

## **Resumen**

El presente estudio comprendió en analizar y valorar los servicios ecosistémicos proporcionados por el arbolado urbano ubicado en las jardineras de las avenidas viarias de la ciudad de Tarija, específicamente en las avenidas Jaime Paz Zamora y Víctor Estensoro. Para llevar a cabo esta evaluación se utilizó el software i-Tree Eco y se tomaron en consideración los datos de la estructura arbórea, datos climáticos y de contaminantes atmosféricos correspondientes al año de gestión 2019.

El número total de árboles censados y analizados fue de 1580 individuos, comprendidos en 45 especies forestales, los cuales ocupan una cobertura arbórea de 8,76 hectáreas, equivalente a un área foliar de 45,11 hectáreas. Los individuos más abundantes son de las especies de *Jacaranda mimosifolia* (tarco), *Melia azedarach* (paraíso) y *Tabebuia avellanedae* (lapacho rodado).

Los resultados mostraron que el arbolado urbano en estas áreas proporciona una amplia gama de beneficios ecosistémicos. El almacenamiento de carbono es de 724,38 toneladas métricas, lo que equivale a un valor de \$10141,24. El secuestro neto de carbono es de 16,18 toneladas métricas de carbono por año, equivalente a un valor asociado de \$226,53/año. Por otro lado, la producción de oxígeno es de 43,14 toneladas métricas por año. Se demostró que los árboles eliminaron la contaminación en 329,01 kilogramos asociado a un valor \$3952,17. En cuanto al escurrimiento evitado, que se calculó en base a los datos de precipitación por hora, la precipitación anual total en 2019 fue de 593 milímetros. Los resultados muestran que los árboles ayudan a reducir el escurrimiento en casi 1300,74 metros cúbicos al año, con un valor asociado de \$3173,81/año. En general, el arbolado emitió aproximadamente 923,60 kilogramos/año de compuestos orgánicos volátiles biogénicos, donde 466 kilogramos corresponden a monoterpenos y 458 kilogramos a isoprenos.

**Palabras clave:** i-Tree, i-Tree Eco, árboles, valor ecosistémico, servicios ecosistémicos, arbolado urbano.

# **INTRODUCCIÓN**

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años la ciudad de Tarija, se vio caracterizada por una serie de cambios morfológicos en su estructura urbana, debido al crecimiento urbano y periurbano acelerado y desordenado, adaptándose al crecimiento demográfico y a los sistemas de producción y consumo. Esto ha determinado el surgimiento de paisajes de composición heterogénea, donde las personas interactúan generando fenómenos económicos, sociales y ecológicos. La falta de planificación urbana y ambiental ha llevado a la sobreexplotación de los recursos naturales de la región, aumentando la vulnerabilidad de la población ante fenómenos naturales como inundaciones, sequías, incendios forestales y deslizamientos de tierra, dando poca o nula importancia a la implementación infraestructuras verdes y acondicionamiento de áreas verdes.

Es importante tener en cuenta que, el 55% de la población mundial residía en zonas urbanas en 2018, y se ha proyectado que casi el 90% de la población conjunta de América Latina y del Norte, y del Caribe, será urbana en 2050 y en lo cual se recomienda que la densidad de áreas verdes debe ser por lo menos de 9 m<sup>2</sup>/habitante (ONU, 2018). Según datos del Instituto Nacional de Estadística (INE) en base a proyecciones de población la ciudad de Tarija en el año 2022 tuvo una población de 272692 habitantes (INE, 2020). En relación a los espacios verdes, la ciudad tiene una superficie total de 248,33 hectáreas, según informes de la Dirección de Ordenamiento Territorial (DOT) en 2019. Estos datos indican que actualmente, en Tarija existen aproximadamente 9,55 metros cuadrados de áreas verdes por habitante (El País, 2019). Sin embargo, es importante señalar que se necesitan medidas de planificación urbana y ambiental para asegurar que estas áreas verdes sean suficientes y adecuadas para la población, según las recomendaciones de la Organización de las Naciones Unidas.

Por tanto, resulta crucial modificar la perspectiva con la que concebimos la presencia de vegetación en nuestras ciudades. Debemos superar la mera apreciación estética o decorativa, así como las aproximaciones históricas relacionadas con la promoción de la salud. Es momento de percibir la naturaleza como un aliado que nos brinda la oportunidad de mejorar nuestra calidad de vida (Benito & Palermo, 2021).

El arbolado urbano, una verdadera columna vertebral de la infraestructura verde urbana y periurbana, es el elemento clave en este cambio de visión. Recordemos que proporciona una ingente cantidad de los denominados servicios ecosistémicos (Benito & Palermo, 2021), interviniendo de buena manera en el mejoramiento de la calidad del aire, eliminando los contaminantes atmosféricos ya que es un problema común en muchas áreas urbanas, lo cual puede conducir a la disminución de la salud humana, dañar los materiales del paisaje y los procesos de los ecosistemas y reducir la visibilidad (Nowak et al., 2006), mitigan la temperatura y otros efectos del microclima, y la emisión de compuestos orgánicos volátiles (COV's), tales como isopreno y monoterpenos, estos compuestos son sustancias químicas naturales de las que se obtienen aceites esenciales, resinas y otros productos de las plantas, y pueden ser útiles en atraer polinizadores o repeler depredadores (Nowak D. J., 1994), el aumento en la cobertura del dosel urbano, en particular con especies de baja emisión de COV, conduce a la reducción en las concentraciones de ozono en las ciudades (Nowak et al., 2006), el sombreado que determinan las copas de los árboles, las cuales interceptan la radiación solar evitando el calentamiento de las edificaciones, asfalto y pavimentos. Este efecto beneficioso de enfriamiento en verano podría, no obstante, suponer mayor consumo invernal de calefacción, por lo que se deben emplear árboles caducos que no generen sombra en invierno. En segundo lugar, los árboles urbanos inciden sobre la regulación térmica del ambiente circundante mediante la evapotranspiración de agua (Benito & Palermo, 2021), minorando los gastos en energía de los edificios (Nowak D. J., 1994), capturan la precipitación en el área foliar y la superficie cortical, absorbiendo el agua a través de sus raíces, actuando como dispositivos naturales de captura y retención de las aguas pluviales y reduciendo el volumen y velocidad de la escorrentía superficial. La captura del agua de tormenta para evitar la carga de contaminación en los arroyos, ríos y estuarios locales es un objetivo importante de la planificación de las ciudades, con el fin de mejorar la calidad del agua (McPherson, 1991), reducen la evaporación del agua del suelo durante la estación cálida, los árboles también tienen una marcada influencia en la radiación solar que llega al suelo, pudiendo reducir su incidencia en un 90% o más (Benito & Palermo, 2021), regulan la iluminación natural

y control de la radiación ultravioleta en climas con importantes niveles de radiación solar (Martínez et al., 2006). Principalmente, modifican el balance de gases de la atmósfera. Como todas las especies vegetales, los árboles utilizan el dióxido de carbono del aire (en adelante, CO<sub>2</sub>), reduciendo los impactos de la generación excesiva de gases de efecto invernadero y el consecuente calentamiento global. Los árboles contribuyen a la reducción del CO<sub>2</sub> atmosférico a través de dos mecanismos. En primer lugar, absorben y almacenan CO<sub>2</sub> directamente en su biomasa, incluyendo hojas y tronco. Por otro lado, al proporcionar sombra y protección, reducen la necesidad de energía en los edificios circundantes, lo que a su vez disminuye las emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes de las viviendas. Las relaciones entre el manejo de árboles urbanos y los niveles de CO<sub>2</sub>, no obstante, son complejas. En muchas actividades de mantenimiento de árboles se usan combustibles fósiles que emiten CO<sub>2</sub>. Los árboles ubicados impropriadamente alrededor de los edificios, pueden incrementar las demandas de energía y, en consecuencia, las emisiones de CO<sub>2</sub>. De esa manera, cuando se evalúa la influencia global de los árboles sobre los niveles del CO<sub>2</sub> atmosférico deben ser considerados numerosos factores, tales como el uso de combustibles fósiles en el manejo de la vegetación, el ciclo del carbono del árbol y las emisiones de CO<sub>2</sub> de los vegetales. Por otro lado, los árboles emiten oxígeno (O<sub>2</sub>), si bien se suele considerar al arbolado urbano como un productor valioso de este gas imprescindible para la vida, no es un beneficio ecológico significativo dada la concentración de alrededor de un 20% del mismo en la atmósfera (Nowak et al., 2006).

Sin embargo, existe una falta de comprensión del valor monetario de estos servicios, lo que dificulta el diseño e implementación de políticas adecuadas para la gestión y conservación de los árboles urbanos. Donde el presente estudio tiene como objetivo abordar esta brecha en el conocimiento mediante el desarrollo de una metodología aplicando el software i-Tree Eco, para estimar el valor ecosistémico del arbolado urbano, que puede ser utilizada por los tomadores de decisiones para hacer elecciones informadas sobre la gestión, manejo, planificación y conservación de los árboles urbanos de la ciudad de Tarija.

## **JUSTIFICACIÓN**

El arbolado urbano cumple un rol fundamental a nivel local, ya que ofrecen una serie de funciones y servicios ecosistémicos que ayudan a mejorar la calidad de vida de los ciudadanos de la ciudad de Tarija.

La determinación del valor ecosistémico del arbolado urbano mediante el uso del software i-Tree Eco es una tarea importante, ya que permite cuantificar y valorar los beneficios que los árboles urbanos aportan al medio ambiente y a la sociedad, realizando una evaluación detallada y específica de estos beneficios, lo que conduce a una mejor comprensión de los impactos ambientales y sociales del arbolado urbano en diferentes contextos urbanos, por ejemplo en lugares de recreación, plazas, parques, avenidas y otras áreas que contemplan infraestructura verde.

Y así, a partir de estos resultados se podrá plantear estrategias de manejo para proteger, conservar y mejorar el arbolado de las jardineras y demás espacios verdes.

Esta evaluación es necesaria para la toma de decisiones informadas en cuanto a la gestión del arbolado urbano y la asignación de recursos para su mantenimiento y desarrollo.

Por tanto, es fundamental implementar políticas de conservación y cuidado del arbolado urbano, así como promover plantaciones forestales en áreas donde sea necesario, para poder aprovechar sus beneficios y mejorar la calidad de vida de la población. Asimismo, es importante fomentar la educación ambiental y despertar la conciencia ciudadana sobre la importancia de preservar los espacios verdes en la ciudad, con el objetivo de crear una cultura de cuidado y respeto por el medio ambiente en la sociedad.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

- Determinar el valor ecosistémico del arbolado urbano que se concentra en las jardineras de las avenidas viarias, Av. Jaime Paz Zamora y Av. Víctor Paz Estensoro de la ciudad de Tarija, mediante la aplicación del software i-Tree Eco, en base a datos dasométricos, datos de contaminantes atmosféricos y climáticos, con el fin de fomentar la toma de decisiones en la planificación y gestión del arbolado urbano de la ciudad de Tarija.

### **Objetivos específicos**

- Analizar la estructura del arbolado urbano, como una clave para entender su función y composición florística, mediante modelación con i-Tree Eco.
- Determinar la cobertura arbórea, área foliar y biomasa foliar mediante modelación con i-Tree Eco.
- Determinar la biomasa arbórea para estimar el stock de carbono, secuestro anual de carbono y producción anual de oxígeno ( $O_2$ ), así como su valor monetario, mediante modelación con i-Tree Eco.
- Estimar la eliminación y valor de contaminantes atmosféricos, como el material particulado de 2,5 micras ( $PM_{2,5}$ ), ozono troposférico ( $O_3$ ) y dióxido de nitrógeno ( $NO_2$ ) en base a datos de contaminantes atmosféricos para la gestión 2019 y estimar la emisión de compuestos orgánicos volátiles biogénicos (COVBs), generada por el arbolado urbano, modelado con i-Tree Eco.
- Estimar la cantidad y el valor monetario del escurrimiento superficial evitado por parte de los árboles, en base a datos dasométricos y datos de precipitación por hora de la gestión 2019, mediante modelación con i-Tree Eco.