

EVALUACIÓN DE LA ARBORIZACIÓN URBANA EN EL CANTÓN RIOBAMBA UTILIZANDO HERRAMIENTAS GIS

EVALUATION OF URBAN FORESTATION IN THE RIOBAMBA CANTON USING GIS TOOLS

Alfredo Rodrigo Colcha Ortiz¹, Jessica Paulina Brito Noboa², Farid Alexander Espinoza Touma³, Diego Hernán Buitrago Ricaurte⁴

{alfredo.colcha@unach.edu.ec¹, jessica.brito@unach.edu.ec², farida.espinoza@unach.edu.ec³, diego.buitrago@unach.edu.ec⁴}

Fecha de recepción: 13/11/2024 / Fecha de aceptación: 13/11/2024 / Fecha de publicación: 2/12/2024

RESUMEN: El estudio realizó una evaluación integral de los bosques urbanos del cantón Riobamba utilizando herramientas de sistemas de información geográfica (SIG). La historia muestra que la expansión urbana de Riobamba ha reducido paulatinamente las áreas verdes y ha afectado la calidad del medio ambiente y la calidad de vida de sus residentes. El problema es la falta de información detallada y actualizada sobre la cobertura arbórea, lo que limita la capacidad de las autoridades locales para tomar decisiones informadas. El objetivo fue determinar el porcentaje de árboles en el área urbana de Riobamba utilizando diferentes técnicas y herramientas SIG. La metodología utilizada es mixta e incluye la recolección de datos de campo mediante encuestas automatizadas en Survey123, mapeo interactivo en Map Viewer, integración y análisis en tableros de ArcGIS Pro y análisis espacial avanzado en ArcGIS Pro mostrando solo los principales resultados. Riobamba tiene una cobertura forestal del 6,48% del área urbana, que es significativamente menor al estándar recomendado por la OMS. Se distinguieron áreas con alta y baja cobertura arbórea, de las cuales el 13,41% de los árboles requirieron mantenimiento. Estos resultados subrayan la urgente necesidad de adaptar estrategias de plantación de árboles que maximicen la infraestructura verde urbana. Es esencial que se utilicen herramientas SIG para evaluar de forma precisa y dinámica la cobertura arbórea, proporcionando así una base para diseñar políticas y programas eficaces de plantación de árboles.

Palabras clave: *Arborización urbana, Sistemas de Información Geográfica (GIS), análisis geoespacial, sostenibilidad ambiental, planificación urbana*

¹Docente Investigador, Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba- Ecuador, <https://orcid.org/0009-0005-2280-5189>.

²Docente Investigador, Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba- Ecuador, <https://orcid.org/0000-0001-5550-5688>.

³Docente Investigador, Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba- Ecuador, <https://orcid.org/0009-0005-8319-6663>.

⁴Docente Investigador, Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba- Ecuador, <https://orcid.org/0000-0002-9353-2502>.

ABSTRACT: The study conducted a comprehensive assessment of urban forests in Riobamba canton using geographic information system (GIS) tools. History shows that urban expansion in Riobamba has gradually reduced green areas and affected the quality of the environment and the quality of life of its residents. The problem is the lack of detailed and up-to-date information on tree cover, which limits the ability of local authorities to make informed decisions. The objective was to determine the percentage of trees in the urban area of Riobamba using different GIS techniques and tools. The methodology used is mixed and includes field data collection through automated surveys in Survey123, interactive mapping in Map Viewer, integration and analysis in ArcGIS Pro dashboards, and advanced spatial analysis in ArcGIS Pro showing only the main results. Riobamba has a forest cover of 6.48% of the urban area, which is significantly lower than the standard recommended by the WHO. Areas with high and low tree cover were distinguished, of which 13.41% of trees required maintenance. These results underline the urgent need to adapt tree planting strategies that maximize urban green infrastructure. It is essential that GIS tools are used to accurately and dynamically assess tree cover, thus providing a basis for designing effective tree planting policies and programs.

Keywords: Urban afforestation, Geographic Information Systems (GIS), geospatial analysis, environmental sustainability, urban planning

INTRODUCCIÓN

La arborización urbana juega un papel fundamental en el bienestar ambiental y social de las ciudades, ya que contribuye a la regulación del microclima, la mejora de la calidad del aire y la mitigación de problemas como el ruido y la escorrentía superficial (1), (2), (3). En el contexto del cantón Riobamba, una región que experimenta un crecimiento urbano constante, la evaluación precisa de la cobertura arbórea es crucial para planificar políticas de sostenibilidad y conservación del entorno. Sin embargo, estudios recientes sugieren que la expansión urbana en Riobamba ha reducido progresivamente las áreas verdes, afectando la calidad ambiental y la calidad de vida de los habitantes (4).

El objetivo de esta investigación es determinar el porcentaje de arborización en el sector urbano de Riobamba, utilizando herramientas de Sistemas de Información Geográfica (GIS) que permiten un análisis detallado y en tiempo real. Este enfoque no solo facilita la recolección de datos geoespaciales precisos, sino que también permite evaluar la distribución de áreas verdes de manera eficaz, adaptándose a los desafíos actuales de crecimiento y preservación ambiental en la región (5), (6), (7).

El problema local radica en la falta de información detallada y actualizada sobre la cobertura arbórea en el área urbana, lo cual limita la capacidad de las autoridades locales para tomar decisiones informadas en la gestión de espacios verdes. Sin datos precisos, se dificulta la implementación de estrategias que promuevan la sostenibilidad y que mitiguen los efectos negativos del desarrollo urbano descontrolado (7). La investigación pretende llenar este vacío de

información mediante el uso de tecnologías GIS, que permiten una evaluación exhaustiva y actualizable del estado de la arborización urbana.

Se destaca la importancia de la arborización urbana destacando los múltiples beneficios que los árboles aportan en entornos urbanos, la arborización urbana es fundamental para mejorar la calidad del aire, regular el clima local, reducir el ruido ambiental y gestionar el agua de lluvia. Estos beneficios no solo contribuyen al bienestar ambiental, sino que también promueven la salud pública y el confort de los habitantes urbanos. Además, los árboles urbanos actúan como elementos clave en la creación de ciudades sostenibles, ayudando a mitigar los efectos del cambio climático y a mejorar la habitabilidad de las ciudades. Aunque existen costos asociados al mantenimiento de los árboles, los beneficios ecosistémicos, sociales y económicos superan estas desventajas. La arborización urbana se presenta, por tanto, como una estrategia esencial en la planificación y gestión de ciudades resilientes (8), (9).

Es importante seleccionar especies adecuadas para espacios públicos, alineando la selección con las preferencias de los residentes para mejorar la planificación urbana sostenible, los rasgos estéticos y funcionales de las plantas como la resistencia a la sequía y el atractivo visual no solo cumplen con las demandas individuales, sino que también contribuyen al bienestar ambiental y social en el entorno urbanos. Al considerar las preferencias de los ciudadanos en la selección de especies para áreas públicas, las ciudades pueden fomentar una conexión más fuerte entre las personas y los espacios verdes, esta alineación promueve la biodiversidad y la resiliencia urbana, ya que facilita la incorporación de especies que se adaptan mejor a las condiciones locales y a las expectativas de los habitantes, creando un entorno urbano más sostenible y atractivo (10), (11).

Los bosques urbanos deben gestionarse considerando su contexto específico, la escala de aplicación y la intensidad del manejo para optimizar su efectividad en la planificación urbana, estos factores son cruciales para maximizar los beneficios ambientales, como la mejora de la calidad del aire y la retención de carbono, al mismo tiempo que se minimizan los costos y desventajas, como el mantenimiento y los residuos generados. La adaptación de las estrategias de manejo a las particularidades de cada entorno urbano permite una planificación más sostenible y eficiente de los espacios verdes, asegurando que los servicios ecosistémicos proporcionados por los bosques urbanos se alineen con las necesidades y capacidades de la comunidad asegurando una mejor adaptación y aceptación en el entorno urbano (12).

La importancia de usar herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y técnicas de teledetección, como las imágenes de satélite, ayudan en el análisis y la cuantificación de los beneficios de los bosques urbanos, específicamente en términos de almacenamiento de carbono, el uso de estas herramientas permite una evaluación precisa y continua de la biomasa y el carbono almacenado en los árboles urbanos, superando las limitaciones de otros métodos de muestreo, que son más costosos y menos extensivos. Este enfoque no solo facilita la planificación y gestión sostenible de los recursos urbanos, sino que también proporciona una base de datos confiable para apoyar políticas ambientales y de mitigación del cambio climático en contextos urbanos, el uso de datos georreferenciados facilita la cuantificación de manera rápida y económica, proporcionando una base para la gestión ambiental y la planificación urbana (5).

Es fundamental identificar las calles y espacios públicos con condiciones óptimas para la arborización, considerando además la percepción ciudadana como una estrategia clave en la planificación urbana. La arborización no solo contribuye a mejorar el confort térmico, la calidad del aire y la movilidad sostenible, sino que también alinea la planificación urbana con las necesidades y expectativas de la población, promoviendo una mejor calidad de vida. Incorporar la perspectiva de los ciudadanos permite que las políticas de infraestructura verde sean más inclusivas y efectivas, fomentando un entorno urbano saludable y resiliente, de esta manera, se responde de forma sostenible a los desafíos del cambio climático y se optimiza el bienestar general en las ciudades, incluso se generan ambientes seguros para la convivencia de los ciudadanos (10), (13).

Contar con un plan estratégico para el manejo sostenible del arbolado urbano en Riobamba es fundamental debido a los múltiples beneficios ambientales que ofrece, como la reducción de la contaminación del aire y la regulación de la temperatura, especialmente en áreas de alta densidad poblacional. La recolección de datos en campo sobre especies, diámetro a la altura del pecho, altura y estado de salud de los árboles facilita la formulación de propuestas de gestión que abordan la selección de especies adecuadas y el mantenimiento continuo, asegurando la preservación de la infraestructura verde y su sostenibilidad. Asimismo, es esencial que el gobierno local implemente políticas de conservación y manejo adecuado de los espacios verdes, con el objetivo de optimizar el confort ambiental y mejorar la calidad de vida de los habitantes en las zonas urbanas (14).

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo con un enfoque mixto (cuantitativo y cualitativo), considerando tanto los datos geospaciales como las percepciones y características observadas en el campo, este enfoque permitió una evaluación detallada de la cobertura arbórea en la zona urbana de Riobamba, los aspectos cuantitativos incluyeron el análisis espacial de los datos recolectados para determinar la distribución y densidad de la vegetación, mientras que los aspectos cualitativos abordaron el estado de salud de los árboles y características ambientales del área de estudio.

En esta investigación, se emplearon diversas técnicas e instrumentos GIS para recopilar y analizar datos sobre la arborización urbana en Riobamba, la recolección en campo se realizó con encuesta automatizada implementada en Survey123 de ArcGIS, capturando datos en tiempo real sobre la ubicación y características de los árboles con la ayuda de dispositivos móviles. Luego, con Map Viewer de ArcGIS, se generó un mapa interactivo que permitió visualizar la distribución de la vegetación, para consolidar y analizar la información de forma dinámica, se utilizó ArcGIS Dashboards, finalmente, el análisis espacial se llevó a cabo en ArcGIS Pro, donde mediante la herramienta de análisis geoespacial se realizaron los cálculos del porcentaje de arborización urbana.

La muestra utilizada en esta investigación abarca el total del área urbana del cantón Riobamba, una superficie de aproximadamente 30.93 kilómetros cuadrados, de esta extensión, los datos recolectados corresponden a 6,836 puntos de árboles registrados, los cuales representan una

muestra amplia y representativa de la cobertura vegetal en el área de estudio. Cada punto de la muestra fue identificado, georreferenciado y evaluado en campo mediante la encuesta automatizada, permitiendo que los datos obtenidos sean precisos y válidos para un análisis detallado, esta muestra refleja tanto las áreas con alta concentración de vegetación (como parques y avenidas) como las zonas con baja o nula cobertura arbórea (principalmente áreas residenciales y comerciales).

RESULTADOS

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), se recomienda que las ciudades dispongan de al menos 9 metros cuadrados de áreas verdes por habitante para garantizar una calidad de vida adecuada, en el caso de Riobamba, el Índice Verde Urbano (IVU) registrado es de 2,07 m² por habitante, lo que indica una deficiencia significativa en comparación con el estándar sugerido por la OMS (15).

La investigación para de evaluación de la arborización urbana en el cantón Riobamba toma como referencia el “Proyecto Implementación de la Red de Arborización Urbana del Cantón Riobamba - Vida Para Riobamba” desarrollado por el Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Riobamba a partir del año 2019, con el objetivo de mejorar la calidad ambiental del cantón mediante una red de arborización estratégica, esta iniciativa abarca tanto áreas urbanas como parroquias rurales y busca mitigar problemas ambientales como la contaminación del aire, la reducción de la biodiversidad y el aumento de la temperatura urbana, una de las principales acciones del proyecto estaba la arborización de la principales calles y avenidas del sector urbano. Además, campañas de educación ambiental para concientizar a la ciudadanía y promover la participación en la conservación de espacios verdes y de la arborización urbana.



Figura 1. Implementación del proyecto de arborización vida para Riobamba

Para la recolección de los datos en la investigación se implementó una encuesta automatizada con la herramienta Survey123, dado que ofrece múltiples beneficios adaptados a las necesidades

de recolección y análisis de datos espaciales. Para esto se consideró que la captura de datos en tiempo real facilita el monitoreo continuo de las condiciones de la arborización en el sector urbano del cantón Riobamba, permitiendo actualizaciones inmediatas en cada zona evaluada, otro aspecto fundamental es la georreferenciación precisa, que permite registrar la ubicación exacta de cada dato levantado con coordenadas geográficas, ideal para identificar patrones y variaciones en la distribución del arbolado urbano.

Survey123 como herramienta GIS permite personalizar el formulario de la encuesta, ajustándolo para incluir preguntas relevantes como el estado de salud de los árboles, tipo de vegetación, altura y lugares en los que se encuentran, ofreciendo información completa y adaptada al contexto de la investigación, la integración con otras herramientas GIS facilita que los datos puedan visualizarse en mapas y combinarse con otros análisis, lo que mejora la toma de decisiones basada en datos espaciales detallados y precisos, el acceso a la encuesta automatizada desde dispositivos móviles permitió la participación de estudiante que realizaron una recolección de datos rápida y eficiente.

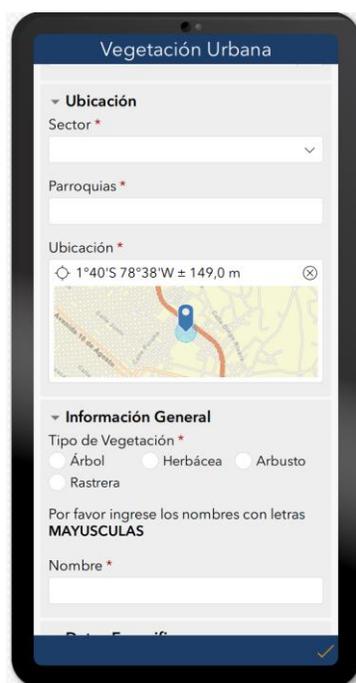


Figura 2 . Encuesta automatizada con Survey123, utilizada en dispositivos móviles

The image shows a mobile application interface for urban vegetation evaluation. The title is 'Vegetación Urbana'. Under the heading 'Datos Específicos', there is a note: 'El diámetro y la altura debe ingresarse en Metros'. There are two input fields: 'Diámetro *' with a value of 0 and 'Altura *' with a value of 0. Below these are radio buttons for 'Lugar *' with options: Vereda, Parque, Parterre, Plaza, and Jardín. There are two horizontal sliders: 'Estado *' with markers for Bueno, Regular, and Malo; and 'Requiere Mantenimiento *' with markers for Bajo, Medio, and Alto. At the bottom, there is a 'Fotografía *' field. A blue checkmark icon is visible in the bottom right corner of the app screen.

Figura 3 . Datos específicos para evaluar la arborización urbana

Con la información recolectada a través de la encuesta automatizada se genera el mapa de arborización de Riobamba utilizando la herramienta Map Viewer de ArcGIS, esta plataforma permite una visualización precisa de la cobertura de árboles en el área urbana, lo que facilita identificar claramente las zonas con mayor o menor densidad, identificando de manera visual las intervenciones de arborización en la principales calles y avenidas.

El mapa de la cobertura de arborización permite estudiar patrones de distribución en relación con factores urbanos, como la densidad poblacional o la proximidad a infraestructuras específicas como unidades educativas, plazas, parques y mercados. Esto contribuye a un análisis más completo y profundo sobre los beneficios ambientales del arbolado, la herramienta también proporciona actualización de datos en tiempo real, lo cual es crucial para monitorear cambios en la cobertura y ajustar las estrategias de arborización según las necesidades actuales.

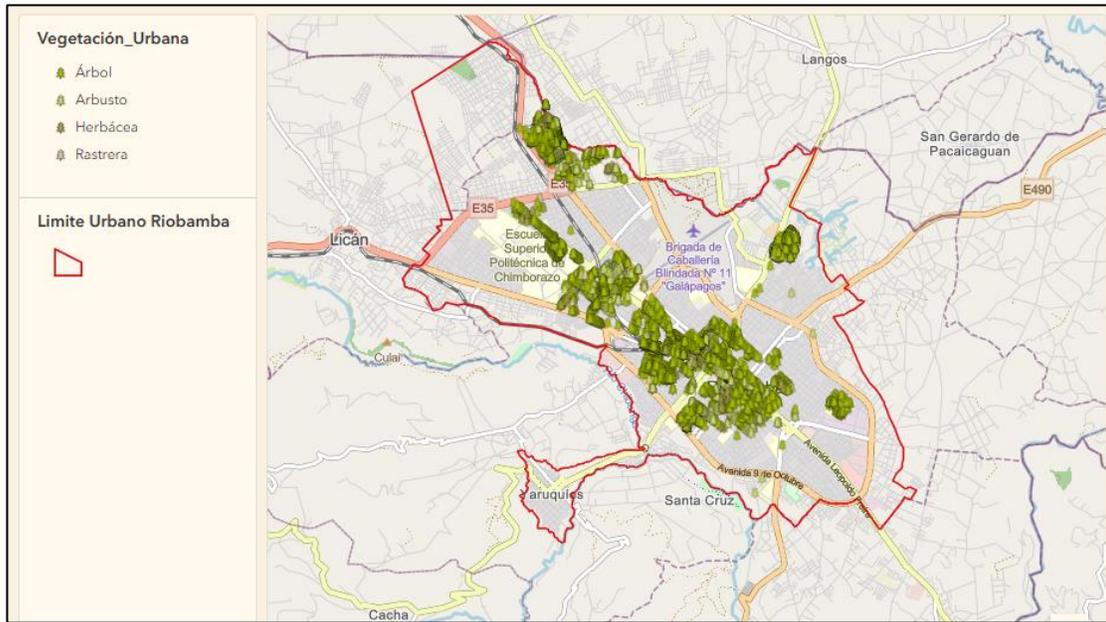


Figura 4. Mapa de la arborización del sector urbano de Riobamba

El uso de una herramienta GIS en línea como Map Viewer, permite visualizar detalladamente cada dato recolectado sobre la arborización urbana, esta plataforma facilita la inspección de información específica para cada árbol, como su tipo, altura, diámetro, estado de salud, ubicación y necesidades de mantenimiento. La funcionalidad de Map Viewer no solo permite acceder a esta información de manera rápida y eficiente, sino que también ofrece un registro fotográfico asociado a cada elemento, lo cual mejora la precisión en el monitoreo y mantenimiento del arbolado urbano. Además, al estar en una plataforma en línea, estos datos pueden actualizarse en tiempo real, lo que apoya una gestión más dinámica y efectiva de la infraestructura verde en la ciudad.

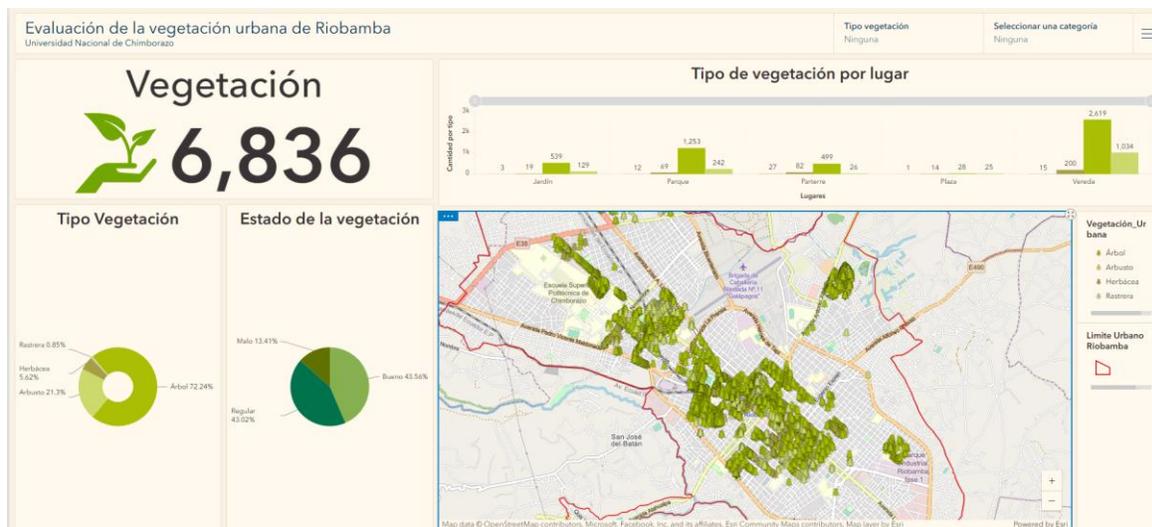


Figura 6. Panel de control implementado con la herramienta Dashboard de ArcGIS

Con los datos recolectados y una visión detallada proporcionada por el panel de control interactivo en ArcGIS Dashboards, resulta fundamental utilizar una herramienta de análisis espacial avanzada como ArcGIS Pro, esta plataforma permite realizar cálculos precisos y análisis detallados para determinar el porcentaje de arborización en el sector urbano de Riobamba. ArcGIS Pro facilita el procesamiento y análisis de grandes volúmenes de datos espaciales, optimizando la precisión en la medición de la cobertura arbórea.

ArcGIS Pro con sus capacidades avanzadas de simbología y representación geoespacial, permitió visualizar claramente el límite urbano y las áreas de vegetación, estas funciones son esenciales para delimitar zonas de estudio específicas y calcular con exactitud el índice de arborización en el área urbana, al integrar estos análisis con los datos previos y el panel de control, ArcGIS Pro se convierte en una herramienta indispensable en la evaluación y planificación de la arborización urbana en Riobamba, permitiendo desarrollar estrategias de intervención basadas en datos concretos y confiables.

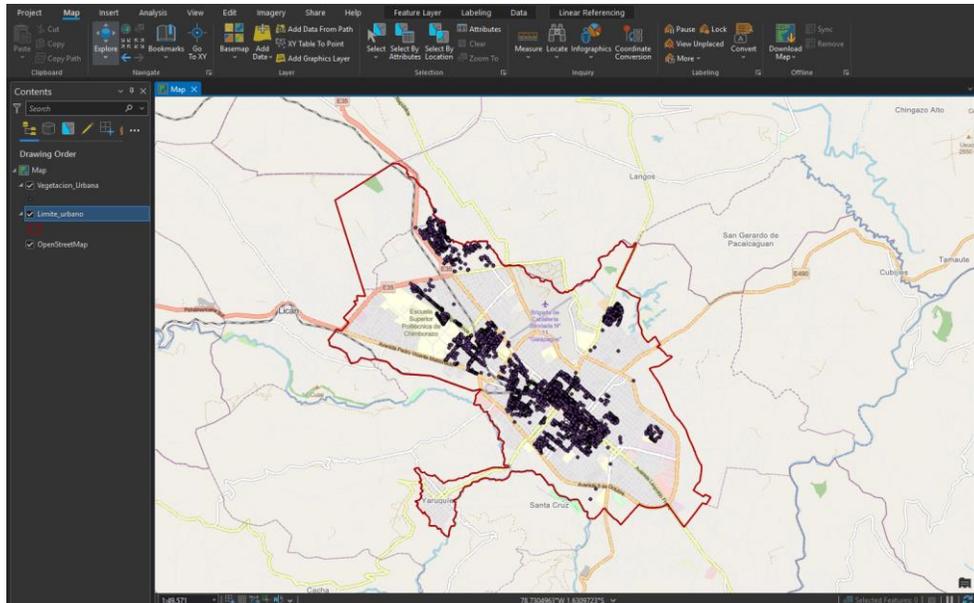


Figura 7. Capa de datos levantados en ArcGIS Pro

Para realizar los cálculos de cobertura de arborización en la zona urbana de Riobamba, se considera que el radio de influencia de un árbol varía según su tamaño, especie, y la función ecológica que se considere, generalmente, este radio de influencia se refiere a la extensión del área en la que el árbol afecta el entorno a través de beneficios como la regulación térmica, la mejora de la calidad del aire, la reducción del ruido y la gestión de aguas pluviales (8).

- Para regulación térmica: el radio de influencia de un árbol grande (como un árbol maduro en un parque urbano) puede ser de unos 10 a 15 metros, dependiendo de su densidad de copa y altura, este radio permite enfriar el área circundante y proporcionar sombra significativa.
- Para la calidad del aire: el radio de influencia suele considerarse entre 15 y 30 metros, ya que un árbol puede capturar partículas y gases contaminantes, mejorando la calidad del aire en esta área.
- Para la regulación de contaminación sonora: Pueden reducir el ruido en un radio de influencia de aproximadamente 15 a 30 metros, este efecto es mayor en áreas donde hay una combinación de árboles y arbustos que actúan como barrera natural.

Radios estimados:

- Regulación térmica: ~10 a 15 metros de influencia
- Calidad del aire: ~15 a 30 metros de influencia
- Regulación de contaminación sonora: ~20 a 30 metros de influencia

Tabla 1. Porcentaje de cobertura de arborización urbana del cantón Riobamba

Arborización Urbana	Área Km2	Porcentaje
CON COBERTURA	2,01	6,48%
SIN COBERTURA	28,92	93,51%

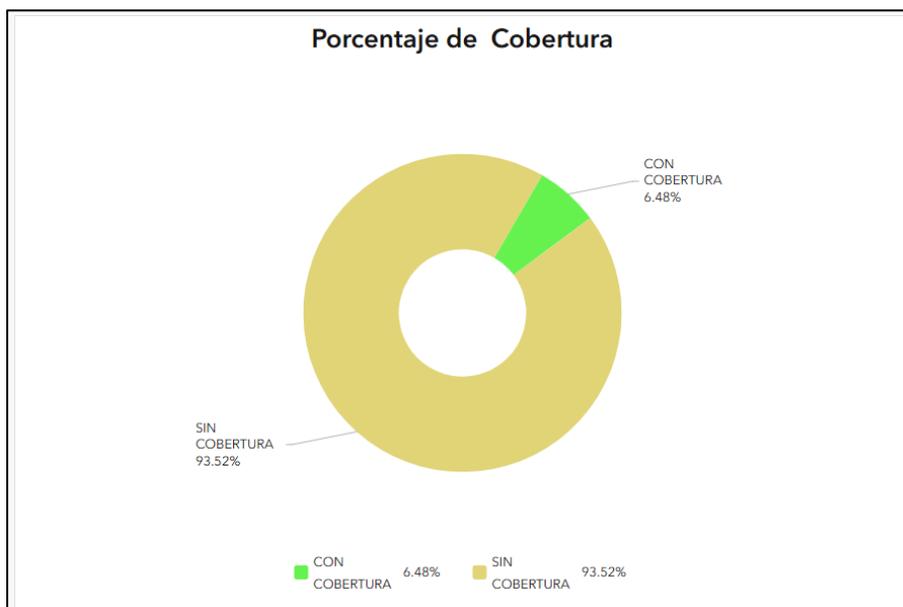


Figura 9. Porcentaje de cobertura de arborización urbana de Riobamba

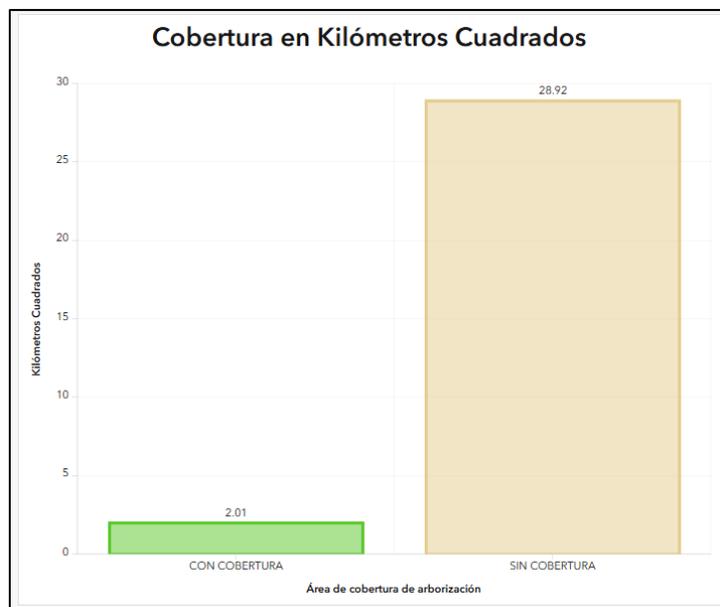


Figura 10. Cobertura de arborización en kilómetro cuadrados del sector urbano de Riobamba

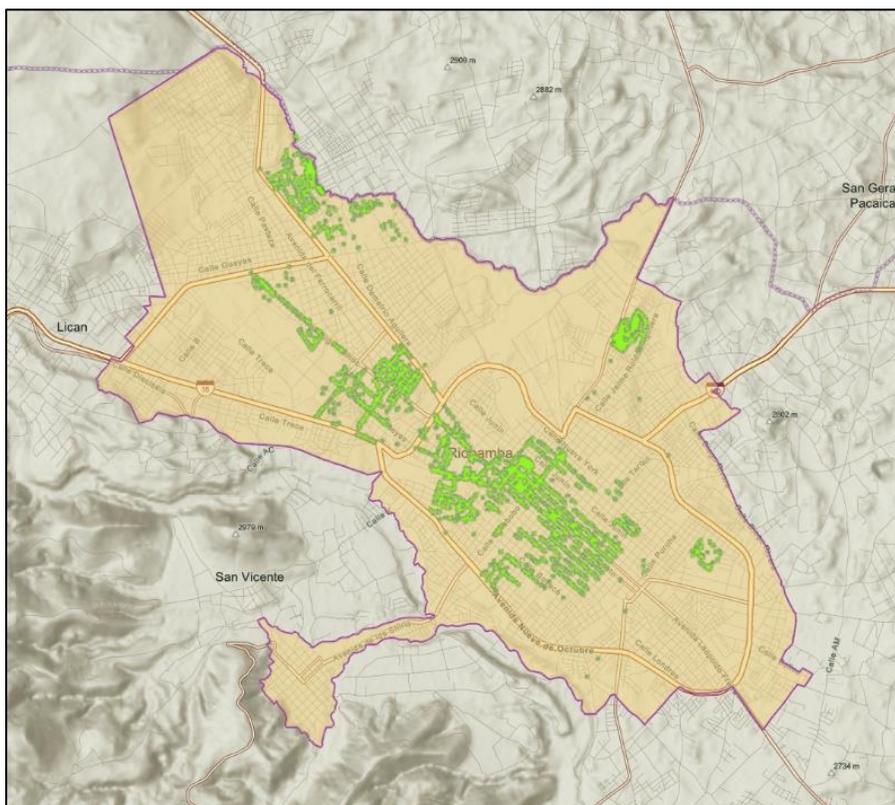


Figura 11. Mapa de polígonos de cobertura de arborización urbana de Riobamba

DISCUSIÓN

El uso de herramientas SIG en este estudio proporcionó una mejor evaluación de la cobertura vegetal en Riobamba, proporcionando información valiosa sobre la estructura y características de la vegetación. Un polígono de interés a una distancia de 20 m de áreas arboladas para identificar áreas arboladas de áreas no perturbadas muestra que solo el 6,48% del área urbana está cubierta por vegetación. Este hallazgo indica que ha habido una disminución significativa en la cubierta vegetal, que es una de las principales causas de la rápida urbanización.

Las estadísticas muestran que incluso donde hay árboles, muchas ciudades no tienen suficientes árboles. Entre estos factores se encuentran las condiciones atmosféricas, la temperatura y la humedad, que son los principales factores que afectan la biodiversidad urbana (1), (2), (15). Además, el uso de paneles de ArcGIS proporciona información en tiempo real, lo que puede proporcionar un recurso valioso para que las comunidades implementen programas de protección de árboles (2), (16).

La evaluación de la sanidad vegetal mediante Survey123 reveló que la mayoría de las plantas estaban en buenas condiciones y el 13,41% necesitaba tratamiento. Esta conclusión refuerza la

importancia de adoptar una estrategia de mejoramiento y reproducción de plantas invasoras en (17), (18) Además, el nivel de contaminación actual en Riobamba (2,07 m/s per cápita) está 9 m/s por encima de los estándares de la OMS (19), (3). La complejidad de este fenómeno es crucial para el desarrollo de la infraestructura urbana como requisito previo para un desarrollo sostenible y eficiente (20).

En general, estos hallazgos resaltan la importancia de una gestión agrícola eficaz para mejorar los suelos bajos, mejorar los espacios urbanos y mejorar la economía y la calidad de vida de Riobamba. La implementación de estos diversos enfoques con la ayuda de herramientas SIG es necesaria para enfrentar los desafíos del desarrollo urbano y la sostenibilidad ambiental en el entorno actual.

CONCLUSIONES

La investigación revela que solo el 6.48% del área urbana de Riobamba cuenta con una buena cobertura de áreas verdes, siendo significativamente menor al estándar establecido por la OMS, esta deficiencia evidencia la necesidad de implementar programas donde se implementen estrategias de arborización que incrementan la infraestructura verde de la ciudad de Riobamba.

El uso de las herramientas GIS, como Survey123, Map Viewew y ArcGIS Pro, demostró ser esencial para la evaluación precisa y dinámica de la cobertura de árboles en la ciudad de Riobamba. Estas tecnologías permitieron identificar áreas de alta y baja densidad, mostrando la necesidad de intervenir en zonas residenciales y comerciales que carecen de vegetación, lo cual es fundamental para que las autoridades locales puedan tomar decisiones informadas en la gestión de los espacios verdes urbanos.

La evaluación del estado de los árboles revelo que un 13.41% requiere de mantenimiento, señalando la importancia de contar con un plan de gestión y cuidado continuo de la vegetación existente, con el fin de asegurar la efectividad y sostenibilidad de la infraestructura verde en la ciudad, los datos obtenidos en esta investigación ofrecen una base sólida para el diseño de políticas y programas de arborización en Riobamba.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Akbari H, Pomerantz M, Taha H. Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas. *Sol Energy*. 2001;70(3):295-310. doi:10.1016/S0038-092X(00)00089-X
2. Escobedo FJ, Kroeger T, Wagner JE. Urban forests and pollution mitigation: Analyzing ecosystem services and disservices. *Environ Pollut*. 2011;159(8-9):2078-2087. doi:10.1016/j.envpol.2011.01.010
3. Escobedo FJ, Nowak DJ. Spatial heterogeneity and air pollution removal by an urban forest. *Landsc Urban Plan*. 2009;90(3-4):102-110. doi:10.1016/j.landurbplan.2008.10.021

4. Escobedo FJ, Kroeger T, Wagner JE. Urban forests and pollution mitigation: Analyzing ecosystem services and disservices. *Environ Pollut.* 2019;159(8):2078-2087. doi:10.1016/j.envpol.2011.01.010
5. Jim CY, Chen WY. Ecosystem services and valuation of urban forests in China. *Cities.* 2009;26(4):187-194. doi:10.1016/j.cities.2009.03.003
6. Kendal D, Williams KJH, Williams NSG. Plant traits link people's plant preferences to the composition of their gardens. *Landsc Urban Plan.* 2018;105(1):34-42. doi:10.1016/j.landurbplan.2011.11.023
7. Konijnendijk CC, Ricard RM, Kenney A, Randrup TB. Defining urban forestry – A comparative perspective of North America and Europe. *Urban For Urban Green.* 2006;4(3-4):93-103. doi:10.1016/j.ufug.2005.11.003
8. Loor C, Stefanía V. Arbolado urbano como estrategia para mejorar el confort térmico y la movilidad urbana, frente al Cambio Climático para la ciudad de Portoviejo, Provincia de Manabí-Ecuador. 2020. <http://repositorio.flacsoandes.edu.ec/handle/10469/17284>
9. McPherson EG, Simpson JR. Potential energy savings in buildings by an urban tree planting program in California. *Urban For Urban Green.* 2003;2(2):73-86. doi:10.1078/1618-8667-00025
10. Myeong S, Nowak DJ, Duggin MJ. A temporal analysis of urban forest carbon storage using remote sensing. *Remote Sens Environ.* 2018;101(2):277-282. doi:10.1016/j.rse.2005.12.001
11. Nowak DJ, Crane DE. Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA. *Environ Pollut.* 2002;116(3):381-389. doi:10.1016/S0269-7491(01)00214-7
12. Peper PJ, McPherson EG, Xiao Q. Potential impacts of climate change on urban tree growth and mortality in the United States. *Arboric Urban For.* 2009;35(3):113-127.
13. Piovano JG, Mesa A. RESPECTO A LOS ESPACIOS VERDES URBANOS, COMO BASE PARA SU PLANIFICACIÓN. 2015.
14. Roy S, Byrne J, Pickering C. A systematic quantitative review of urban tree benefits, costs, and assessment methods across cities in different climatic zones. *Urban For Urban Green.* 2012;11(4):351-363. doi:10.1016/j.ufug.2012.06.006
15. Soria Yanque LE. Diseño de un plan de gestión para mejorar la sostenibilidad del arbolado urbano en la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo. 2024. <http://dspace.esepoch.edu.ec/handle/123456789/22505>
16. Strohbach MW, Haase D, Kabisch N. Birds and the city: Urban biodiversity, land use, and socioeconomics. *Ecol Soc.* 2009;14(2):31. doi:10.5751/ES-03141-140231
17. Verde3.pdf. (s. f.). Recuperado 7 de noviembre de 2024, de https://revistaelobservador.com/images/stories/envios_24/septiembre/verde3.pdf
18. Myeong S, Nowak DJ, Duggin MJ. A temporal analysis of urban forest carbon storage using remote sensing. *Remote Sens Environ.* 2003;86(3):304-318. doi:10.1016/S0034-4257(03)00010-2
19. Konijnendijk CC. *The forest and the city: The cultural landscape of urban woodland.* Springer Science & Business Media; 2008.
20. Oke TR. The energetic basis of the urban heat island. *Q J R Meteorol Soc.* 1982;108(455):1-24. doi:10.1002/qj.49710845502