiente. Recuperado de <https://leon.gob.mx/modulos/img/adjuntos/adjuntos-609.pdf>

Grimm, N. B., Faeth, S. H., Golubiewski, N. E., Redman, C. L., Wu, J., Bai, X., & Briggs, J. M. (2008). Global change and the ecology of cities. *science*, 319(5864), 756-760.

Hurtado-Torres, M. C., Montañez-Escalante, P. I., & Jiménez-Osornio, J. J. (2022). La selva tropical y los servicios ecosistémicos que brinda. Percepciones de una comunidad maya del sur de Yucatán, México. *Investigaciones Geográficas*. Advance online publication. <https://doi.org/10.14198/INGEO.21124>

INECC. (2020). Revisión y análisis de documentos sobre valoración económica de los servicios ecosistémicos de México de 1990 a 2019. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), México.

Kowarik, I. (2008). On the role of alien species in urban flora and vegetation. *Urban ecology: An international perspective on the interaction between humans and nature*, 321-338.

Lamela, A., Molini, F., & Salgado, M. (2011). En búsqueda de unas recomendaciones urbanísticas mundiales de densidad y espacios verdes. *Nimbus*, (27-28), 95-118.

Lefebvre, H. (1991). *The Production of Space*. Blackwell.

Leija, E. G., & Mendoza, M. E. (2021). Estudios de conectividad del paisaje en América Latina: retos de investigación. *Madera bosques*, 27(1).

Loarie, S., Ueda, K. y Espinel, Á. (2020). Naturalista. Recuperado el 03 de marzo de 2024 <https://www.naturalista.mx/>

López, L. (2012). La importancia de la interdisciplinariedad en la construcción del conocimiento desde la filosofía de la educación. *Sophia*, 13, 367-377.

López, R., Cházaro, M., González, R., y Covarrubias, H. (2011). Árboles de las Barrancas de los ríos Santiago y Verde. CEA Jalisco, dirección de Cuencas y Sustentabilidad, Gerencia Ambiental y Desarrollo Sustentable.

López, V. R., Cházaro, B. M., González, M. R. M., & Covarrubias, L. H. (2011). Árboles de las Barrancas de los ríos Santiago y Verde. Comisión Estatal del Agua de Jalisco, México.

Marín, C. S. (2019). Una nueva espacialidad del agua: Estrategias de diseño basadas en la gestión integral de aguas lluvias como generador de oportunidades urbanas: Caso de la Comuna de Renca (Doctoral dissertation, Pontificia Universidad Católica de Chile (Chile)).

Martínez Roca, F. A. (2021). Interpretación y Evaluación de Servicios Ecosistémicos del Capital Natural en Momentos Históricos: El caso de Nou Barris 1947 – 2020. Máster en Intervención Sostenible del Medio Construido. Univeritat Politècnica de Catalunya.

Martínez-Trinidad, T., Hernández López, P., López-López, S. F., & Mohedano Caballero, L. (2021). Diversidad, estructura y servicios ecosistémicos del arbolado en cuatro parques de Texcoco mediante i-Tree Eco. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 12(67), 202-223.

Martínez-Valdés, V., Silva Rivera, E., & González Gaudiano, E. J. (2020). Parques urbanos: un enfoque para su estudio como espacio público. *Intersticios sociales*, (19), 67-86.

Milton Santos. (1978). Por una Geografía Nueva: De la Crítica de la Geografía a una Geografía Crítica. Editorial Espasa-Calpe, S.A.

Millán-Rojas, L., Arteaga-Reyes, T. T., Moctezuma-Pérez, S., & Nava-Bernal, G. (2021). Servicios ecosistémicos culturales en áreas de relevancia ecológica y cultural. Una comunidad matlatzinca en el centro de México. *Sociedad y Ambiente*, (24), 1-29.

Molina-Prieto, L. F., & Vargas-Gómez, O. (2012). Gestión estratégica de la arborización urbana: beneficios ecológicos, ambientales y económicos a nivel local y global (urban tree Planting management strategies: ecological, environmental and economic benefits at the global and local levels). *Revista Soluciones de Postgrado*, 5(9), 39-61.

Moreno, O., Lillo, C., & Gárate, V. (2014). La infraestructura verde como espacio de integración. In XI Simposio de la Asociación Internacional de Planificación Urbana y Ambiente (UPE 11)(La Plata, 2014).

Reid, W. V., Mooney, H. A., Cropper, A., Capistrano, D., Carpenter, S. R., Chopra, K., ... & Zurek, M. B. (2005). *Ecosystems and human well-being-Synthesis: A report of the Millennium Ecosystem Assessment*. Island Press.

Navarro Rodríguez, M. D. C., Guevara, L. G., Vargas, R. F., & Salido, R. A. (2015). Fragmentación y sus implicaciones. Análisis y reflexión documental. México: Universidad de Guadalajara. Disponible en <https://bit.ly/3I6AWUV>.

Nowak, D. J., & Dwyer, J. F. (2010). *Understanding the Benefits and Costs of Urban Forest Ecosystems. Urban and Community Forestry in the Northeast*.

Ochoa-Jurado, R. (2021). *Ecología urbana: ciudades regenerativas: diseño urbano en reconciliación con la naturaleza*. Arquitónica editorial.

ONU-Hábitat. (2018). INFORME CPI EXTENDIDO AGLOMERACIÓN URBANA DE GUADALAJARA. ISBN Number: (Volumen) 978-92-1-132820-2.

Pacha, M. J. (2014). Valoración de los servicios ecosistémicos como herramienta para la toma de decisiones: Bases conceptuales y lecciones aprendidas en la Amazonia. Brasilia, Iniciativa Amazonia Viva.

Pennington, T. D., & Sarukhán, J. (2005). *Árboles tropicales de México: manual para la identificación de las principales especies*. UNAM.

Pérez de Ontiveros Molina, A. (2021). La Escuela Bosque como modelo de escuela alternativa: antecedentes, características y repercusión. *Revista de Educación Ambiental y Sostenibilidad*,3(1),1303.doi:10.25267/Rev_educ_ambient_sostenibilidad. 2021.v3.i1.1303.

Pérez- Ramírez, C. A. (2016). Turismo rural en el ANP insurgente Miguel Hidalgo y Costilla: impactos y estrategias para la conservación ambiental. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, 10(1), 3-21.

Revah, L. O., & Espejel, I. (Eds.). (2014). *Cuando las áreas verdes se transforman en paisajes urbanos: la visión de Baja California*. El Colegio de la Frontera Norte.

Reyna Bustos, O. F. (1990). *Cactáceas y Suculentas de las Barrancas aledañas a la ciudad de Guadalajara, Jalisco, México*. Instituto de Botánica de la Universidad de Guadalajara.

Rodríguez-Sánchez, E. P., Mora-Santiago, E., Quiroz-Guevara, A. L., Cruz Cabrera, S. V., Peña Becerril, J. C., & Olvera-Sule, D. A. (2019). Aproximación a la valoración de los servicios ecosistémicos del bosque de Capulálpam de Méndez, Oaxaca, como herramienta para su conservación. *Acta Universitaria*, 29, e2002. doi:10. 15174.au.2019.2002.

Sahagún Sánchez, F. J., Aceves Sánchez, J., Sánchez Romero, E., & Plazola Zamora, L. (2020). Valoración de los servicios ecosistémicos en áreas verdes. El caso del Parque Metropolitano de Guadalajara, México. *Acta Universitaria. Multidisciplinary Scientific Journal*, 30.

Sahagún, E., Macias, M., Carrillo, P., Larrañaga, N., y Vázquez, J. (2014). Guía de campo de los árboles tropicales de la Barranca del Río Santiago en Jalisco, México. Universidad Autónoma de Guadalajara, Universidad de Guadalajara y COECYTJAL.

Salvador Palomo, P. J. (2003). *La Planificación verde en las ciudades*. Gustavo Gili.

SEMADET. Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial. (2016). Estudio Técnico Justificativo y Programa de Manejo del Proyecto de Declaratoria del Área Natural Protegida Formación Natural de Interés Estatal Barrancas de los Ríos Santiago y Verde.

Serrano Jauregui, I. (2019). Plantan árboles endémicos de la Barranca de Huentitán en el CUAAD. Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño. Extensión y difusión, noticias. Universidad de Guadalajara.

Siedlarczyk, E., Winczek, M., Zięba-Kulawik, K., & Wężyk, P. (2019). Smart green infrastructure in a smart city—the case study of ecosystem services evaluation in krakow based on i-Tree eco software. *GeoScience Engineering*, 65(2), 36-43.

Soares, D., & Ortega, S. (2021). Percepción social sobre participación en actividades de conservación de bosques. Una mirada desde la microcuenca Ichupio, lago de Pátzcuaro, México. *Sociedad y Ambiente*, (24), 1-27.

Sorensen, M., Barzetti, V., Keipi, K., & Williams, J. R. (1998). Manejo de las áreas verdes urbanas.

TEEB. (2010). Una guía rápida: La Economía de los Ecosistemas y la Biodiversidad para Diseñadores de Políticas.

UICN. (2018). *UICN 2017: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza informe anual 2017 / IUCN Library System*. IUCN Portal. Recuperado el 3 de marzo del 2024, de <https://portals.iucn.org/library/node/47616>

UICN. (2020). *UICN 2019: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza informe anual 2019 / IUCN Library System*. IUCN Portal. Recuperado el 3 de marzo del 2024, de <https://portals.iucn.org/library/node/49120>

Unasylva, FAO. (2018). Bosques y ciudades sostenibles. Revista internacional sobre bosques y actividades e industrias forestales, 69(1). ISBN 978-92-5-130520-1.

Graciano, M. (2018). ADAPTACIÓN DEL PROGRAMA I-TREE ECO A MÉXICO. i-Tree. Recuperado el 3 de marzo de 2024, de

https://www.itreetools.org/documents/212/iTree_Eco_Mexico_Adaptation_Description_15Sep2018.pdf

Ramírez Upegui, C. H. (2016). *Los patrones de paisaje urbano en Medellín (Colombia) su estructura con espacios para la naturaleza* (Tesis Doctoral).

Valdez, P., & Foulkes, M. D. (2016). La Infraestructura Verde y su papel en el desarrollo regional. Aplicación a los ejes recreativos y culturales de Resistencia y su área metropolitana. Cuaderno Urbano, 20(20), 45-70.

Valdivia Díaz, M. (2017). Servicios ecosistémicos culturales relacionados con el ecoturismo en la cuenca del río Mariño, Apurímac, Perú.

Vera Rivera, J. D. (2020). Cuantificación del carbono almacenado en el manglar del acuerdo de uso sustentable y custodia en Puerto Libertad, provincia del Guayas, Ecuador.

Vibrans, H. (2012). Sitio de malezas de México. Colegio de Postgraduados. Recuperado el 3 de marzo del 2024, de <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/mimosaceae/acacia-farnesiana/fichas/ficha.htm>

Xie, Y., Hirabayashi, S., Hashimoto, S., Shibata, S., & Kang, J. (2023). Exploring the spatial pattern of urban forest ecosystem services based on i-Tree eco and spatial interpolation: a case study of Kyoto City, Japan. Environmental Management, 72(5), 991-1005.

Zapperi, P. A. (2022). Manejo del escurrimiento de aguas pluviales desde la perspectiva de los servicios ecosistémicos. Análisis de su abordaje en ciudades capitales de la Argentina. Revista Geográfica de América Central, 68(1), 301-328. ISSN 1011-484X • e-ISSN 2215-2563.

Zepeda, L. (2021). Mujeres de Montaña: una comunidad de deportistas que suben cumbres apoyadas en sí mismas. ZonaDocs. Periodismo en Resistencia. Recuperado el 3 de marzo del 2024, de <https://www.zonadocs.mx/2021/07/26/mujeres-de-montana-una-comunidad-de-deportistas-que-suben-cumbres-apoyadas-en-si-mismas/>.

Zucchetti, A., Hartmann, N., Alcantara, T., Gonzales, P., Cánepa, M., & Gutiérrez, C. (2020). Infraestructura verde y soluciones basadas en la naturaleza para la adaptación al cambio climático. Prácticas inspiradoras en ciudades de Perú, Chile y Argentina. Plataforma Mi Ciudad, Red AdaptChile.

ANEXOS

Anexo 1



ITESO, Universidad
Jesuita de Guadalajara

Tlaquepaque, Jalisco México
21 de abril del año 2022

Ing. José Armando Alanís de la Rosa
Gerencia de Sistema Nacional de Monitoreo Forestal
Coordinación General de Planeación e Información
Comisión Nacional Forestal

Antes que nada, un gusto saludarle y desearle éxito en sus actividades. En la presente carta quisiéramos solicitar su amable colaboración para el Trabajo de Obtención de Grado de la alumna Miriam Esmeralda Andrade Martínez titulado "Evaluación de servicios ecosistémicos que provee el arbolado de la Barranca de Huentitán a la ciudad de Guadalajara", estudiante de la Maestría de Ciudad y Espacio Público Sustentable de ITESO, Universidad Jesuita de Guadalajara.

El objetivo de este estudio es generar datos de los servicios ecosistémicos que provee el arbolado de la vegetación de la Barranca de Huentitán-Oblatos. Esto para el posible diseño de áreas verdes urbanas con arbolado de la vegetación de la Barranca que permita extender y permear los SE que provee en la actualidad esta ANP a la ciudad de Guadalajara hacia las zonas urbanas.

Su colaboración consistiría en proporcionar a la alumna apoyo para el acceso de datos de arbolado con los que se cuenta dentro del proyecto del Inventario Nacional Forestal para que pueda dar el primer paso para la obtención de datos de arbolado de esta ANP. Se anexa un polígono en formato shape-file donde se delimita la zona donde se partirá a generar datos de interés para el presente estudio de la alumna.

Con gusto le extendemos el compromiso de compartir los datos resultantes para la CONAFOR así como los resultados de dicho estudio.

Sin más por el momento, le extendiendo un cordial saludo en espera de su pronta respuesta y apoyo con la información solicitada.

ATENTAMENTE

Dra. Mónica Solórzano Gil
COORDINADORA DE PROGRAMA

Dra. Marínés de la Peña Domene
TUTORA

ITESO, Universidad Jesuita de Guadalajara
Periférico Sur Manuel Gómez Morín 8585. Col. maio
Tlaquepaque, Jalisco, México. cp 45604
tel. +52 (33) 3669 3434 ext. +52 (33) 3669 3435
DOMICILIO POSTAL. ap 31-175. Guadalajara, Jalisco, México. cp 45061
iteso.mx

AUSJAL



Tlaquepaque, Jalisco México
21 de abril del año 2022

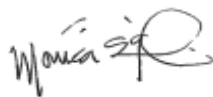
Dr. Miguel Zamora Palacios
Jefe del departamento de ingeniería Civil y Topografía
División de Ingenierías
Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingeniería
Universidad de Guadalajara

Antes que nada, un gusto saludarle y desearle éxito en sus actividades.
Por medio de la presente carta nos gustaría solicitar colaboración de Mtro. Adalberto Diaz Vera para el Trabajo de Obtención de Grado de la alumna Miriam Esmeralda Andrade Martínez titulado "Evaluación de servicios ecosistémicos que provee el arbolado de la Barranca de Huentitán a la ciudad de Guadalajara" de la Maestría de Ciudad y Espacio Público Sustentable de ITESO, Universidad Jesuita de Guadalajara.

Su colaboración consistiría en proporcionar a la alumna apoyo con el uso de Drones de su departamento y como herramienta para generar datos del arbolado de la Barranca de Huentitán-Oblatos mediante las imágenes capturadas.
La importancia de su apoyo es esencial para que la alumna pueda obtener datos importantes para su objeto de estudio. Con gusto le extendemos el compromiso de compartir los datos resultantes, así como los resultados de dicho estudio.

Sin más le enviamos un cordial saludo y quedamos a la espera de su pronta respuesta para que pueda realizarse esta colaboración.

ATENTAMENTE



Dra. Mónica Solórzano Gil
COORDINADORA DE PROGRAMA



Dra. Marinés de la Peña Domene
TUTORA

ITESO, Universidad Jesuita de Guadalajara
Periférico Sur Manuel Gómez Morín 8585, Col. maso
Tlaquepaque, Jalisco, México. cp 45804
TEL. +52 (33) 3669 3434 ext. +52 (33) 3669 3435
DOMICILIO POSTAL AP 31-175, Guadalajara, Jalisco, México. cp 45051
iteso.mx

AUSJAL



Anexo 2

Resultados preliminares de la prueba piloto de las encuestas enfocadas a la valoración, uso y listado de especies que consideran les gustaría ver en la ciudad.

Se aplicaron 44 cuestionarios (CU-1P) dentro de la prueba piloto realizada para ver ajustes y alcances del insumo elaborado como herramienta de colecta de información. El cuestionario se envió la invitación mediante de Facebook a mis contactos y grupos vinculados como usuarios de la Barranca de Huentitán. Como estrategia se difundió también en el Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño CUAAD por la cercanía de la universidad con este espacio, donde se generó el mayor número de respuestas. Las cuales generaron los siguientes resultados de interés para el objetivo del presente estudio:



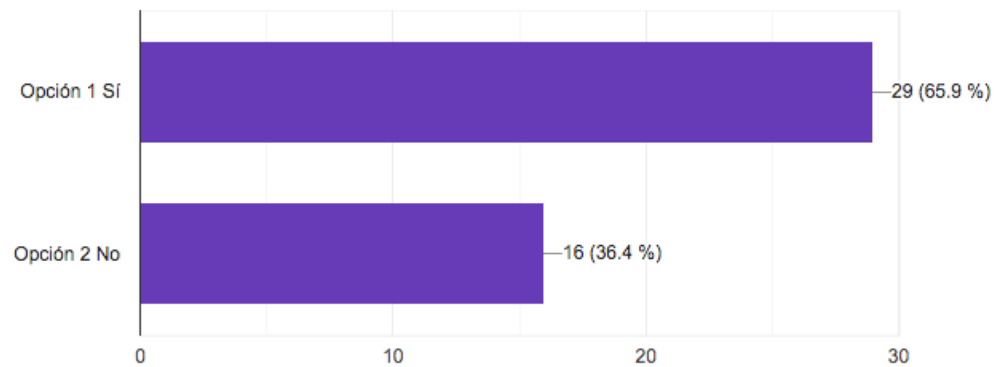
QR de CU-1P

La importancia de la Barranca de Huentitán para los habitantes de AMG, mediante la frecuencia del uso y apropiación del espacio

Donde el gráfico 1 corresponde al sí se identifican como usuarios de la Barranca de Huentitán pregunta del instrumento CU-1P el 65.9% se identificó como usuarios, por lo que este resultado ya habla que tan importante es la Barranca para los habitantes de la ciudad como un espacio público con el cual interactúan. Lo que representa el primer indicio de que los SE culturales de la Barranca están presentes, así como la apropiación del espacio considerando que la mayoría son usuarios en este primer cuestionario piloto. Estos datos responden ya a la pregunta. El grafico 2 muestra la frecuencia de la frecuencia en que habitan el espacio de la Barranca donde de los 44 cuestionarios el 59.1 % que corresponde a la frecuencia de más de 1 vez por semana.

Gráfico 1. Porcentajes de personas que se identifican como usuarios o no usuarios de la Barranca.

44 respuestas

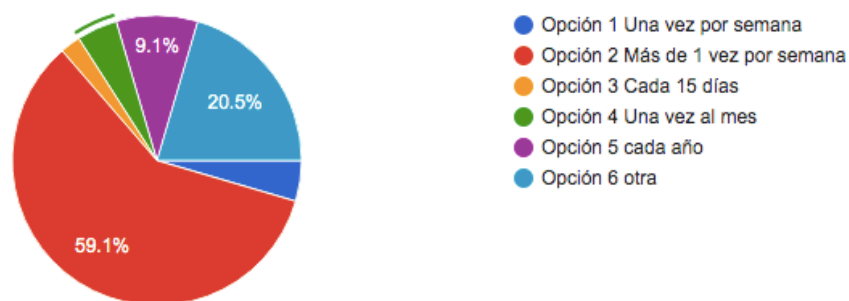


(Se obtuvo mediante la presentación de resultados de la herramienta del formulario de Google forms. que se utilizó para la aplicación de encuestas)

El gráfico 2 muestra las respuestas de las personas que se identificaron como usuarios de la Barranca la frecuencia con que la visitan.

Gráfico 2.- Frecuencia representada en porcentajes que los usuarios de la Barranca respondieron.

44 respuestas

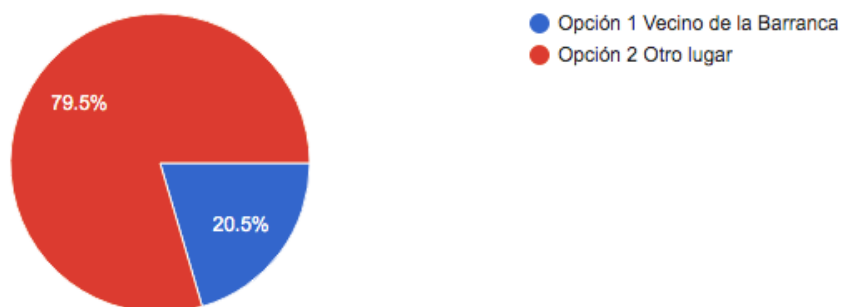


El uso del área natural la Barranca de Huentitán como espacio público, por usuarios que habitan en los diferentes municipios de la ZMG.

El gráfico 3 (CU-1P) enfocado en la ubicación espacial por colonia o municipio, mostró resultados en su mayoría la opción de un lugar diferente con un porcentaje 79.5% a vecino o habitante cercano de la Barranca de Huentitán representado por el 20% de los encuestados. Esta situación es de acuerdo con que la mayor parte de las respuestas corresponden a estudiantes y profesores del CUAAD. Este gráfico muestra que los usuarios son más que los habitantes de la ciudad de Guadalajara si no también los habitantes del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG). Por lo que podemos deducir que la Barranca provee **SE culturales** a otros municipios del estado de Jalisco no solamente al municipio de Guadalajara.

Gráfico 3. Lugar donde provienen los visitantes de la Barranca

44 respuestas

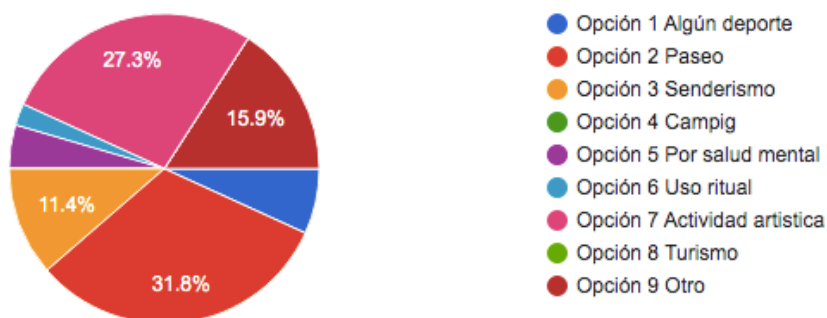


Servicios Ecosistémicos Culturales que brinda de la Barranca de Huentitán al AMG

En el siguiente gráfico 4 se describe a manera de porcentajes las respuestas al cuestionario CU-1P a actividades realizadas en la Barranca por las personas que se reportaron como usuarios. En el cual se describen los diferentes tipos de **SE Culturales** que realizan los habitantes del AMG, en donde se destaca la opción de paseo (recreación y ocio) con la representación de un 31% y le secunda la opción de actividad artística con un 27.3 % , por lo que estas son los indicadores más representativos de SE culturales que se realizan dentro de la barranca de Huentitán por parte de los habitantes del AMG.

Gráfico 4.- Actividades realizadas reportadas por los usuarios de la Barranca encuestados.

44 respuestas



Nota: Otras actividades correspondientes a la opción 9 del 15.9% que corresponde a 7 personas por el hábito de asistir a clases en el centro universitario, 1 persona respondió que varias de las actividades descritas y 1 personas hablo de visitas guiadas.

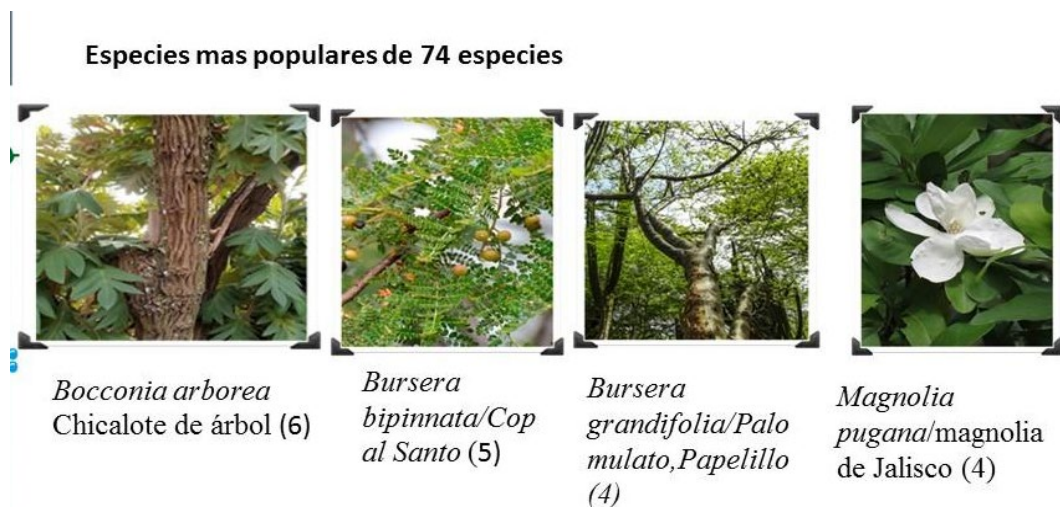
Los habitantes de la ciudad de Guadalajara conocen y valoran los árboles de la Barranca de Huentitán, como primer acercamiento del diseño de áreas verdes por habitantes de la ciudad

La información de especies que conocen las personas que respondieron al cuestionario CU-1P se encuentra en la tabla 2. En donde mediante un video (Vid1-Arb) de elaboración propia con la imagen de 74 especies de la Barranca de Huentitán, el cual se subió a la plataforma de YouTube con imágenes numeradas de especies de la barranca. Dando como resultado un primer listado con especies de arbolado. Lo cual señala que existe un conocimiento y un valor además de sentimientos de pertenencia de los árboles de la BH que pueden observarse en los datos obtenidos. Esta información aporta ya un primer acercamiento de que pueden configurarse de otra manera las áreas verdes en la ciudad y sobre todo hacer partícipes a los habitantes de la ciudad, generando conectividad del paisaje urbano hacia el ecosistema de la Barranca de Huentitán.



QR de Vid1-Arb

Las especies más populares entre las personas que respondieron al CU-1P se encuentra *Bocconia arborea* de nombre común Chicalote de árbol y como segunda *Bursera bipinnata* de nombre común Copal Santo. El género más representativo de la selección fue el género *Bursera* por mayoría la mayoría de las respuestas secundado por *Magnolia pugana*. Con estos primeros datos podemos deducir que los habitantes de la ciudad aprecian las especies de selva baja caducifolia para sus espacios verdes urbanos por lo que esta opción de implementar especies de arbolado de la Barranca de Huentitán parece tener una mayor viabilidad para una aplicación en la ciudad y que además los habitantes se vuelvan partícipes.



Los habitantes de la ciudad de Guadalajara reconocen los servicios ecosistémicos que les provee la Barranca de Huentitán

En la tabla 3, se elaboró con las respuestas a la pregunta del CU1-P ¿Cuál es la importancia que tu consideras tiene la Barranca hacia la ciudad y tu espacio de vivienda? Donde de manera implícita y natural las personas identifican según lo que respondieron, que ya reconocen los servicios ecosistémicos que la Barranca proporciona a la ciudad. Los resultados de los datos, analizados por categoría son los siguientes: 20 personas reportan SE culturales ,14 personas SE de soporte y 14 personas de regulación. Este dato es fundamental para crear estrategias de conservación y conectividad de esta área natural inmediata a la ciudad. Porque, aunque no le confieran un valor medible, los habitantes reconocen casi en su totalidad los servicios ecosistémicos que les provee este ecosistema reconociendo de manera amplía estos servicios.

Anexo 3 – Cultura de la Barranca de Huentitán



Fuente: Andrade, marzo 2022. Trabajo de campo BH

En general se pudo observar que la mayoría de los árboles están en periodo de estivación al observar que el al menos 80 % de las especies tienen perdida de hojas (Fot-03-4Veg /Marzo 2022) por lo cual me parece necesario orientar mi estudio en dos etapas : Periodo de estivación y temporal de lluvias. Algunas de las especies aun con pérdida de hojas estaban en floración, como podemos observar en la foto.



Foto 03-4. Andrade, marzo 2022.Trabajo de campo BH

Se observaron epífitas en arbolado correspondientes a Bromeliáceas sp. De las cuales se tiene conocimiento que también son captadoras de carbono (Fot-05-6Veg).



Foto 5-6 Andrade, marzo 2022.Trabajo de campo BH

Fue poca y casi nula la fauna que se pudo observar debido a la gran concurrencia de gente en día domingo en la Barranca, pero en el recorrido se pudo observar esta especie llamada Lagartija espinosa de pastizal de nombre científico *Sceloporus graciosus* (Fot-7Fau) la cual se encuentra dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 en categoría de especie protegida (Pr. sujeto a protección especial), además de que su presencia está vinculada con la buena conservación del ecosistema.



Foto-7Andrade M, marzo 2022. Trabajo de campo BH (Sceloporus graciosus)

También se pudo observar la presencia de burros *Equis asinus* (Fot-08Fau). Como dato histórico estos mamíferos eran utilizados para carga y el camino donde la gente ahora practica senderismo anteriormente era destinado para el paso de burros.



Foto-8Andrade M, marzo 2022.Trabajo de campo BH

Servicios ecosistémicos culturales que aporta la Barranca de Huentitán a la ciudad.

Dentro de las actividades se observó la práctica de senderismo y diversidad de deportes practicados, hasta ciclistas bajando la barranca. El ambiente era muy familiar donde distintas personas compartían el espacio, las edades diferían desde niños y niñas, adolescentes, jóvenes, adultos y personas de la tercera edad. Así como una gran diversidad de los visitantes donde también se encontraban senderistas habituales y todo era camaradería y apoyo de unos a otros, cuando se quedaban sin fuerza en el camino se daban dulces y palabras de aliento (Fot-09-10. Act).



Foto-09-10 Andrade M, marzo 2022. Trabajo de campo BH

También se encontraron espacios para la espiritualidad con imágenes religiosas tanto en el camino como la capilla que se encuentra al inicio del camino (Fot-11Act).



Foto-11 Andrade M, marzo 2022. Trabajo de campo BH

Se observaron también actividades propias de una Área Natural Protegida (ANP). Aun teniendo esta declaratoria no es muy visible en actividades que son propias de estas áreas designadas, pude ver algunas como la zona de observación de aves donde el metro indica avistamientos de tecolotes y guacamayas (Fot-12Act). Se tiene entendido que es hábitat de la guacamaya verde, *Ara Militar* la cual se encuentra en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en peligro de extinción, esta especie es asociada a selvas bajas caducifolias.



Foto-12 Andrade M, marzo 2022. Trabajo de campo BH

Dentro de las características se observaron actividades artísticas por gente local y vecinal de la barranca, donde se encontró el dúo de músicos interpretando corridos. Lo cual muestra una vivencia más allá donde la música y el folclor forma parte del entorno de esta área natural además de formar parte de la identidad y costumbres de las personas que habitan el espacio.



Foto extracto de Vid-2SEC Andrade M, marzo 2022. Trabajo de campo BHQR de Vid2-SEC

Red de mujeres apropiándose del espacio en la Barranca de Huentitán y otras cumbres

Durante la investigación, se llevó a cabo la tarea de buscar grupos que pudieran proporcionar información relevante sobre el lugar, así como las rutas y vías de acceso necesarias para llevar a cabo la investigación. En este sentido, se estableció contacto con el grupo de Mujeres de Montaña de Guadalajara, el cual es una comunidad que brinda un espacio seguro, de crecimiento, compañerismo y apoyo entre mujeres que están decididas a superar desafíos y emociones juntas. Este grupo está compuesto por mujeres de diversos orígenes, formaciones, visiones y ocupaciones, pero comparten el objetivo de crear un entorno físico que fomente su desarrollo como deportistas y como mujeres. La formación de este grupo fue motivada por las experiencias en el ámbito del senderismo en la ciudad, especialmente los roles de género impuestos en los deportes donde se valora la fuerza física y se considera a las mujeres como débiles. A partir de sus experiencias en grupos mixtos, experimentaron un ambiente de competencia, hostilidad e inseguridad debido a situaciones de acoso.

"Por eso decidimos que no queríamos esto. Creemos en una visión muy distinta del deporte en la naturaleza, especialmente en la montaña. Si no nos pueden proporcionar espacios seguros, entonces los construiremos nosotras", afirmaron (Zepeda, 2021).

En los recorridos con el grupo, se puede identificar precisamente eso: una apropiación de un espacio público seguro. Desde la primera vez que decides unirse a la aventura con el grupo, percibes un ambiente cordial donde todas las integrantes importan, se cuidan mutuamente y no te dejan sola. Es por eso que se percibe un espacio seguro creado por la sinergia construida entre todas. Personalmente, experimenté esto cuando participé en mi primer recorrido nocturno con ellas. Nunca imaginé vivir una experiencia tan agradable y revitalizante. Este hallazgo en mis exploraciones en la Barranca proporciona material para

una sección sobre "Género y la Barranca de Huentitán: apropiación del espacio público". (Cabe destacar que la Barranca es un lugar común para entrenamientos y primeras exploraciones como principiantes, antes de desafiarse a conquistar nuevas cumbres).

Desde mi experiencia personal, he disfrutado y aprendido mucho de este grupo, al cual ahora pertenezco. Estas mujeres me inspiran y me brindan apoyo al recomendarme rutas y contactos de seguridad para mi proyecto de investigación, además de brindarme cariño y buenas vibras.



Foto-13-14 Andrade M, abril 2022. Trabajo de campo BH

Actividades de Reforestación BH (Conformado por los diferentes colectivos) 26 junio 2022

La unión y organización de los diversos colectivos vinculados con la Barranca de Huentitán como lo son: "Barranca de mis amores, Apicultores de la Barranca de Colimilla, Barranca siempre viva y Mujeres de Montaña" (Fot-18Act), arrancaron con una campaña de reforestación llamada Reforestación BH "adopta un árbol hijo" los días 25 y 26 de junio utilizaron las especies nativas del lugar (Fot-16-17Act), el día 26 en se asistió. Se reforestaron 238 árboles cercano al apiario de la curva (Fot-15Act) por ello dentro de la publicidad que manejaron en la reforestación tenían el mensaje de "Alimento para las abejas, cuidamos la ecología y creamos conciencia".

Se realizó una pequeña entrevista semiestructurada (Ent-1ComVig) al Biólogo Mario Sánchez que forma parte del Comité de vigilancia ambiental de la Barranca de Huentitán él me informa que las especies para esta reforestación eran vara dulce de nombre científico *Aloysia gratissima* (especie mielífera por sus floraciones), tepehuaje de nombre científico *Lysiloma acapulcense* y mezquite de nombre científico *Prosopis laevigata*. Mi informo también que se están organizando para hacer un banco de germoplasma de la Barranca de Huentitán y así habilitar un vivero. Por lo pronto las plantas las consiguen del vivero del CEA (Comisión Estatal del Agua de Jalisco) y el vivero de casa José Cuervo los cuales son los que reproducen especies e la Barranca de Huentitán.



Foto-15 Andrade M, junio2022.Trabajo de campo BH



Foto-16 -17 Andrade M, junio 2022.Trabajo de campo BH



Foto-18 Andrade M, junio 2022. Trabajo de campo BH

Dentro de las actividades también se observaron, otras actividades que se realizan en la Barranca de Huentitán como lo es la colecta de basura, justo en el camino hacia el apiario la curva nos encontramos al grupo de Aventureros Team (Fot-19Act) los cuales estaban realizando recolección de basura.

Con estas actividades se ve reflejado el sentimiento de pertenencia y la importancia de mantener este espacio para la diversidad de habitantes del AMG, es muy gratificante ver como de manera orgánica la gente se va organizando para conservar esta área natural. Es así como la corresponsabilidad ciudadana se ve reflejada, donde la población no es un simple beneficiario pasivo de los productos y servicios de la naturaleza, sino que también puede proteger, gestionar y restaurar proactivamente los ecosistemas y a la infraestructura urbana inspirándose en los principios de la naturaleza, resolviendo desafíos el desarrollo, la adaptación al cambio climático aumentando la resiliencia de las ciudades (UICN, 2019).



Foto-20 Andrade M, junio2022.Trabajo de campo BH

Anexo 3 Definiciones y clasificaciones de los servicios ecosistémicos (SE) por diferentes autores:

Año	Autor	Definición
1977	Westman	Concepto de servicio ecosistémico, que fue inicialmente esbozado por Westman (1977) como "servicios de la naturaleza", pasando desde entonces por diversos intentos de generalización (Daily, 1997)
1997	Daily	Concepto de servicio ecosistémico, que fue inicialmente esbozado por Westman (1977) como "servicios de la naturaleza", pasando desde entonces por diversos intentos de generalización (Daily, 1997)

Año	Autor	Definición
1997	Costanza et al	Los bienes (como alimentos) y servicios (como asimilación de residuos) de los ecosistemas, que representan los beneficios que la población humana obtiene, directa o indirectamente, de las funciones de los ecosistemas (Costanza et al., 1997).
2002	De Groot et al	Funciones del ecosistema: capacidad de los procesos y componentes naturales para proporcionar bienes y servicios que satisfacen las necesidades humanas, directa o indirectamente (De Groot et al., 2002).
2003	MEA ((Millenium Ecosystem Assessment)	Los beneficios que la población obtiene de los ecosistemas (MEA, 2003).
2004	U.S. EPA (U.S. Enviromental Protección Agency /Agencia de protección ambiental de Estados Unidos)	Aquellas funciones o procesos ecológicos que directa o indirectamente contribuyen al bienestar humano o tienen un potencial para hacerlo en el futuro (U.S. EPA, 2004)
2007	Boyd y Banzhaf	Son componentes de la naturaleza, disfrutados, consumidos o directamente usados para producir bienestar humano (Boyd y Banzhaf, 2007)
2009	Fisher et al	Son los aspectos de los ecosistemas utilizados (activa o pasivamente) para producir bienestar humano (Fisher et al., 2009).

(Cuadro de definiciones de SE según Camacho-Valdez & Ruiz-Luna 2011)

El siguiente cuadro elaborado a partir de las diferentes clasificaciones de los SE

No existe una clasificación que aborde de manera amplia las definiciones en su totalidad de los servicios ecosistémicos por lo cual no existe una definitiva o universalmente aceptada más la clasificación MA 2003 es de las más difundidas y aceptadas.

Constanza 2009, enfatiza la compleja la dinámica de los servicios ecosistémicos por lo cual dificulta una clasificación y algunas posiciones de algunos autores sostienen que no sea

posible clasificarlos a un enfoque que pueda aplicarse en todos los casos, por lo cual existen diversidad de esquemas de clasificación.

Turner et al, 2008 menciona que cualquier intento de clasificación debe considerar que un sistema de clasificación de SE debe caracterizarse en las funciones de un ecosistema o fenómeno a investigar además del contexto en la toma de decisiones en el que los servicios ecosistémicos deben ser considerados.

Año	Autor	Clasificación
1997	Costanza et al	Marca la pauta definiendo 17 servicios ecosistémicos (que incluyen bienes de los ecosistemas), asociados a las funciones de los ecosistemas que producen o genera el bien o servicio. Sin embargo, esta primera aproximación es solo un listado
2002	Groot et al	Se presenta una primera clasificación enfocada en diseñar una tipología sistemática y un marco de trabajo general para el análisis de funciones y servicios de los ecosistemas. En dicho trabajo se considera que es necesario destacar el subconjunto de funciones del ecosistema (más que los servicios propiamente) que están estrechamente relacionadas con la capacidad de los procesos y componentes naturales para proporcionar bienes y servicios que satisfacen las necesidades humanas, directa o indirectamente y que estos involucran diferentes escalas, particularmente la escala física en las funciones, además de la escala en la que los humanos valoran los bienes y servicios proporcionados. (1)
2005	MEA (Millenium Ecosystem Assessment)	Es probablemente la más difundida y aceptada y que define los SE como "los beneficios que la población obtiene de los ecosistemas". Este trabajo involucró a científicos de 95 países, que entre 2001 y 2005 se abocaron al análisis de las consecuencias originadas por cambios en los ecosistemas y estuvo estructurado explícitamente alrededor del concepto de servicio ecosistémico como un intento de integrar completamente la sustentabilidad ecológica, la conservación y el bienestar humano. Ofrece un sistema de clasificación con propósitos puramente operacionales basado en cuatro líneas funcionales dentro del marco conceptual de MA que incluyen servicios de soporte, regulación, aprovisionamiento y culturales con la intención de facilitar la toma de decisiones. (2)
2007	Wallace	Argumenta que los sistemas de clasificación anteriores son los más comúnmente utilizados, pero considera que son inadecuados debido a que mezclan los procesos (medios) para obtener los servicios ecosistémicos con los propios servicios ecosistémicos (fin o propósito) aún en la misma categoría de clasificación, lo cual presenta problemas inherentes para los tomadores de decisiones. Además, la ambigüedad en las definiciones de los términos clave como los procesos del ecosistema, las

Año	Autor	Clasificación
		funciones y servicios agrava esta situación, por lo que nuevamente debe considerarse que la clasificación debe estar en contexto con la definición de SE. Este autor desarrolló un sistema de clasificación alternativo que proporciona un marco de trabajo en el que las consecuencias de manipular los ecosistemas para el bienestar humano pueden ser evaluadas. Esto permite el análisis de opciones para mejorar el manejo de los recursos biológicos y otros recursos naturales, de manera que su contribución al bienestar humano puede ser tanto de conservación como de sustento. En esta clasificación los servicios son descritos en términos de la estructura y composición de un elemento en particular del sistema (expresado como un bien) y estos servicios a su vez son clasificados de acuerdo a los valores humanos que ellos sostienen, entendiendo por valores humanos a las condiciones (end-state) que en conjunto circunscriben el bienestar humano, incluida su supervivencia y reproducción. Con esa orientación, Wallace propone cuatro categorías de valores humanos y su asociación con los servicios ecosistémicos (3)
2008	Turner <i>et al</i>	Son quienes proponen un esquema de clasificación que divide a los servicios ecosistémicos en "servicios intermedios" y "servicios finales". Este esquema de clasificación reconoce la complejidad de los ecosistemas, lo que implica que, a través de su comprensión, es posible la simplificación con la que se definirán más claramente algunos servicios finales y por consecuencia los beneficios que de ellos se derivan. En el mismo sentido estos autores señalan que debe establecerse una conexión entre los procesos del ecosistema y los servicios, para percibir los beneficios que serán importantes para usuarios a partir de lo cual deberán decidir cuáles de los beneficios son apropiados y significativos para utilizarlos en estudios de valoración económica. El proceso en su conjunto se propone como un medio para implementar el pago por servicios ecosistémicos de humedales y por lo tanto como una estrategia para su protección y restauración, valorando a estos ambientes con un enfoque multifuncional, al que denominan ESApp (Ecosystem services approach).(4)

Autor / año	Características	Clasificación
Costanza et al., (1997)	17 servicios ecosistémicos (que incluyen bienes de los ecosistemas), es solo un listado y primera aproximación	N.A.
De Groot et al., (2002)	Primera clasificación. Los autores presentan una	• Funciones de regulación: se refieren a la capacidad de los ecosistemas para regular

	clasificación más fundamentada desde el punto de vista ecológico, donde se identifican 23 funciones básicas de los ecosistemas agrupadas en cuatro categorías principales. A partir de esta clasificación se derivan diversos bienes y servicios. Esta propuesta de clasificación ofrece una base más sólida y respaldada en términos de ecología.	procesos ecológicos esenciales y mantener sistemas vitales a través de ciclos biogeoquímicos y otros procesos biológicos. Estas funciones brindan una amplia gama de servicios directos e indirectos a las poblaciones humanas, como la provisión de aire limpio, la depuración del agua, la prevención de inundaciones y el mantenimiento de tierras cultivables, entre otros. • Funciones de hábitat: los ecosistemas naturales proveen hábitats que sirven como refugio y áreas de reproducción para plantas y animales, lo que contribuye a la conservación de la biodiversidad y la diversidad genética. Estas funciones desempeñan un papel crucial en el mantenimiento de la diversidad biológica y genética de las especies. • Funciones de producción: los procesos de fotosíntesis y la capacidad de los organismos para auto proveerse son la base de la producción de bienes y servicios para el consumo humano. Estos incluyen alimentos, materias primas, recursos energéticos y medicinales, entre otros. • Funciones de información: los ecosistemas proporcionan información y contribuyen al bienestar humano al ofrecer oportunidades de enriquecimiento espiritual, desarrollo cognitivo, recreación y experiencias estéticas a través del paisaje. Estas funciones cumplen un papel importante en el mantenimiento de la salud humana y el bienestar general.
MEA, (2005)	Ofrece un sistema de clasificación con propósitos puramente operacionales basado en cuatro líneas funcionales los que incluye servicios de soporte, regulación, aprovisionamiento y culturales. Para facilitar la toma de decisiones, es la más difundida, más aceptada y antropocéntrica.	Servicios de aprovisionamiento: Productos obtenidos de los ecosistemas tales como alimentos, agua dulce, leña, fibras, bioquímicos y recursos genéticos. Servicios de regulación: Los obtenidos de la regulación de procesos de los ecosistemas como, la regulación de clima, regulación de enfermedades, regulación y saneamiento del agua, polinización. Servicios culturales: beneficios no materiales obtenidos de los ecosistemas, como lo es el espiritual o religioso, recreativo o turístico, estético e inspirativo, el educativo, de identidad y herencia cultural. Servicios de soporte son necesarios para la producción de los otros servicios de los ecosistemas, como la formación de suelos, reciclaje de nutrientes y producción primaria.

Wallace (2007)	Este autor desarrolló un sistema de clasificación alternativa que puede evaluar las consecuencias de manipular a los ecosistemas para el bienestar humano y divididas en dos categorías de valor.	Categorías de valor humano: <i>1.-Recursos suficientes</i> a nivel humano individual tales como alimento, oxígeno, Agua potable, energía. <i>2.- Protección de depredadores / enfermedades /parásitos</i> a nivel humano individual: Dispersión de enfermedades, protección de depredadores, protección de enfermedades y parásitos. <i>3.- Condiciones ambientales propicias las físicas y Químicas</i> a nivel humano individual como la temperatura, la humedad, la luz y la química. Estos son los procesos del ecosistema que son la regulación biológica, del clima y del gas. También es el manejo de la tierra para recreación, regulación de nutrientes, polinización, formación y retención de suelos. Categoría de valor humano: <i>Cumplimiento socio-cultural</i>, son los servicios ecosistémicos experimentados a nivel humano individual, como la satisfacción espiritual y filosófica, recreacional, estético, valores de oportunidad, la capacidad para evolución biológica y cultural, el conocimiento de recursos educativos y recursos genéticos.
Turner et al., (2008)	Se propone un esquema de clasificación que divide a los servicios ecosistémicos en servicios intermedios y servicios finales. Estos se valoran con un enfoque multifuncional denominado ESApp (Ecosystem services approach)	Servicios intermedios / Servicios finales / Beneficios • Ciclo de nutrientes ->Suministro agua limpia->Agua potable. • Polinización->Producción de alimento->Fruto • Formación de suelo/Producción primaria->Regulación del agua->Protección de inundaciones

Nota: Se realizó la tabla con base a la publicación de Camacho 2012.